

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA

GUILHERME SCHUCH

ANÁLISE DE POTENCIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA. UM ESTUDO DE CASO.

Joinville

2022

GUILHERME SCHUCH

ANÁLISE DE POTENCIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA. UM ESTUDO DE CASO.

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel no Curso de
Graduação em Engenharia Civil de
Infraestrutura do Centro Tecnológico de
Joinville da Universidade Federal de Santa
Catarina.

Orientadora: Dr.^a Renata Cavion

Joinville

2022

GUILHERME SCHUCH

ANÁLISE DE POTENCIAL PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA. UM ESTUDO DE CASO.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville, julho de 2022.

Dr. Marcelo Heidemann
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dr.^a Renata Cavion
Orientadora

Dr.^a Andrea Holz Pfutzenreuter

Dr.^a Valeria Bennack

Dedico este trabalho aos meus queridos pais,
minha admirável esposa e meu amado filho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Ao meu pai Osnildo Guilherme Schuch e à minha mãe Marilete Budkevitz Schuch, pelo tempo dedicado, pela educação que me proporcionam, pelos constantes incentivos, por sempre acreditarem em mim e possibilitarem a realização de mais essa conquista.

A minha amável esposa Ana Claudia Frantz Schuch por todo seu carinho, amor, paciência, companheirismo e compreensão.

Ao meu amado filho Miguel Frantz Schuch; a vida com você é mais vida.

A professora, orientadora e amiga Renata Cavion.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem o convite.

Agradeço também aos amigos que fiz durante a jornada acadêmica e a todos que de alguma forma colaboraram com a realização deste trabalho.

RESUMO

A escassez de água é um problema cada vez mais severo em todo o mundo devido a fatores como a poluição, mudanças climáticas e o consumo excessivo dos recursos hídricos. A construção civil exerce influência direta sobre este recurso, sendo também influenciada pela disponibilidade de água. Exemplo disso são as alternativas de reaproveitamento de água da chuva em edificações, com objetivo de reduzir o consumo de água potável. A eficiência desse sistema depende diretamente da relação oferta x demanda da água, definida por fatores como índices pluviométricos do local onde se pretende instalar o sistema, tipologia arquitetônica, área de captação, perfil do usuário, sazonalidade no uso do recurso, entre outros. Nesse contexto, este trabalho analisou o potencial para implantação de sistema de aproveitamento da água da chuva em edificação existente do campus da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC em Joinville. Os dados necessários à análise – reais e estimados – foram obtidos diretamente com a instituição, ou através de informações de páginas da internet, fontes documentais e referências bibliográficas. A fundamentação teórica, coleta, classificação e análise dos dados possibilitou criação de cenários de análise e, a partir destes, definiu-se o melhor modelo para a instituição. Dentre os métodos analisados Rippl com área de captação A1 se mostrou o mais eficiente, sugerindo economia de aproximadamente 55,21% no consumo de água potável, caso o sistema venha a ser implantado. Essa economia tende a ser ainda maior uma vez que a análise foi feita sob as demandas dos vasos sanitário e mictórios do bloco U da universidade; porém sabe-se que o uso da água potável não se restringe apenas a estes pontos; sendo utilizada para limpeza de calçadas, rega de plantas e outros meios que não necessitam água tratada.

Palavras-chave: Aproveitamento da água da chuva. Cenários de análise. Eficiente.

ABSTRACT

Water scarcity is a problem that is becoming ever more severe in the world due to factors as pollution, climate change and the excessive consumption of hydric resources. Construction exerts a direct influence over this resource, being also influenced by water availability. Examples of this behavior are the alternatives for rainwater reuse in buildings, with the objective of reducing potable water consumption. The efficiency of this system depends directly from the relation between supply versus demand of water, defined by factors as rainfall indexes of the location where the system is to be installed, the architectural typology, catchment area, user profile, seasonality in the resource usage, among others. In this context, this paper analyzed the potential for implementation of rainwater use system existing in the Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC em Joinville building. The necessary data for the analysis – real and estimated – were obtained directly with the institution or through information in webpages, documental sources and bibliographic references. The theoretical foundation, gathering, classification and analysis of the data made the creation of scenario analyses possible and, from these, the best model for the institution was defined. Among the evaluated methods, Rippl with an A1 catchment area has shown to be the most efficient, suggesting a saving of approximately 55,21% in potable water consumption, if the system should be installed. This saving tends to be even larger, since the analysis was done with the demands from toilets and urinals from the U building at the university; but it is known that the use of potable water is not restricted only to these; being used for sidewalk cleaning, plant watering and other ends that do not require treated water.

Keywords: Use of rainwater. Analysis scenarios. Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição água doce de fácil acesso do planeta.....	16
Figura 2 - Dispositivos poupadores de água.....	24
Figura 3 - Tipos de clima do Brasil	30
Figura 4 - Índice pluviométrico anual	31
Figura 5 - Indicações para cálculo da área de contribuição.....	32
Figura 6 - Bloco U: cobertura separada por Áreas A1, A2 e A3.....	37
Figura 7 - Corte AA bloco U da UFSC-Joinville, mostrando inclinação do telhado	38
Figura 8 - Detalhe inclinação do telhado do Bloco U da UFSC-Joinville	38
Figura 9 - Perfil esquemático de platibanda de 1 metro do Bloco U.....	38
Figura 10 - Perfil esquemático de platibanda de 4 metros do Bloco U.....	39
Figura 11 - Distância entre a UFSC-Joinville e as estações meteorológicas.....	40
Figura 12 – UFSC/Joinville: planta de situação	45
Figura 13 – UFSC/Joinville: localização dentro do Perini Business Park	46
Figura 14 – UFSC/Joinville: implantação	46
Figura 15 - Delimitação área de contribuição	53
Figura 16 - Vista superior e platibandas bloco U da UFSC-Joinville	54
Figura 17 - Cenário 1: Área de captação A1+A2+A3 (4.503,59 m ²).....	57
Figura 18 - Cenário 2: Área de captação A1+A3 (3.507,17 m ²).....	59
Figura 19 – Cenário 3: Área de captação A1 (2.233,38 m ²).	60

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 - Consumo médio mensal de água potável do bloco U (m ³).....	49
Gráfico 2 - Comparativo entre consumo médio mensal de água potável e o consumo estimado de água potável utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (m ³)	52
Gráfico 3 - Precipitação média mensal entre os anos de 1996 a 20019 (mm)	56
Gráfico 4 – Comparativo entre volume de água captável em A1+A2+A3 e o volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (m ³)	58
Gráfico 5 - Comparativo entre volume de água captável em A1+A3 e o volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (m ³)	60
Gráfico 6 – Comparativo entre volume de água captável em A1 e o volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (m ³)	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Uso de água conforme tipo de edificação	19
Quadro 2 - Modelo de filtro utilizado em sistemas de coleta de água da chuva	27
Quadro 3 - Periodicidade de manutenção dos componentes do sistema	28
Quadro 4 - Contingente populacional nos diferentes meses.....	48
Quadro 5– Volume do reservatório por Rippl.....	62
Quadro 6 – Volume do reservatório por Azevedo Neto.....	63
Quadro 7– Volume do reservatório por Azevedo Neto.....	63
Quadro 8 – Cálculos de cenários considerando métodos de Rippl, Azevedo Neto e Prático Inglês	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estimativa do consumo médio mensal de água por uso em residência.....	18
Tabela 2 - Estimativa do consumo médio diário de água por aparelho em residências da região metropolitana de São Paulo	19
Tabela 3 - Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.....	20
Tabela 4 - Estimativa consumo diário por tipo de edificação – Parte 1	21
Tabela 5 - Estimativa consumo diário por tipo de edificação – Parte 2	21
Tabela 6 - Frequência e tempo de utilização dos aparelhos sanitários por grupo populacional	22
Tabela 7 - Estimativas de perdas resultantes de vazamentos	23
Tabela 8 - Parâmetros característicos da água classe 1	29
Tabela 9 - Valores para coeficiente de escoamento C.....	34
Tabela 10 - Contingente populacional UFSC-Joinville.....	40
Tabela 11 - Representatividade do contingente populacional UFSC-Joinville (%).....	41
Tabela 12 - Consumo mensal e consumo mensal médio de água potável bloco U (m ³).....	49
Tabela 13 - Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U em janeiro (m ³)	50
Tabela 14 - Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U em fevereiro (m ³).....	50
Tabela 15 - Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U mês junho (m ³).....	50
Tabela 16 - Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U mês dezembro (m ³).....	50
Tabela 17 – Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (demais meses) (m ³)	51
Tabela 18 - Custo da água tratada em Joinville.....	52
Tabela 19 - Precipitação média mensal entre os anos de 1979 a 2008 da cidade de Joinville por região e estação do ano.....	55
Tabela 20 - Precipitação média mensal entre os anos de 1996 a 2019 (mm).....	56
Tabela 21 - Volume de água da chuva captável com área A1+A2+A3 (m ³)	58
Tabela 22 – Volume de água da chuva captável com área A1+A3 (m ³).....	59

Tabela 23– Volume de água da chuva captável com área A1 (m ³).....	61
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRASIP – Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais
- ANA – Agência Nacional de Águas
- CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reuso de Água
- DDH – Declaração Universal dos Direitos Humanos
- EPAGRI-SC – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
- GBC – Green Building Challenge
- GBCB – Green Building Council Brasil
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ISO – International Organization for Standardization
- LEED – Leadership in Energy and Environmental Design
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- NBR – Norma brasileira
- NR – Norma regulamentadora
- ONU – Organização das Nações Unidas
- PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
- SABESP – Campanha de Abastecimento de Estado de São Paulo
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
- UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
- Univille – Universidade da Região de Joinville
- USGBC – U. S. Green Building Council
- USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 CONSUMO DE ÁGUA NO CONTEXTO MUNDIAL E BRASILEIRO	16
2.2 CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES	17
2.2.1 Principais ambientes e equipamentos consumidores em uma edificação.....	18
2.3 AÇÕES MITIGADORAS PARA O CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES	22
2.3.1 Aproveitamento da água da chuva.....	25
2.3.1.1 <i>Características do sistema de aproveitamento de água da chuva</i>	26
2.3.1.2 <i>Qualidade da água captada</i>	28
2.3.1.3 <i>Influência do clima sobre o sistema de aproveitamento de águas pluviais</i>	30
2.3.1.4 <i>Aspectos legais relacionados ao uso da água da chuva</i>	31
2.3.1.5 <i>Métodos de dimensionamento do reservatório de água da chuva</i>	34
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 ETAPA 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	36
3.2 ETAPA 2: COLETA DE DADOS E DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS	37
3.3 ETAPA 3: VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DO SISTEMA	42
3.4 ETAPA 4: AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	43
4 ESTUDO DE CASO	45
4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS: BLOCO U DO CTJ	45
4.1.1 Ações mitigadoras implantadas na UFSC-Joinville	47
4.2 DEMANDA: PREVISÃO DE CONSUMO	47
4.2.2 Consumo de água no bloco U.....	48
4.2.2.2 <i>Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios</i>	49
4.2.3 Custo da água tratada.....	52
4.3 OFERTA: VOLUME CAPTÁVEL	53
4.3.1 Área de captação.....	53
4.3.2 Índices pluviométricos da região	55
4.3.2.1 <i>Clima da região de estudo</i>	55
5 CENÁRIOS	57
5.1 CENÁRIO 1: ÁREA DE CAPTAÇÃO A1+A2+A3	57

5.2 CENÁRIO 2: ÁREA DA CAPTAÇÃO A1+A3	59
5.3 CENÁRIO 3: ÁREA DA CAPTAÇÃO A1	60
5.4 CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	62
5.4.1 Método de Rippl	62
5.4.2 Método de Azevedo Neto	62
5.4.3 Método Prático Inglês.....	63
6 ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	64
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS	69
ANEXOS	73
ANEXO A - NBR 10844/1989 – INSTALAÇÕES PLUVIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	74
ANEXO B - NBR 15527/2007 – APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA DE COBERTURAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS – REQUISITOS	87
ANEXO C - DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA UNIVILLE	99
ANEXO D - DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA ESTAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA DO JARDIM PARAÍSO FORNECIDOS PELA PREFEITURA DE JOINVILLE	100
ANEXO E - PLANILHA DE MONITORAMENTO MENSAL DO CONSUMO DE ÁGUA DA UFSC.....	101

1 INTRODUÇÃO

Segundo Agência Nacional de Águas – ANA (2017) as mudanças no estilo de vida da população impulsionam a demanda por água no planeta. De acordo com a Agência, no Brasil estima-se que houve um aumento de 80% na demanda de água nos últimos 20 anos e a previsão é de um aumento de 30% até 2030, demonstrando a importância de: a) intensificar a gestão sobre a demanda; b) uso racional da água; c) controle das perdas físicas nos sistemas (que no Brasil se aproxima de 36%) e d) uso de medidas alternativas.

No que se refere ao uso de alternativas, o setor da construção civil busca soluções para amenizar o consumo por água potável, já que o aumento da demanda por água tem imposto, também, pressões aos novos empreendimentos imobiliários. Estudos a respeito deste tema tem se tornado mais frequentes devido ao aumento da preocupação acerca do uso sustentável do bem. Nesse sentido, os sistemas de aproveitamento de água da chuva, surgiram com o intuito de suprir parte da demanda de água potável (BERTUZZI, 2018).

A implementação deste tipo de sistema configura ação relevante para edificações, pois busca, além de viabilizar a redução do consumo de água potável utilizando a água da chuva em locais que não necessitam de água limpa, ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis, tanto no setor agrícola, quanto no industrial e no residencial. Na agricultura, vem sendo empregada principalmente na irrigação de plantações. No setor industrial, pode ser utilizada para resfriamento evaporativo, climatização interna, lavanderia industrial, lavagem de maquinários, abastecimento de caldeiras, lava-jatos de veículos, limpeza industrial, entre outros. Em edificações de uso geral (comerciais, educacionais, residenciais), pode-se utilizar água de chuva em sistemas de controle de incêndio, lavagem de automóveis, lavagem de pisos, irrigação de jardins e descargas de vasos sanitários (MAY, 2004).

Apesar do potencial do sistema, sua capacidade de contribuição depende diretamente das condições climáticas onde o sistema será implantado. As características pluviométricas, como frequência e volume de chuvas devem estar adequadas ao volume demandado de consumo na edificação para que o sistema possa ser efetivo (MAY, 2004).

Sob esse enfoque, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar o potencial para implantação de sistema de aproveitamento de águas pluviais em um edifício construído de uso universitário. A análise é feita no Bloco de salas de aula do Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Com o propósito de verificar se as condições climáticas existentes no local do edifício favorecem a implantação do sistema de aproveitamento de águas da chuva, os objetivos específicos são: identificar a importância dos dados pluviométricos para a eficiência de sistemas de aproveitamento de águas da chuva em edificações; estimar o volume de água da chuva captável; estimar o volume de água que poderia ser substituído por água aproveitada com base na variação pluviométrica e equipamentos contemplados; e avaliar a possível redução (sazonal) no consumo de água potável e provável repercussão financeira.

Para alcançar os objetivos o trabalho está estruturado em oito capítulos, sendo eles: Introdução, Fundamentação Teórica, Metodologia, o Estudo de caso, Cenários, Análise e discussão dos resultados, Considerações finais e Referências Bibliográficas. No primeiro capítulo, Introdução, são apresentados o tema, os objetivos e a estrutura do trabalho. No segundo capítulo, Fundamentação Teórica, são apresentados os fatores fundamentais ligados ao tema, contextualizando sua importância sob os aspectos da demanda por água no cenário mundial, das características dos sistemas hidrossanitários tradicional (com uso de água potável) e de aproveitamento da água da chuva. No terceiro capítulo é apresentada a metodologia utilizada para alcançar cada um dos objetivos do trabalho. No quarto capítulo, Estudo de caso, as características físicas da edificação analisada e seu contexto geográfico são apresentados, bem como os dados de levantamento para a avaliação da eficiência do sistema de aproveitamento de água. No quinto capítulo, Cenários, são apresentadas algumas opções de cenários na busca pela melhor alternativa para o balanço de massas hidráulicas.

No sexto, Análise e discussão dos resultados, são mostrados e discutidos os resultados do estudo realizado. O sétimo capítulo, das Considerações finais, se avalia se os objetivos propostos foram atingidos, apresentando as limitações da pesquisa sugestões para trabalhos futuros. Por fim, o oitavo capítulo, Referências Bibliográfica são apresentadas as fontes tomadas como base para execução do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

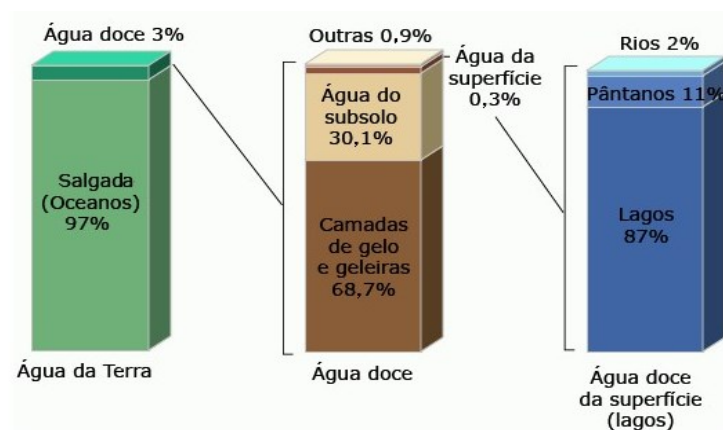
Neste capítulo são abordados os fatores fundamentais ligados ao tema da pesquisa, contextualizando sua importância sob os aspectos da demanda por água no cenário mundial, das características dos sistemas hidrossanitários tradicional (com uso de água potável) e de aproveitamento da água da chuva

2.1 CONSUMO DE ÁGUA NO CONTEXTO MUNDIAL E BRASILEIRO

De acordo com May (2004) com a escassez e o mau uso dos recursos hídricos a ONU considerou a água o principal tema do século 21. O consumo de água potável provém, essencialmente, das reservas de água doce do planeta. Embora a Terra seja predominantemente ocupada por água - cerca de 3/4 da sua superfície – a maior parcela deste volume é de água salgada e uma mínima parte de água doce, aproximadamente 3% (CHERNICHARO *et al.*, 2017). Ainda segundo os autores, com relação à água doce, a grande dificuldade para seu aproveitamento está relacionada com sua distribuição geográfica, uma vez que sua maior proporção, se encontra nas calotas polares e geleiras.

Desta porção superficial de água doce, apenas 0,3% é de fácil acesso e está distribuída da seguinte maneira: 87% em forma de lagos; 11% como pântanos e apenas 2% em forma de rios, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Distribuição água doce de fácil acesso do planeta



Fonte: Consumo sustentável (2005).

Assim como muitos países, o Brasil possui uso intenso da água, pelo seu papel crucial no desenvolvimento socioeconômico em vários setores. De acordo com a Agência Nacional da Água - ANA (2017) as principais demandas brasileiras estão na irrigação com 68,4%, seguida do abastecimento animal com 10,8%, da indústria com 8,8% da água do país e o abastecimento urbano, com 8,6% do total de uso da água, ocupando a quarta posição no ranking de consumo do bem. São gastos mais de 200 litros/dia per capita, enquanto que, segundo a ONU (ANA, 2017), apenas 110 litros/dia seriam o suficiente.

De acordo com Silveira (2008), considerando as taxas de crescimento populacional registradas pelo IBGE entre 1991 a 2000, a previsão é que em 2050 a disponibilidade per capita de água em regiões como o sudeste e nordeste do Brasil seja inferior a 20 m³/habitante-ano, valor que segundo a classificação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA pode ser considerado muito baixo.

2.2 CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

O consumo de água potável nas edificações está relacionado com os tipos de atividades que nela se desenvolvem. Em geral o consumo total de água em uma edificação é composto por uma parcela efetivamente utilizada e outra perdida, decorrente do desperdício. Oliveira (1999) define o desperdício como sendo toda a água que está disponível em um sistema e não é utilizada, ou seja, é perdida pelo uso excessivo. O desperdício pode ocorrer em razão do descaso dos usuários e/ou em caso de vazamentos, configurando uso excessivo e perda, respectivamente. Logo, o consumo total de água de uma edificação pode ser definido como:

$$\text{CONSUMO} = \text{USO} + \text{DESPERCÍCIO}$$

Para a conservação da água, torna-se fundamental conhecer o real consumo desta nos diversos pontos da edificação (BRUCH, 2018). O consumo é influenciado por uma série de fatores como: contingente populacional (número de usuários da edificação); aspectos culturais (hábitos e formas de uso do edifício); clima (estações do ano e variação da temperatura); sistema de fornecimento (caminhos da água até seu uso final); custo da água (tarifas e formas de cobrança). Além disso depende das características próprias da edificação: sua arquitetura

(construção vertical ou horizontal), tipologia (residencial, industrial, escolar, ginásio, estádio de futebol, etc.), o fim a que se destina (se órgão público ou privado) ((BRUCH, 2018).

O conhecimento detalhado do consumo em um ponto de água, e sua relação com o consumo total, somado ao conhecimento das características dos aparelhos hidrossanitários, permite avaliar e projetar com maior precisão redes hidráulicas, diminuindo perdas de água e implantando formas de reuso mais eficazes (BRUCH, 2018).

2.2.1 Principais ambientes e equipamentos consumidores em uma edificação

O uso final da água tratada varia conforme o tipo e uso da edificação. Estudos realizados sobre o tema em edificações residenciais indicam, de maneira geral, o chuveiro e o vaso sanitário como principais pontos consumidores de água potável. Sobre isso, Tomaz (2003) cita em seu trabalho a distribuição média do consumo de água em uma residência, por uso, afirmando que a descarga no bacio sanitário é a responsável pelo maior consumo, respondendo por 41% do total (Tabela 1).

Tabela 1- Estimativa do consumo médio mensal de água por uso em residência

Uso	Consumo de água (%)
Bacia sanitária	41%
Banho e lavagem roupa	37%
Água para beber e cozinhar	2 a 6%
Lavagem de pratos	3 a 5%
Disposição de lixo	0 a 6%
Lavanderia	4%
Limpeza geral da casa	3%
Irrigação jardins	3%
Lavagem de carros	1%

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

Já Azevedo Netto (1998), em seu estudo, buscou mensurar o consumo médio de água de acordo com os aparelhos, sendo os principais pontos de consumo em residências da região metropolitana de São Paulo relacionados com as de bacias sanitárias, chuveiros, lava roupa, lava louça, lavatório e torneira da cozinha.

A Tabela 2 apresenta a estimativa da distribuição do consumo de água por equipamento nas residências da região metropolitana de São Paulo.

Tabela 2 - Estimativa do consumo médio diário de água por aparelho em residências da região metropolitana de São Paulo

Uso final	Porcentagem	Consumo per capita diário (litros)
Bacio sanitário	38%	61
Chuveiro	29%	47
Lava roupa	17%	27
Lava louça	6%	10
Lavatório	5%	8
Torneira cozinha	5%	8
Total	100%	161

Fonte: Adaptado de Azevedo Netto (1998).

A ANA apresentou em 2005 um estudo que permite, através de valores dos aparelhos em uso residencial, estimar o consumo para edificações comerciais e públicas. Tal tabela sugere que o uso de sanitários em instituições públicas é 35% a 50% superior ao uso residencial (Quadro 1).

Quadro 1 - Uso de água conforme tipo de edificação

Uso de água conforme o tipo de edificação		
Edificação	Definição	Uso preponderante
Comercial	Escritórios, lanchonetes, lojas em geral, hotéis, museus	Fins domésticos (principalmente em ambientes sanitários), irrigação e sistemas de resfriamento de ar-condicionado
Públicas	Universidades, escolas, terminais de aeroporto, hospitais	Semelhante ao uso das edificações comerciais, porém o uso sanitário é muito mais significativo (35% a 50% do total)
Residenciais	Domicílios no geral	Atividades de limpeza e higiene em ambientes internos, já em externos ocorrem devido irrigação, piscina e lavagem de veículos

Fonte: Adaptado de ANA (2005).

A NBR 5626/1998 – Instalações Prediais de Água Fria apresenta uma tabela com valores de vazão de projeto de alguns aparelhos sanitários. Com esse valor e o tempo de uso do aparelho é possível definir seu consumo, em litros (Tabela 3). Por exemplo, se uma bacia sanitária, com caixa de descarga, for acionada durante 7 segundos, de acordo com a Tabela 3 consumirá 1,05 litros de água. Porém se o conjunto for bacia com válvula de descarga, durante o mesmo período de uso gastará 11,90 litros.

Tabela 3 - Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

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

Fonte: Adaptado NBR 5626/1998

Creder (1991) apresenta uma tabela com a estimativa de consumo para unidades domésticas e serviço público. São valores de vazão para alguns ambientes apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Estimativa consumo diário por tipo de edificação – Parte 1

Prédio	Consumo (litros/dia)	Unidade
Serviço doméstico		
Apartamentos	200	per capita
Apartamentos de luxo	300 a 400	per capita
	200	quarto de empregada
Residência de luxo	300 a 400	per capita
Residência de médio valor	150	per capita
Residências populares	120 a 150	per capita
Alojamentos provisórios de obras	80	per capita
Apartamento de zelador	600 a 1000	apartamento

Fonte: Adaptado de Creder (1991).

A Tabela 5 apresenta o consumo considerando o serviço público.

Tabela 5 - Estimativa consumo diário por tipo de edificação – Parte 2

Serviço Público		
Edifícios de escritórios	50 a 80	ocupante efetivo
Escolas (internatos)	150	per capita
Escolas (externatos)	50	aluno
Escolas (sem-internatos)	100	aluno
Hospitais e casas de saúde	250	leito
Hotéis com cozinha e lavanderia	250 a 350	hóspede
Hotéis sem cozinha e lavanderia	120	hóspede
Lavanderias	30	kg de roupa seca
Quartéis	150	per capita
Cavaliarias	100	cavalo
Restaurantes e similares	25	refeição
Mercados	5	m ²
Postos de serviço	100	automóvel
	150	caminhão
Rega de jardins	1,5	m ²
Cinemas e teatros	2	lugar

Fonte: Adaptado de Creder (1991).

Além das estimativas apresentadas nos estudos, a realização de entrevistas com os diferentes usuários da edificação é outra opção para previsão do consumo de água. Esse tipo de levantamento permite estimar o consumo médio diário e o consumo per capita para diferentes

perfis. Marinoski (2007) ressalta que alguns usuários têm dificuldades em estimar o tempo de uso dos aparelhos e, por isso, valores não condizentes devem ser excluídos da análise.

A Tabela 6 apresenta os resultados da pesquisa de Marinoski, que foi realizada no Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI, instituição de ensino superior localizada em Florianópolis, Santa Catarina; observa-se valores de frequência de uso (usos/dia) e tempo de uso (segundos/uso).

Tabela 6 - Frequência e tempo de utilização dos aparelhos sanitários por grupo populacional

	Alunos		Professores		Funcionários	
	Frequência (usos/dia)	Tempo (seg/uso)	Frequência (usos/dia)	Tempo (seg/uso)	Frequência (usos/dia)	Tempo (seg/uso)
Aparelho	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Torneira	2,79	8,87	3,24	9,92	4,00	11,56
Vaso Sanitário	1,39	5,38	1,54	5,28	1,88	6,34
Mictório	1,58	7,52	2,18	6,06	2,71	7,75

Fonte: Adaptado de Marinoski (2007)

Para o desenvolvimento deste estudo considerou-se os valores de frequência e tempo de uso dos aparelhos, a partir da pesquisa de Marinoski (2007), e os dados de vazão da NBR 5626/1998.

2.3 AÇÕES MITIGADORAS PARA O CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES

Para a otimização do uso da água em seu conceito mais amplo, é importante destacar a evolução do conceito de uso racional da água para o de conservação desse recurso; que consiste na associação da gestão de demanda com a gestão da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas consideradas de qualidade inferior. A água da chuva é dita de qualidade inferior pois necessita de tratamento (o tipo de tratamento é função do seu uso final) para ser aproveitada (ANA, 2021).

A conservação da água pode ser definida como qualquer ação que: a) reduza a quantidade de água extraída em fontes de suprimento; b) reduza o consumo de água; c) reduza

o desperdício de água; d) aumente a eficiência do uso de água; ou, ainda, e) aumente a reciclagem e o reuso de água (ANA, 2021).

Considerando a crescente demanda por água provocada principalmente pela forma de ocupação dos centros urbanos e pela poluição dos mananciais, a redução de água potável no mundo gera muitas preocupações em relação ao futuro, como: a) risco de desabastecimento; b) racionamentos; c) alto custo da água tratada; d) impermeabilização do solo; e) inundações (HESPANHOL, 2003).

Relacionado ao mau uso do recurso, Leal (2000 *apud* MAY, 2004) cita que o índice de perda física e financeira no Brasil é alto, se comparado com outros países. Na última década, a quantidade de água distribuída aos brasileiros cresceu, em média, 30%, porém o desperdício atinge cerca de 40% de toda a água ofertada pelos sistemas públicos. Segundo a Companhia de Abastecimento de Estado de São Paulo – SABESP (2022), uma torneira gotejando gasta em média 46 litros num período de 24 horas; a mesma torneira, com abertura de 1 mm tem um consumo de 2.068 litros de água se considerado o mesmo período.

A Tabela 7 apresenta relação entre equipamentos e as perdas resultantes de vazamentos, de acordo com ANA (2005).

Tabela 7 - Estimativas de perdas resultantes de vazamentos

Aparelho/equipamento sanitário		Perdas estimadas
Torneiras (de lavaório, de pia, de uso geral)	Gotejamento lento	6 a 10 litros/dia
	Gotejamento médio	10 a 20 litros/dias
	Gotejamento rápido	20 a 32 litros/dia
	Gotejamento muito rápido	>32 litros/dia
	Filete o 4mm	>333 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
Mictório	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
	Vazamento no registro	0,86 litros/dia
Bacia sanitária com válvula de descarga	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Vazamento no tubo de alimentação da louça	144 litros/dia
	Válvula disparada quando acionada	40,8 litros (supondo a válvula abertapor um periodo de 30 segundos, a uma vazão de 1,6 litros/segundo)
Chuveiro	Vaza no registro	0,86 litros/dia
	Vaza no tub de alimentação junto da parede	0,86 litros/dia

Fonte: ANA (2005)

Segundo a SABESP (2018) os caminhos para se evitar o uso excessivo, o mau uso e o desperdício ou uso desnecessário da água são: a) educação e conscientização dos usuários: considerada uma iniciativa com retorno a longo prazo deve, necessariamente, ser implantada porém em conjunto com outra(s) iniciativa(s); b) racionalização da água: solução emergencial; c) aumento do preço da água: solução de resultado incerto; d) avanços da engenharia: desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitem a redução do consumo dos recursos hídricos e proporcionem uma possibilidade real de economia financeira.

Os equipamentos economizadores de água representam parte dos avanços nas novas tecnologias, tais como: torneira com fechamento automático, reguladores de vazão para torneiras, válvulas de descarga de vazão regulável, vasos sanitários com caixa de descarga (tipo acoplada e / ou de embutir na parede), arejadores de ar para torneiras entre outros (Figura 2).

Figura 2 - Dispositivos poupadores de água

		
Torneira com acionamento foto elétrico	Válvula com acionamento duo flush	Torneira com fechamento automático

Fonte: Autor (2022).

Dispositivos poupadores de água são equipamentos que promovem economia de água independentemente da participação do usuário. De acordo com Benetti e Jungles (2006) as primeiras empresas a realizarem pesquisas sobre esse tema carregam em seus produtos o selo do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).

Para a conservação da água existem medidas convencionais – mencionadas acima – e não convencionais. Segundo Tomaz (2003) as medidas não convencionais para conservação da água são: a) reuso de águas cinzas; b) utilização de excretas de vaso sanitário em compostagem; c) dessalinização da água do mar ou salobra; d) aproveitamento de água de drenagem de subsolo de edifícios; e) aproveitamento da água da chuva. Entre as medidas apontadas, o sistema de

aproveitamento de água da chuva, foco de análise deste trabalho, é apresentado com detalhamento no tópico a seguir.

2.3.1 Aproveitamento da água da chuva

A escassez e a perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição associadas a serviços de abastecimento públicos ineficientes são fatores que têm despertado a necessidade da conservação da água em diversos setores da sociedade. Indústrias, instituições de ensino, estádios, e até mesmo estabelecimentos comerciais como empresas de lavagem de carros, empresas de ônibus, supermercados, empresas de limpeza pública, buscam utilizar água da chuva visando o retorno na economia de água consumida (THOMAZ, 2003).

Silveira (2008) afirma que um dos pilares do uso eficiente da água é o combate às perdas e aos desperdícios, acrescentando que um sistema de abastecimento de água potável não deve ter como objetivo principal tratar água para irrigação ou para servir como descarga de banheiros ou outros usos menos nobres, que podem ser perfeitamente cobertos pelo reuso ou por água reciclada.

Captar água da chuva é uma ótima ideia do ponto de vista social e ecológico, porém existem pontos difíceis na sistemática de captação. De acordo com Hespanhol (2003), fundador do Centro Internacional de Referência em Reuso de Água - Cirra, o potencial do sistema de captação de águas pluviais é enorme, mas é preciso ter a visão macro, vontade política e investimento em tecnologias para que os sistemas se desenvolvam e se tornem acessíveis.

A engenharia e a construção civil buscam soluções para amenizar o problema da escassez de água no planeta através de propostas sustentáveis que viabilizem questões ambientais, econômicas e sociais. A fim de propor uma gestão estratégica e o uso sustentável dos recursos hídricos, é essencial conhecer a quantidade e a qualidade da água para cada uso final, com o objetivo de implementar as estratégias mais favoráveis em sua conservação e garantindo, assim, a saúde dos usuários (D'ALESSANDRO *et. al*, 2016).

2.3.1.1 Características do sistema de aproveitamento de água da chuva

De acordo com a NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais; o sistema predial de água pluvial tem como função exclusiva o recolhimento e a condução da água pluvial até local adequado e permitido, tendo suas instalações completamente separadas de quaisquer outras instalações prediais. A coleta de água pluvial é uma tecnologia utilizada para coletar e armazenar água pluvial de telhados, usando técnicas simples, como lagoas naturais, artificiais ou reservatórios. Após a coleta, armazenamento e tratamento adequado, a água pluvial pode ser utilizada para fins não potáveis – como vasos sanitários, torneiras de jardim – bem como para uso na agricultura (BRUCH, 2018).

Segundo a NBR 15527:2007 – Aproveitamento de água da chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos; a utilização da água captada em telhados deverá ser feita somente para fins não potáveis como descargas em bacias sanitárias, limpeza de calçadas e ruas, irrigação de gramados e plantas ornamentais, limpeza de pátios, lavação de veículos, espelhos d'água e usos industriais. Ainda sobre a NBR estabelece que o projetista deva definir os padrões de qualidade de acordo com a utilização prevista e recomenda utilizar um dispositivo automático de descarte da água de escoamento inicial e que, na falta de dados, o descarte de dois milímetros da precipitação inicial é recomendado (BRUCH, 2018).

Não existe uma fórmula única para determinação do volume de descarte inicial, usam-se então regras práticas, dentre elas: a) descartar 10 a 20 minutos da chuva inicial; b) descartar 40 litros para cada 100 metros de área de captação; c) descartar um volume de 0,8 a 1,5 litros/m² da área de captação. O reservatório de autolimpeza deve contar com grades para retirada de material (BRUCH, 2018).

A importância do descarte das primeiras águas deve-se ao fato de que normalmente há muita sujeira acumulada na superfície de captação; assim as águas da primeira chuva carregam esta sujeira superficial além de partículas em suspensão na atmosfera; por isso não devem ser armazenadas na cisterna (NÓBREGA *et al.*, 2011). De acordo com Bruch (2018), existe grande variação percentual da qualidade da água de chuva durante os primeiros cinco milímetros de precipitação, principalmente após o primeiro milímetro. Ainda, segundo o autor, as primeiras águas da chuva realmente promovem a limpeza da atmosfera e, a partir de certa quantidade de precipitação, a água se torna de excelente qualidade e valores estáveis.


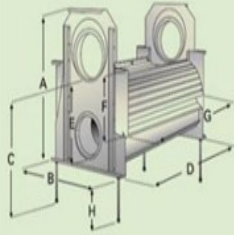
Ciocchi (2004) ressalta uma característica positiva quando afirma que por conta da área de captação, condomínios horizontais, galpões, armazéns e residências unifamiliares são

edificações com ótima viabilidade de implantação de sistemas de captação, enquanto que condomínios verticais não são tão atrativos a instalação desses. Porém, do ponto de vista técnico, a maior dificuldade diz respeito à falta de estudo preliminar, ausência de projetos detalhados, leis e normas que tratem do assunto. A NBR 15527/2007, passou a ter valor normativo a partir de 2008, até então não existiam parâmetros para idealização e concepção de projetos eficazes (NBR 15527/2007).

De acordo com o projetista Fábio Pimenta o maior desafio para o reaproveitamento de águas pluviais é projetar sistemas que sejam econômicos e seguros em qualquer época do ano. "Difícilmente é viável construir reservatórios com capacidade suficiente para que o sistema continue operacional na época da seca, e essa descontinuidade propicia manutenção inadequada" (REVISTA TÉCNICA, 2008).

Com relação aos equipamentos que compõem o sistema de coleta de águas pluviais, deve ser dada atenção à compra de filtro condizente a vazão de água do sistema. Essa informação pode ser obtida com base nos dados de pluviosidade e diâmetro da tubulação utilizada no sistema. As figuras no Quadro 2 apresentam modelo de filtro utilizado em sistema de captação de água da chuva.

Quadro 2 - Modelo de filtro utilizado em sistemas de coleta de água da chuva

	 <table border="1" data-bbox="1098 1263 1380 1599"> <tbody> <tr><td>Entrada da água de chuva - 2x DN250</td></tr> <tr><td>Saída para rede pluvial - 1x DN250</td></tr> <tr><td>Saída para cisterna - 1x DN200</td></tr> <tr><td>A (em mm) - 670</td></tr> <tr><td>B (em mm) - 540</td></tr> <tr><td>C (em mm) - 575</td></tr> <tr><td>D (em mm) - 980</td></tr> <tr><td>E (em mm) - 325</td></tr> <tr><td>F (em mm) - 275</td></tr> <tr><td>G (em mm) - 880</td></tr> <tr><td>H (em mm) - 190 (ajuste através de barra rosqueável)</td></tr> <tr><td>Abertura da malha - 550 µm</td></tr> <tr><td>Capacidade de filtragem - 46 m³/hora</td></tr> <tr><td>Telhado - área máxima - 1500 m²</td></tr> </tbody> </table>	Entrada da água de chuva - 2x DN250	Saída para rede pluvial - 1x DN250	Saída para cisterna - 1x DN200	A (em mm) - 670	B (em mm) - 540	C (em mm) - 575	D (em mm) - 980	E (em mm) - 325	F (em mm) - 275	G (em mm) - 880	H (em mm) - 190 (ajuste através de barra rosqueável)	Abertura da malha - 550 µm	Capacidade de filtragem - 46 m ³ /hora	Telhado - área máxima - 1500 m ²
Entrada da água de chuva - 2x DN250															
Saída para rede pluvial - 1x DN250															
Saída para cisterna - 1x DN200															
A (em mm) - 670															
B (em mm) - 540															
C (em mm) - 575															
D (em mm) - 980															
E (em mm) - 325															
F (em mm) - 275															
G (em mm) - 880															
H (em mm) - 190 (ajuste através de barra rosqueável)															
Abertura da malha - 550 µm															
Capacidade de filtragem - 46 m ³ /hora															
Telhado - área máxima - 1500 m ²															
<p>Modelo de filtro utilizado em sistemas de coleta de água da chuva</p>	<p>Dimensões do filtro utilizado em sistemas de coleta de água da chuva</p>														

Fonte: Autor (2022)

Para o máximo desempenho e melhor rendimento do sistema, deve-se constantemente ser feita manutenção; a NBR 15527/2007 apresenta um quadro com periodicidade de manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Estas informações podem ser observadas no Quadro 3, a seguir.

Quadro 3 - Periodicidade de manutenção dos componentes do sistema

Componente	Frequencia de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatórios	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Adaptado NBR 15527/2007

A implantação desses sistemas implica acréscimos de custo à obra. Além do reservatório, como já dito, sistemas de tratamento e redes de distribuição exclusivas exigem projetos criteriosos que devem ser acompanhados por engenheiros especializados e a mão-de-obra deve ser capacitada para fazer a correta manutenção dos equipamentos. Ainda que as perspectivas de retorno do investimento sejam animadoras – em processos industriais, por exemplo, tais sistemas reduzem em até 80% o consumo de água – esses fatores associados têm contribuído para limitar seu uso (REVISTA TÉCNICA, 2008).

Outro ponto que requer cuidado especial é a qualidade necessária ao consumo destinado. Fazer tratamento para aproveitamento ou reuso de água implica assumir a responsabilidade pela sua qualidade, fator de saúde e que envolve enormes riscos, afirma o engenheiro Luiz Olimpio Costi, presidente da Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais, Abrasip (REVISTA TÉCNICA, 2008).

2.3.1.2 Qualidade da água captada

A qualidade da água pluvial varia conforme sua utilidade. Quanto mais nobre é seu uso, maior a exigência quanto à qualidade. Quando utilizada em descargas de vasos sanitários, lavagem de roupas e lavagem de carros é necessário somente um tratamento higiênico, devido ao possível contato do corpo com a água. Quando a água pluvial é utilizada em piscinas, chuveiros, no preparo de alimentos e para consumo humano é necessária a desinfecção (BRUCH, 2018).

A Agência Nacional de Águas, em conjunto com a Federação das Indústrias e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (2005), definiu quatro classes de água para aproveitamento com base nos critérios de qualidade estipulados para cada atividade. A descarga de vasos sanitários é uma aplicação da água de Classe 1, com as atividades de lavagem de pisos, roupas e veículos, e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.). A principal condição comum a essas atividades é a exposição da água ao contato humano. A Tabela 8 apresenta os parâmetros característicos para água Classe 1. Quanto às demais categorias, o uso preponderante da água Classe 2 é na construção (como na preparação de concreto), a Classe 3 destina-se a irrigação e a Classe 4 para torres de resfriamento de sistemas de ar-condicionado. Como exigências mínimas para o uso na descarga de vasos sanitários, a água não deve apresentar mau cheiro, não deve ser abrasiva, não deve manchar superfícies, não deve deteriorar os metais sanitários e não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana (ANA, 2005).

Tabela 8 - Parâmetros característicos da água classe 1

Parâmetro	Concentração
Coliformes fecais ¹	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (uH)	≤ 10 uH
Turbidez (uT)	≤ 2 uT
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 (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total ⁵ (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

1. Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados.
2. O controle da 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 a 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: ANA (2005)

2.3.1.3 Influência do clima sobre o sistema de aproveitamento de águas pluviais

O aproveitamento da água da chuva apresenta-se como fonte alternativa frente ao consumo de água potável, e seu uso deve ser considerado sempre que possível. Alguns fatores determinam a viabilidade, ou não, de implantação do sistema; um deles é o clima. De acordo com Christofidis, et al. (2019), o modo de compreender às águas ocorre com a combinação da experiência adquirida nas práticas convencionais da engenharia, passando pelo entendimento do conceito do desenvolvimento sustentável e a atenção as questões climáticas.

De acordo com Stoodi (2022) clima pode ser definido como a descrição estatística de quantidades relevantes de mudanças do tempo meteorológico num período de tempo, que vai de meses a anos. Essas quantidades são geralmente variações de superfície como temperatura, precipitação e vento. Ou seja, enquanto as condições de tempo se referem ao estado momentâneo das condições atmosféricas, o clima é o conjunto de características permanentes do tempo médio de uma determinada região. Se o tempo considera, por exemplo, dias quentes e dias frios ao longo de um curto espaço de tempo, o clima trabalha com a média de temperatura, pluviosidade, entre outros.

A variação climática do território brasileiro é tão grande quanto sua extensão, o que é possível observar seis tipos distintos de clima, sendo eles apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Tipos de clima do Brasil



Fonte: Climas e domínios morfoclimáticos do Brasil (2022)¹

¹ Fonte: <https://cosch.com.br/o-que-e-indice-pluviometrico/>

Bertuzzi (2018) indica que estudos nas diferentes regiões do Brasil existem grande variabilidade entre os potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água de chuva. A economia de água potável pode variar entre 48% e 100%, sendo o menor índice obtido para a região sudeste do país e o maior para a região norte, o que apontavam, na época consultada pela autora.

Conforme Costa (2012 apud CRUZ e TUCCI, 2008), a disponibilidade hídrica é entendida como a parcela vazão que pode ser utilizada pela sociedade para o seu desenvolvimento. A Figura 4 apresenta os índices pluviométricos – medição da quantidade de chuva numa região num determinado período de tempo – anuais das regiões brasileiras (COSTA, 2012).

Figura 4 - Índice pluviométrico anual



Fonte: Cosch – Água da chuva (2022)²

2.3.1.4 Aspectos legais relacionados ao uso da água da chuva

Segundo Mendes e Veloso (2013), no Brasil não existe uma lei específica para determinar o uso das águas de chuva, existem apenas leis ditas indiretas, que estabelecem

² Fonte: <https://cosch.com.br/o-que-e-indice-pluviometrico/>

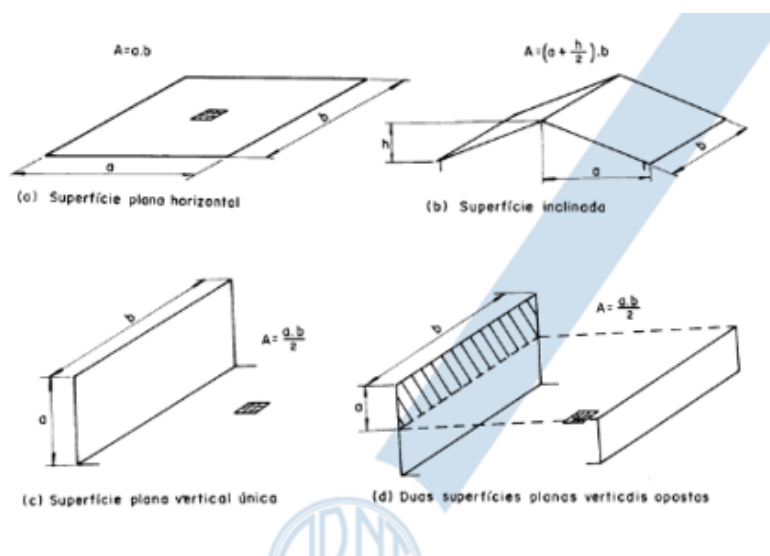
critérios para seu manejo. Algumas cidades adotam leis indiretas, como por exemplo Curitiba, São Paulo, Florianópolis.

Na capital catarinense, a Lei 8.080 (2009), se instituiu o Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reuso da Água em Edificações, traz recomendações quanto ao uso de fontes alternativas de água (aquelas não servidas pelo sistema público de abastecimento). O artigo 4º traz recomendações voltadas para captação e utilização de águas de chuva para fins não potáveis, como: lavação de veículos, logradouros públicos, vidros, calçadas e pisos, irrigação paisagística, combate a incêndio, utilização na construção civil, vasos sanitários, entre outros.

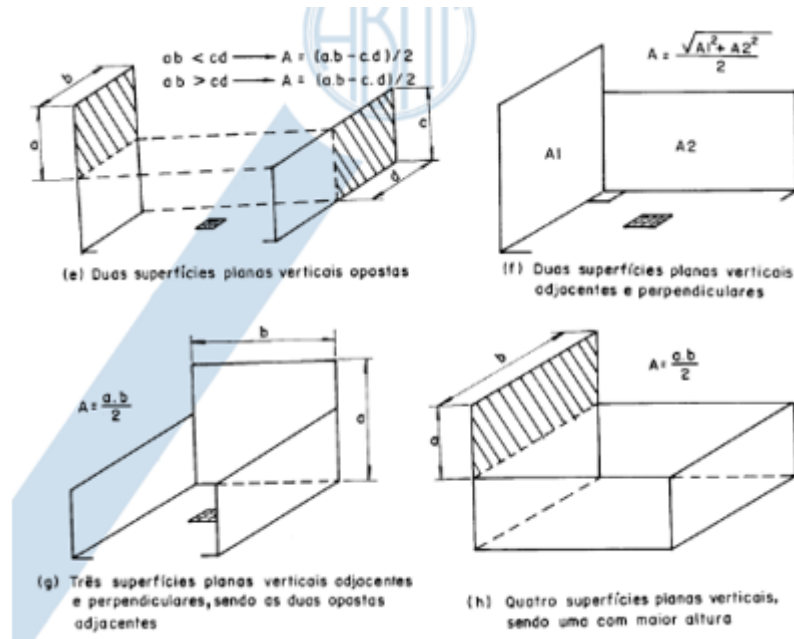
Além das leis indiretas existem duas Normas Técnicas – NBR a nível nacional voltadas diretamente ao aproveitamento de água de chuva, ambas criadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. A primeira é a NBR 10844:1989 - Instalações prediais de águas pluviais e a segunda é a NBR 15527:2007 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos.

1. NBR 10844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais: esta NBR traz um tópico importante ao aproveitamento da água da chuva. A norma trata sobre a área de contribuição: “no cálculo de área de contribuição, deve-se considerar os incrementos devido à inclinação da cobertura e às paredes que interceptam água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura”. A Figura 5 compila as possibilidades de incrementos.

Figura 5 - Indicações para cálculo da área de contribuição



Fonte: Adaptado de NBR 10844/1989



Fonte: Adaptado de NBR 10844/1989

2. NBR 15527/2007 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos: fornece diretrizes e requisitos para o aproveitamento de água de chuva com captação por coberturas em áreas urbanas. De acordo com a norma: “o volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial”, sendo calculado pela seguinte Equação 1:

$$V = P * A * C * I_{\text{fator de captação}} \quad [\text{equação 1}]$$

onde:

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A é a área de coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$I_{\text{fator de captação}}$ é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

O coeficiente de escoamento superficial C, apresentado na Tabela 9, representa a relação entre o volume de água que escoar da cobertura e o volume total de água precipitada.

Esse coeficiente é usado no cálculo de volume do reservatório por existir perdas no volume de água de precipitação, como na absorção dos materiais por onde a água escoar e para a limpeza do telhado (TOMAZ, 2003).

Tabela 9 - Valores para coeficiente de escoamento C

Material	Coeficiente C
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico	0,90 a 0,95

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

O valor $I_{\text{fator de captação}}$ refere-se à eficiência dos equipamentos colocados antes do reservatório, isto é, filtros, equipamentos para retirada do escoamento inicial e outros. Tomaz (2003) recomenda adotar entre 0,8 e 0,9.

As NBR's acima citadas são apresentadas nos Anexos 1 e 2 respectivamente.

2.3.1.5 Métodos de dimensionamento do reservatório de água da chuva

O reservatório de acumulação de água da chuva é item indispensável no sistema de aproveitamento de água pluvial, além de normalmente ser o mais oneroso. Suas dimensões devem ser obtidas em função da área disponível para implantação e da quantidade de água possível de ser captada. Moruzzi *et al.* (2016) diz que a escolha adequada do volume do reservatório é de grande importância devido ao valor gasto com a aquisição deste componente ser muito significativo quando comparado com os outros integrantes do sistema de aproveitamento de água de chuva. A viabilidade econômica da implantação do sistema é, portanto, fortemente dependente do correto dimensionamento do reservatório.

Segundo Kobiyama e Hansen (1998 *apud* SILVEIRA, 2008), o dimensionamento dos reservatórios é baseado em análises estatísticas dos períodos de estiagem na área de estudo, entretanto necessitam de uma série histórica de precipitação de pelo menos 40 anos para garantir resultados satisfatórios.

Para o dimensionamento do reservatório a NBR 15527/2007 apresenta, em seu anexo A, seis métodos de cálculos, sendo eles: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano (apresentados no Anexo 2 deste trabalho).

3 METODOLOGIA

A pesquisa trata-se de um estudo de caso com a finalidade de analisar a capacidade do sistema de aproveitamento de águas pluviais no bloco U da UFSC – Joinville. Esta investigação pode ser classificada como quantitativa e de caráter exploratório. Foram coletadas informações através de fontes bibliográficas que incluem livros, trabalhos acadêmicos e artigos científicos, e de fontes documentais: relatórios, indicadores, dados climáticos fornecidos pela defesa civil e arquivos digitais referente ao projeto da edificação. Os dados são utilizados em diferentes partes do trabalho, que está estruturado em quatro grandes etapas:

- Etapa 1: Fundamentação teórica;
- Etapa 2: Coleta de dados e definição dos parâmetros;
- Etapa 3: Verificação da capacidade do sistema e
- Etapa 4: Avaliação dos resultados, detalhados a seguir.

3.1 ETAPA 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O levantamento bibliográfico compõe o referencial teórico desta pesquisa sobre a capacidade do sistema de aproveitamento da água da chuva como fonte alternativa ao uso de água potável. Para tal, os temas abordados relatam a importância da água para a sociedade; seu uso em edificações, os principais ambientes e equipamentos consumidores.

Com relação ao aproveitamento da água da chuva, são apresentadas as características de implantação e de uso do sistema, os aspectos relacionados a qualidade da água captada bem como a influência do clima sobre este. Também são apresentados os aspectos legais (normas relacionadas ao sistema), além de métodos de dimensionamento do reservatório e três cenários de área de captação onde a água potável pode ser substituída.

Como parâmetros para definição do volume de água da chuva aproveitável e dimensionamento do reservatório de acumulação de água da chuva, são apresentadas as normas: NBR 15527/2007 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos e a NBR 10844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais, todas normas da ABNT, destacando os principais tópicos destas para a elaboração do trabalho.

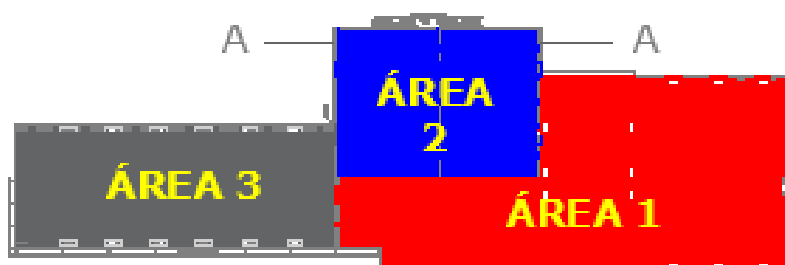
3.2 ETAPA 2: COLETA DE DADOS E DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS

Os dados coletados, necessários ao desenvolvimento do trabalho, têm por objetivo compor uma base de informações que possibilite analisar a viabilidade e capacidade de um sistema de captação de águas pluviais na UFSC - Joinville.

Os dados obtidos e a definição dos parâmetros de uso destes são apresentados a seguir:

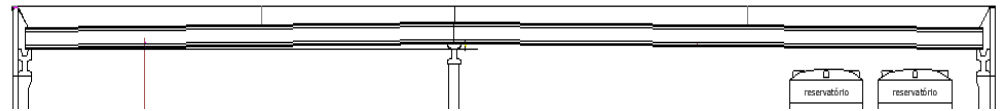
- Local de estudo e área de captação: foi definido o bloco U da UFSC como edifício de interesse e conseqüentemente seu telhado como área de captação. O arquivo digital em formato dwg (Autocad) foi fornecido pela direção do Centro Tecnológico de Joinville em 2019. A escolha pelo bloco U do CTJ ocorreu pelo perfil de uso do edifício (abriga o maior contingente populacional do Campus). A área do telhado foi medida no arquivo dwg, tomando-se como referência as informações da NBR 10844/1989, que considera como área captação o somatório da área de cobertura e seus incrementos. O edifício possui 3 coberturas, identificadas como Área 1, Área 2 e Área 3 (Figura 6), com inclinações iguais em diferentes direções. O ângulo de inclinação do telhado é de apenas 1 grau, resultando em valores baixos que não possuem representatividade no cálculo, nesse sentido, a inclinação foi desconsiderada para os cálculos (Figura 7 e Figura 8). Como paredes de contribuição considerou-se as platibandas existentes no perímetro da edificação, que possui 1 metro de altura (Figura 9) e 4 metros (Figura 10).

Figura 6 - Bloco U: cobertura separada por Áreas A1, A2 e A3



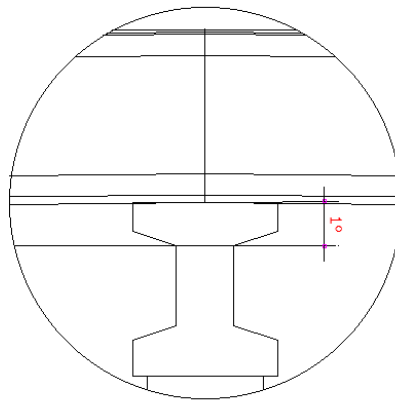
Fonte: CTJ (2022).

Figura 7 - Corte AA bloco U da UFSC-Joinville, mostrando inclinação do telhado



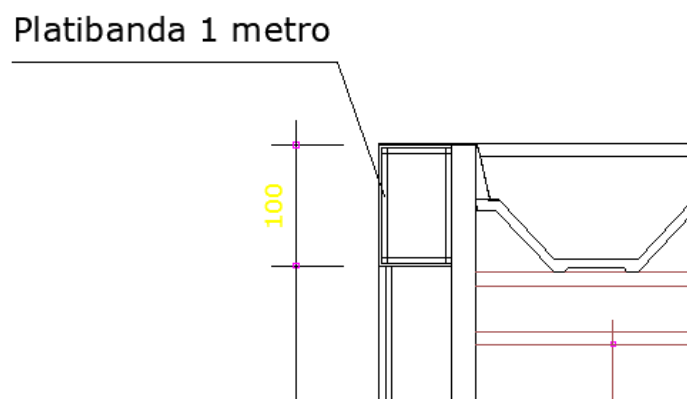
Fonte: CTJ (2022)

Figura 8 - Detalhe inclinação do telhado do Bloco U da UFSC-Joinville



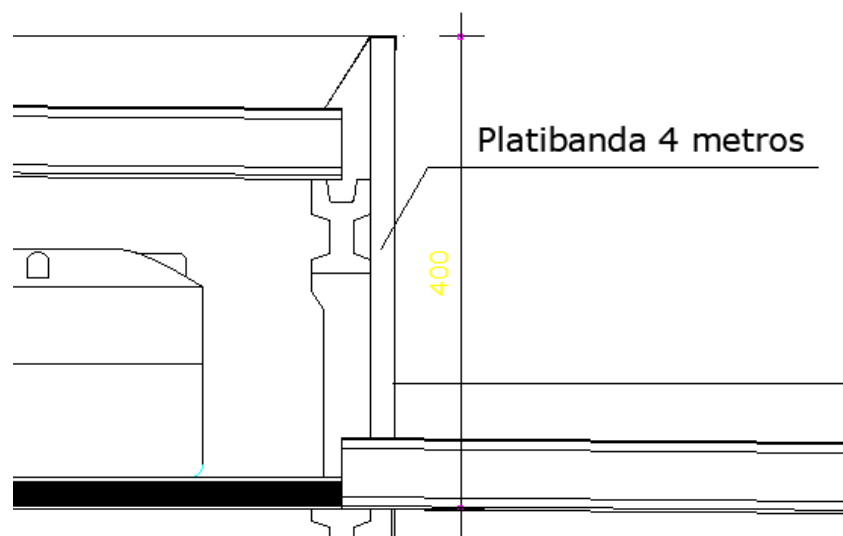
Fonte: CTJ (2022)

Figura 9 - Perfil esquemático de platibanda de 1 metro do Bloco U



Fonte: CTJ (2022)

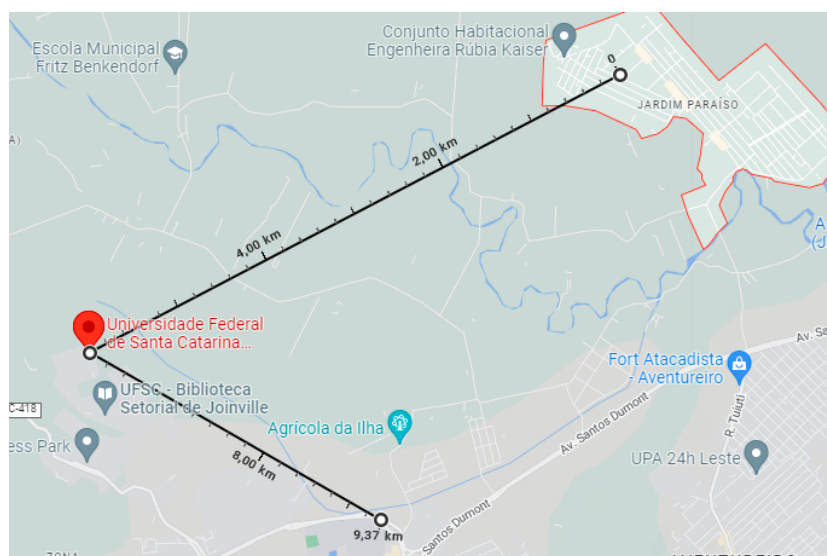
Figura 10 - Perfil esquemático de platibanda de 4 metros do Bloco U



Fonte: CTJ (2022)

- Índices pluviométricos: os dados pluviométricos que compõem a pesquisa foram obtidos através de duas fontes: dados da estação meteorológica da Universidade da Região de Joinville – Univille (1996 a 2014), obtidos através do site da instituição (a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI-SC operadora e responde por esta estação) e da estação hidrometeorológica localizada no bairro Jardim Paraíso (2012 a 2019) fornecidos pela prefeitura de Joinville, coletados pela Defesa Civil de Joinville. Optou-se por essas estações por serem as mais próximas da área de estudo: a estação da Univille (Latitude: -26,24996; Longitude -48,85420) está a 3,4 Km da UFSC, enquanto a estação do Paraíso (Latitude: -26,238480; Longitude -48,841049) está afastada aproximadamente 6,0 Km. A Figura 11 localiza a UFSC-Joinville e apresenta a distância até as estações. Os dados foram compilados em planilha única. Para os anos de 2012, 2013 e 2014 (que contam com medições das duas estações) optou-se pelas medições da estação da Univille, por apresentar maior série histórica. Nos Anexos 3 e 4 é possível verificar os dados pluviométricos das estações que deram origem a planilha disponível na Tabela 19.

Figura 11 - Distância entre a UFSC-Joinville e as estações meteorológicas



Fonte: Imagem do Google Maps gerada pelo autor (2022)

- Contingente populacional da UFSC-Joinville: a secretaria acadêmica do CTJ disponibilizou os dados relacionados à população que podem ser verificados na Tabela 10. A população usuária é formada por docentes, discentes, técnicos administrativos e terceiros prestadores de serviço.

Tabela 10 - Contingente populacional UFSC-Joinville

ALUNOS	
Graduação	1471
Pós Graduação	133
TOTAL	1604
DOCENTES	
Efetivos	100
Temporários/voluntários	8
TOTAL	108
TÉCNICOS ADM	
TOTAL	45
PRESTADORES SERVIÇO	
TOTAL	30
TOTAL	1787

Fonte: Secretaria acadêmica do CTJ (2022)

Frequentemente a universidade recebe pessoas em sua estrutura além das já citadas; como visitantes por exemplo, porém constituem número pouco representativo e, por esse motivo, não foram consideradas no estudo. Como resultado dos períodos de férias letivas, tem-se uma população flutuante na instituição (observada sazonalidade de utilização da estrutura e, conseqüentemente, do consumo de água). Por esse motivo ajustes foram realizados: de 21 de dezembro a 31 de janeiro considerou-se o corpo docente como 20% do total e os alunos 0%. De 01 a 31 de janeiro, técnicos administrativos e prestadores correspondem a 50%, em fevereiro considerou-se 80% do contingente de alunos. No recesso de julho os docentes correspondem a 80%, alunos 0%, enquanto os técnicos e prestadores mantem 50% de presença. Já em dezembro foram considerados 70% dos alunos frequentando a Campus. Os valores do contingente populacional, durante os diferentes meses, podem ser verificados na Tabela 11. A sazonalidade de uso do edifício pelos professores, levou em consideração entrevista com docente com experiência na chefia de departamento do CTJ; já a sazonalidade de discentes considerou os períodos letivos regulares (antes do início da pandemia em 2020), sem considerar atividades extras (como uso dos ambientes para desenvolvimento de pesquisa, por exemplo).

Tabela 11 - Representatividade do contingente populacional UFSC-Joinville

Meses	Usuários	Representatividade (%)
Janeiro	Discentes	0%
	Docentes	20%
	Tec. Adm	50%
	Prestadores	50%
Fevereiro	Discentes	80%
	Docentes	100%
	Prestadores	100%
Junho	Discentes	0%
	Docentes	80%
	Tec. Adm	50%
	Prestadores	50%
Dezembro	Discentes	100%
	Docentes	70%
	Tec. Adm	100%
	Prestadores	100%
Demais meses	Discentes	100%
	Docentes	100%
	Tec. Adm	100%
	Prestadores	100%

Fonte: Autor (2022)

- Consumo de água na UFSC – Joinville: Os valores referentes ao consumo de água potável foram obtidos através da Planilha de Monitoramento Mensal do Consumo de Água da UFSC, que podem ser observados no Anexo 5. A planilha apresenta o consumo de toda a instituição e também o consumo do bloco U. O estudo considerou os dados referentes ao período de 2018 (início das atividades da UFSC-Joinville no parque Perini) até 2019. Os anos seguintes (2020 até 2022) não foram considerados por serem considerados períodos excepcionais, com mudanças significativas na ocupação do edifício em razão da pandemia. A planilha de monitoramento não apresenta valores de consumo, do bloco U, referentes aos meses de janeiro, fevereiro e março de 2018; compôs-se esses dados utilizando a média dos demais meses do ano e os resultados podem ser visualizados a seguir. Já o consumo de água tratada sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios foi mensurado através do contingente populacional (Quadro 4) e dos valores de frequência e tempo de utilização dos aparelhos retirados do estudo de Marinoski, (2007) (Tabela 5). Com relação aos mictórios, por ser aparelho de uso exclusivo masculino, considerou-se 70%, da população usuária. Os resultados serão apresentados nas Tabelas 12, 13, 14, 15 e 16.
- Custo da água tratada em Joinville: Por meio de pesquisa feita no site da Companhia Águas de Joinville teve-se acesso a tabela com o custo da água tratada. Esta tabela, que apresenta custos distintos de acordo com o perfil de edificação, é apresentada na Tabela 17.

3.3 ETAPA 3: VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DO SISTEMA

Os dados podem ser classificados de acordo com sua forma de obtenção, sendo:

1. Dados fornecidos: são dados que foram adquiridos através dos órgãos responsáveis (UFSC, UNIVILLE, Prefeitura de Joinville, Defesa Civil de Joinville, Companhia Águas de Joinville), podendo ser via contato direto, disponibilizados no website oficial, entre outros;

2. Dados estimados: condiz com os dados que foram estimados através de referências bibliográficas, normas e/ou leis regulamentadoras e trabalhos realizados que serviram de referencial teórico.

Nesta etapa foram realizados os cálculos para confrontar os dados de demanda com os dados pluviométricos do local de estudo.

Cálculo do volume de água da chuva captável: O volume de água da chuva passível de captação é definido através da equação 1, apresentada no tópico 2.3.1.4 e também na NBR 15527/2007 (anexo A), assim como os valores de coeficiente de escoamento superficial e fator de captação. O Bloco U é coberto com telhas corrugadas, portando, adotou-se $C = 0,8$; já para o fator de captação, $I_{\text{fator de captação}}$, adotou-se 0,8. Para do volume de descarte inicial, considerou-se o descarte de 1,5 litros/m² de área de captação. O volume de água captável é função da área de coleta e pode ser verificado nas Tabelas 20, 21 e 22.

Dimensionamento do reservatório de água da chuva: o cálculo do volume do reservatório de armazenamento de águas pluviais foi realizado a partir da NBR 15527/2007 (Anexo 2). A norma apresenta seis métodos para dimensionamento do reservatório, sendo eles: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Dimensionou-se o reservatório com Rippl, Azevedo Neto, e Prático Inglês por estarem mais alinhados com os dados levantados para o estudo. Além disso, o Método Alemão é empírico; o método Australiano calcula o volume do reservatório por tentativas e por isso não foram tomados como parâmetro avaliativo. Os resultados de dimensionamento dos reservatórios são expostos em 5.4.

Os resultados são expostos em 5.4. Apesar de constituir informação relevante, não é foco deste trabalho apresentar projeto, dimensionamento e custo para implantação do sistema de captação de águas pluviais. O objetivo é apresentar, através da relação oferta x demanda de água na instituição, a análise da capacidade do sistema; a análise é sobre o volume de água consumido e não sobre a infraestrutura da edificação.

3.4 ETAPA 4: AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste tópico, retratam-se argumentos pertinentes às qualidades e às deficiências identificadas no processo de análise da eficiência do sistema de aproveitamento das águas pluviais. As considerações finais tratam principalmente das conclusões da resolução da

problemática proposta, identificando se houve uma contribuição através da análise dos dados levantados e dos resultados obtidos. Ou seja, verificou-se se o sistema tem condições de ser implantado, considerando o aspecto da variação climática e a previsão de demanda nos diferentes períodos do ano.

4 ESTUDO DE CASO

Nesse capítulo são apresentadas as características da área de estudo e os dados pluviométricos do local. Para tanto foram identificados os usos finais da água na edificação para definir os locais que não necessitam de água tratada. Além disso são identificados os perfis dos usuários a fim de verificar as quantidades de pessoas e os respectivos consumos de água.

4.1 CARACTERISTICAS GERAIS: BLOCO U DO CTJ

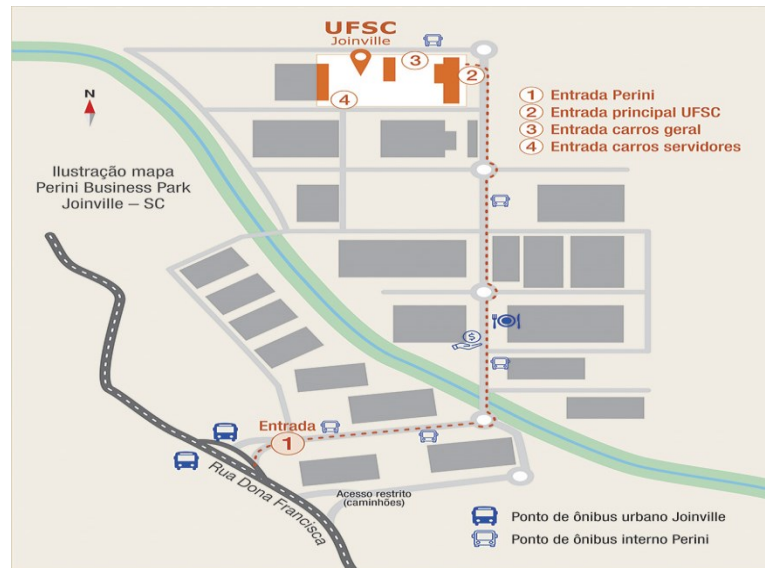
O Centro Tecnológico de Joinville (CTJ) da Universidade Federal de Santa Catarina está localizado no distrito industrial da cidade (Latitude: -26,23385; Longitude: -48,88354), no Perini Business Park., um condomínio industrial (Figuras 12 e 13).

Figura 12 – UFSC/Joinville: planta de situação



Fonte: Autor (2022)

Figura 13 – UFSC/Joinville: localização dentro do Perini Business Park



Fonte: Disponível em www.joinville.ufsc.br (2022)

A Figura 14 mostra a implantação do CTC com seus: blocos U, de salas de aula; bloco C, do refeitório; e bloco L, de laboratórios.

Figura 14 – UFSC/Joinville: implantação



Fonte: Disponível em www.joinville.ufsc.br (2022)

4.1.1 Ações mitigadoras implantadas na UFSC-Joinville

Algumas ações que visam a redução no consumo de água potável estão implantadas como: a) educação e conscientização: cartazes, nos corredores e banheiros, com informações que buscam conscientizar a população universitária a respeito do tema; b) manutenção: são feitas vistorias periódicas na instituição com objetivo de monitorar as instalações e detectar possíveis problemas como vazamentos, falhas ou quebras de aparelhos e outros; estão instalados c) dispositivos economizadores de água, que garantem redução do consumo da água de maneira automatizada, como as torneiras dos banheiros; d) vasos sanitários com caixa acoplada que apresentam reduzido consumo de água potável (0,15 L/s), se comparados com vasos que utilizam válvula de descarga (1,70 L/s).

4.2 DEMANDA: PREVISÃO DE CONSUMO

4.2.1 Contingente populacional UFSC-Joinville

O Quadro 4 abaixo traz o contingente levando em consideração a sazonalidade populacional. Os meses de janeiro, fevereiro, julho, dezembro apresentam valores distintos e específicos; os demais meses seguem a mesma tendência e, portanto, possuem valores iguais.

Quadro 4 - Contingente populacional nos diferentes meses

ALUNOS		ALUNOS		ALUNOS	
Graduação	0	Graduação	1177	Graduação	0
Pós Graduação	0	Pós Graduação	106	Pós Graduação	0
TOTAL	0	TOTAL	1283	TOTAL	0
DOCENTES		DOCENTES		DOCENTES	
Efetivos	20	Efetivos	100	Efetivos	80
Temporários/volu	2	Temporários/volu	8	Temporários/volun	6
TOTAL	22	TOTAL	108	TOTAL	86
TÉCNICOS ADM		TÉCNICOS ADM		TÉCNICOS ADM	
TOTAL	22	TOTAL	45	TOTAL	23
PRESTADORES SERVIÇO		PRESTADORES SERVIÇO		PRESTADORES SERVIÇO	
TOTAL	15	TOTAL	30	TOTAL	15
TOTAL	59	TOTAL	1466	TOTAL	124
Janeiro		Fevereiro		Julho	

ALUNOS		ALUNOS	
Graduação	1029	Graduação	1471
Pós Graduação	93	Pós Graduação	133
TOTAL	1122	TOTAL	1604
DOCENTES		DOCENTES	
Efetivos	100	Efetivos	100
Temporários/volu	8	Temporários/volu	8
TOTAL	108	TOTAL	108
TÉCNICOS ADM		TÉCNICOS ADM	
TOTAL	45	TOTAL	45
PRESTADORES SERVIÇO		PRESTADORES SERVIÇO	
TOTAL	30	TOTAL	30
TOTAL	1305	TOTAL	1787
Dezembro		Demais meses	

Fonte: Autor (2022)

4.2.2 Consumo de água no bloco U

Os valores referentes ao consumo de água no bloco U são apresentados a seguir.

4.2.2.1 Consumo de água potável no bloco U

O volume mensal e o volume médio mensal, de água potável, consumido no bloco U entre os anos de 2018 e 2019 são apresentados na Tabela 12 abaixo.

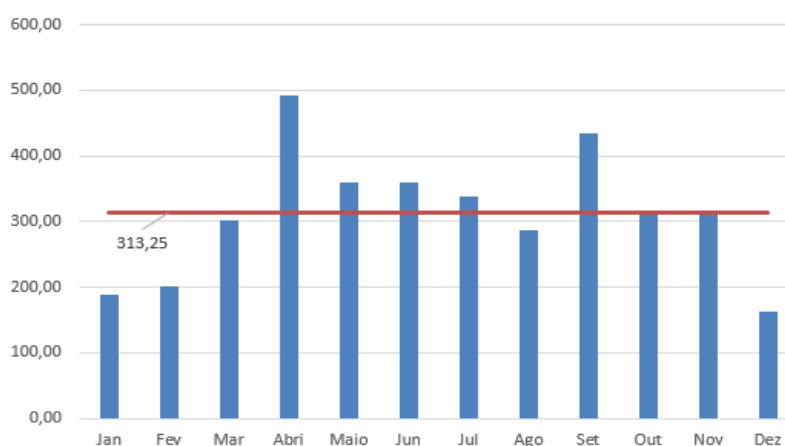
Tabela 12 - Consumo mensal e consumo mensal médio de água potável bloco U (m³)

Média	188,00	202,00	302,00	492,00	360,50	360,50	339,00	286,50	435,50	314,50	316,50	162,00
2019	47,00	75,00	275,00	406,00	342,00	492,00	387,00	281,00	495,00	295,00	315,00	159,00
2018	329,00	329,00	329,00	578,00	379,00	229,00	291,00	292,00	376,00	334,00	318,00	165,00
	Jan	Fev	Mar	Abri	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

Fonte: Dados da Coordenadoria de Gestão Ambiental da UFSC

Esses valores são dados reais, obtidos da Coordenadoria de Gestão Ambiental da UFSC, através de leitura de hidrômetro instalado no bloco U. O Gráfico 1 sintetiza a Tabela 12.

Gráfico 1 - Consumo médio mensal de água potável do bloco U (m³)



Fonte: Autor (2022)

4.2.2.2 Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios

As Tabelas 13 a 16 a seguir apresentam o volume estimado de água potável consumida no bloco U, nos pontos não nobres, para os meses de janeiro, fevereiro, julho, dezembro. Os demais meses são todos representados através da Tabela 17.

Tabela 13 - Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U em janeiro (m³)

Demanda estimada dos vasos sanitários	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,39	5,38	7,48	0,15	1,12	0	0	0,00	0,00
Docentes	1,54	5,28	8,13	0,15	1,22	22	27	0,03	0,59
Técnicos administrativos	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	22	39	0,04	0,87
Prestadores de serviços	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	15	27	0,03	0,59
Demanda estimada TOTAL dos vasos sanitários									2,05
Demanda estimada dos mictórios	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População (70%)	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,58	7,52	11,88	0,50	5,94	0	0	0,00	0,00
Docentes	2,18	6,06	13,21	0,50	6,61	15	99	0,10	2,18
Técnicos administrativos	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	15	158	0,16	3,47
Prestadores de serviços	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	7	74	0,07	1,62
Demanda estimada TOTAL dos mictórios									7,26
Estimativa do volume de água tratada sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios na UFSC - Joinville (mês janeiro)									9,31

Fonte: Autor (2022)

Tabela 14 - Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U em fevereiro (m³)

Demanda estimada dos vasos sanitários	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,39	5,38	7,48	0,15	1,12	1283	1.439	1,44	31,66
Docentes	1,54	5,28	8,13	0,15	1,22	108	132	0,13	2,90
Técnicos administrativos	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	45	80	0,08	1,77
Prestadores de serviços	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	30	54	0,05	1,18
Demanda estimada TOTAL dos vasos sanitários									37,51
Demanda estimada dos mictórios	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População (70%)	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,58	7,52	11,88	0,50	5,94	898	5.335	5,33	117,37
Docentes	2,18	6,06	13,21	0,50	6,61	75	495	0,50	10,90
Técnicos administrativos	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	31	326	0,33	7,16
Prestadores de serviços	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	10	105	0,11	2,31
Demanda estimada TOTAL dos mictórios									137,74
Estimativa do volume de água tratada sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios na UFSC - Joinville (mês fevereiro)									175,25

Fonte: Autor (2022)

Tabela 15 - Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U mês julho (m³)

Demanda estimada dos vasos sanitários	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,39	5,38	7,48	0,15	1,12	0	0	0,00	0,00
Docentes	1,54	5,28	8,13	0,15	1,22	88	107	0,11	2,36
Técnicos administrativos	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	23	41	0,04	0,90
Prestadores de serviços	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	15	27	0,03	0,59
Demanda estimada TOTAL dos vasos sanitários									3,86
Demanda estimada dos mictórios	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População (70%)	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,58	7,52	11,88	0,50	5,94	0	0	0,00	0,00
Docentes	2,18	6,06	13,21	0,50	6,61	62	410	0,41	9,01
Técnicos administrativos	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	16	168	0,17	3,70
Prestadores de serviços	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	7	74	0,07	1,62
Demanda estimada TOTAL dos mictórios									14,32
Estimativa do volume de água tratada sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios na UFSC - Joinville (mês junho)									18,18

Fonte: Autor (2022)

Tabela 16 - Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U mês dezembro (m³)

Demanda estimada dos vasos sanitários	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,39	5,38	7,48	0,15	1,12	1122	1.259	1,26	27,69
Docentes	1,54	5,28	8,13	0,15	1,22	108	132	0,13	2,90
Técnicos administrativos	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	45	80	0,08	1,77
Prestadores de serviços	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	30	54	0,05	1,18
Demanda estimada TOTAL dos vasos sanitários									33,54
Demanda estimada dos mictórios	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População (70%)	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,58	7,52	11,88	0,50	5,94	729	4.331	4,33	95,28
Docentes	2,18	6,06	13,21	0,50	6,61	76	502	0,50	11,04
Técnicos administrativos	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	31	326	0,33	7,16
Prestadores de serviços	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	15	158	0,16	3,47
Demanda estimada TOTAL dos mictórios									116,95
Estimativa do volume de água tratada sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios na UFSC - Joinville (mês dezembro)									150,49

Fonte: Autor (2022)

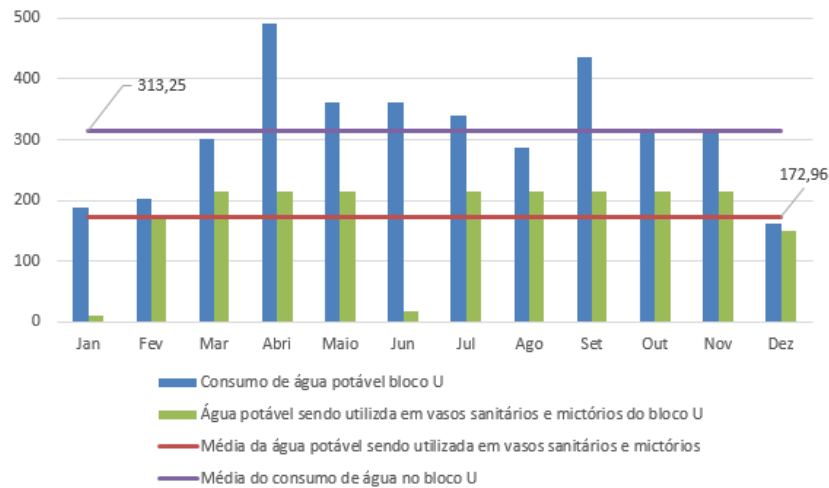
Tabela 17 – Estimativa do volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (demais meses) (m³)

Demanda estimada dos vasos sanitários	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,39	5,38	7,48	0,15	1,12	1604	1.799	1,80	39,58
Docentes	1,54	5,28	8,13	0,15	1,22	108	132	0,13	2,90
Técnicos administrativos	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	45	80	0,08	1,77
Prestadores de serviços	1,88	6,34	11,92	0,15	1,79	30	54	0,05	1,18
Demanda estimada TOTAL dos vasos sanitários									45,43
Demanda estimada dos mictórios	Frequência por pessoa (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Tempo total (s/dia)	Vazão (litros/s) NBR 5626/1998	Consumo total (litros/dia)	População (70%)	Consumo total (litros/dia)	Consumo total (m ³ /dia)	Consumo total (m ³ /mes)
Alunos	1,58	7,52	11,88	0,50	5,94	1123	6.670	6,67	146,75
Docentes	2,18	6,06	13,21	0,50	6,61	76	499	0,50	10,99
Técnicos administrativos	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	31,5	331	0,33	7,28
Prestadores de serviços	2,71	7,75	21,00	0,50	10,50	21	221	0,22	4,85
Demanda estimada TOTAL dos mictórios									169,86
Estimativa do volume de água tratada sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios na UFSC - Joinville									215,29

Fonte: Autor (2022)

Através do Gráfico 2 podemos verificar volume médio mensal de água potável consumido no bloco U e os valores estimados de água potável utilizada em vasos sanitários e mictórios do bloco, entre 2018 e 2019.

Gráfico 2 - Comparativo entre consumo médio mensal de água potável e o consumo estimado de água potável utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (m³)



Fonte: Autor (2022)

4.2.3 Custo da água tratada

A partir da pesquisa feita ao site da Companhia Águas de Joinville obteve-se a Tabela 18 que apresenta o custo da água tratada, por categoria de usuários. A UFSC se enquadra na categoria Pública / Normal, com custo da água de R\$ 8,39 por m³.

Tabela 18 - Custo da água tratada em Joinville

Tarifas de abastecimento de água e esgotamento sanitário				
Categoria de Usuários / Tipo de Tarifa	Faixa	Consumo m ³	Abastecimento de Água	
			Unidade	Preço (R\$)
Residencial / Tarifa Social Especial	1	até 15	Tarifa mínima	14,78
	2	16 a 25	por m ³	6,41
	3	acima de 25	por m ³	8,80
Residencial / Tarifa Social	1	até 10	Tarifa mínima	14,78
	2	11 a 25	por m ³	6,41
	3	acima de 25	por m ³	8,80
Residencial / Normal	1	até 10	Tarifa Mínima	36,34
	2	11 a 25	por m ³	6,41
	3	acima de 25	por m ³	8,80
Comercial / Normal	1	até 10	Tarifa Mínima	53,38
	2	acima de 10	por m ³	8,39
Industrial / Normal	1	até 10	Tarifa Mínima	53,38
	2	acima de 10	por m ³	8,39
Pública / Normal	1	até 10	Tarifa Mínima	53,38
	2	acima de 10	por m ³	8,39
Industrial / Especial	1	até 5.000	por m ³	8,39
	2	5.001 - 10.000	por m ³	6,75
	3	10.001 - 30.000	por m ³	6,10
	4	30.001-60.000	por m ³	5,40
	5	60.001 - 120.000	por m ³	5,10
	6	acima de 120.000	por m ³	4,58
Entidade Beneficente	50% (cinquenta por cento) da tarifa de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário apurada de acordo com a categoria de usuários e faixas de consumo nas quais se enquadraria a entidade, acaso não preenchesse os requisitos legais de certificação.			
Tarifa de Esgotamento Sanitário	80% (oitenta por cento) do valor da tarifa de abastecimento de água			

Fonte: Águas de Joinville (2022)

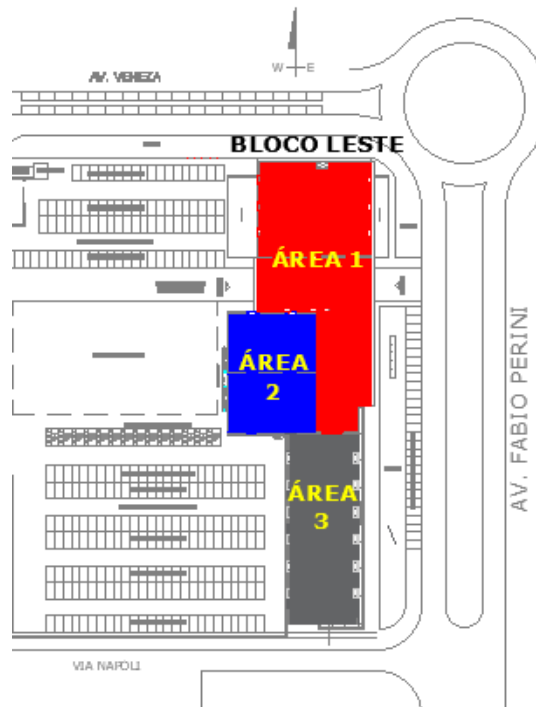
4.3 OFERTA: VOLUME CAPTÁVEL

O volume de água captável é obtido através da área de captação e dos índices pluviométricos.

4.3.1 Área de captação

Para a definição da área de captação o telhado do bloco U foi dividido em três partes: A1, A2 e A3, representadas na Figura 15 de vermelho, azul e cinza, respectivamente.

Figura 15 - Delimitação área de contribuição



Fonte: Adaptado de UFSC-Joinville (2022)

O telhado 1 foi dividido em duas áreas de 34,32 metros x 44,33 metros e 16,50 metros x 36,55 metros. O telhado 2 por sua vez possui 26,40 metros por 36,55 metros e o telhado 3 possui 21,70 metros por 56,70 metros.

Para superfícies inclinadas, de acordo com a norma NBR 10844/1989 a área de contribuição é calculada através da equação 2 abaixo. Esta pode ser verificada no item b) da Figura 5 e também no Anexo A.

$$A = (a + h/2) * b$$

[equação 2]

Como altura é considerada nula, tem-se:

$$A = a * b \quad \text{[equação 3]}$$

$$\text{Área 1} = a_1 * b_1 + a_2 * b_2 = 34,32 \text{ m} * 44,33 \text{ m} + 16,50 \text{ m} * 36,55 \text{ m} = 2.124,48 \text{ m}^2.$$

$$\text{Área 2} = a_2 * b_2 = 26,40 \text{ m} * 36,55 \text{ m} = 964,94 \text{ m}^2.$$

$$\text{Área 3} = a_3 * b_2 = 21,70 \text{ m} * 56,70 \text{ m} = 1.230,39 \text{ m}^2.$$

Somam-se a estas suas respectivas áreas de contribuição, AC, resultante das platibandas existentes na edificação, conforme podem ser verificadas na Figura 16 a seguir.

Figura 16 - Vista superior e platibandas bloco U da UFSC-Joinville



Fonte: Szoma Arquitetura (2022)

A Área1 possui três platibandas com 1,00 metro de altura em seu perímetro e uma com 4,00 metros (lateral da biblioteca). De acordo com item h) da Figura 5, tem-se

$$AC1 = (a * b) / 2 \quad \text{[equação 2]}$$

$$AC1 = (54,45 \text{ m} * 4,00 \text{ m}) / 2 = 108,90 \text{ m}^2.$$

A Área 2 possui quatro platibandas iguais, com 1,00 metro de altura (área sobre a biblioteca) caracterizando:

$$AC2 = (a * b) / 2$$

$$AC2 = (62,95 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) / 2 = 31,48 \text{ m}^2.$$

Por sua vez a área 3 possui as mesmas características da área 1 e, portanto, sua área de contribuição superficial é:

$$AC3 = (a * b) / 2$$

$$AC3 = (21,70 \text{ m} * 4,00 \text{ m}) / 2 = 43,40 \text{ m}^2.$$

A platibanda existente no bloco U gera uma área de contribuição de 183,78 m². Esse valor, somado a área de cobertura, resulta em uma área máxima de captação de 4.503,59 m².

4.3.2 Índices pluviométricos da região

4.3.2.1 Clima da região de estudo

A região de Joinville possui o clima subtropical que tem como característica marcante as chuvas regulares bem distribuídas, indicando previamente um ambiente favorável à implantação do sistema. As chuvas orográficas – também chamada chuva de relevo – típicas de parte da região, corroboram com os altos índices pluviométricos de Joinville. Essas chuvas são típicas de porções do litoral brasileiro e ocorrem quando ventos úmidos provenientes do Atlântico se aproximam da costa e enfrentam barreiras de relevo (FUVESTIBULAR, 2021).

Um estudo realizado por Mello *et. al* (2015) mostra a sazonalidade da precipitação de Joinville, aqui apresentado pela Tabela 19, onde é possível observar a média dos acumulados de precipitação por estação do ano, em regiões de Joinville. De acordo com o autor, os maiores valores, observados no pé da serra são decorrentes das condições climáticas e topográficas ali existentes.

Tabela 19 - Precipitação média mensal entre os anos de 1979 a 2008 da cidade de Joinville por região e estação do ano

Regiões de Joinville	Verão média (mm)	Outono média (mm)	Inverno média (mm)	Primavera média (mm)
Planície	721,3	463,1	318,4	533,3
Frente a serra Dona Francisca	925,3	581,7	360,1	635,8
Serra	675,3	421,7	333,1	514,4
Planalto	513,9	328,7	304,2	405,3

Fonte: Adaptado de Mello *et. al* (2015)

A planilha com os dados pluviométricos da região de estudo, criada a partir de dados da estação da Univille e estação da Defesa Civil, é apresentada na Tabela 20. Os valores em azul e vermelho representam, respectivamente, o máximo e mínimo pluviométrico mensal.

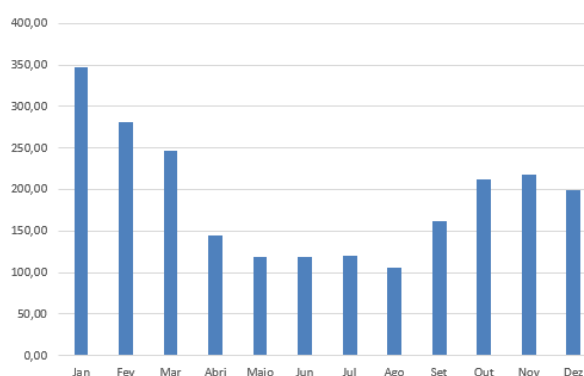
Tabela 20 - Precipitação média anual entre os anos de 1996 a 2019 (mm)

	média	189,88	189,88	189,88	189,88	189,88	189,88	189,88	189,88	189,88	189,88	189,88	189,88
	Média mensal	347,94	281,55	247,25	144,60	119,61	119,62	119,91	106,04	161,77	211,87	218,48	199,97
DEFESA CIVIL	2019	245,01	355,87	222,62	214,34	198,77	94,57	28,62	23,35	206,92	242,04	111,80	166,53
	2018	402,38	161,44	206,78	114,72	169,22	116,11	51,75	68,47	104,88	268,83	92,27	85,41
	2017	411,50	206,78	272,96	197,64	331,37	78,78	22,21	81,97	165,61	215,26	139,23	242,04
	2016	190,52	284,87	14,88	108,09	148,15	51,76	59,08	117,23	13,82	0,00	18,08	141,74
	2015	202,66	268,84	176,33	166,70	218,91	87,25	281,44	61,14	193,04	761,01	197,62	196,93
EPAGRI UNIVILLE	2014	145,40	233,80	233,80	195,00	135,00	301,90	40,20	74,40	145,80	27,60	99,20	268,50
	2013	137,80	254,80	254,80	96,00	115,60	376,90	95,80	101,90	147,60	124,70	239,00	200,80
	2012	303,14	243,70	243,70	233,10	114,20	261,40	205,90	27,60	109,50	173,30	223,20	325,70
	2011	502,90	287,60	287,60	138,95	47,90	94,50	181,40	341,40	161,40	235,20	147,30	313,00
	2010	616,60	298,00	298,00	258,80	159,90	141,50	145,90	94,90	52,40	187,80	299,40	248,40
	2009	404,00	269,70	269,70	81,60	55,30	77,10	244,90	159,10	347,50	152,80	166,10	166,10
	2008	478,40	415,50	415,50	185,50	81,60	95,80	26,80	110,60	127,60	382,60	974,30	143,90
	2007	335,90	256,20	256,20	112,00	220,00	21,90	76,50	58,10	107,80	162,50	174,30	299,10
	2006	280,30	300,20	225,90	113,10	22,90	26,30	48,30	52,40	150,10	121,10	448,60	118,90
	2005	437,90	80,20	147,70	175,30	121,90	76,60	159,10	189,50	248,80	210,50	209,10	119,20
	2004	231,20	239,90	128,70	213,10	130,10	60,90	175,30	48,80	138,00	129,90	110,60	226,80
	2003	294,50	294,10	228,20	54,90	52,90	83,50	69,30	34,10	113,00	77,40	99,90	218,10
	2002	340,10	122,30	273,20	145,40	95,90	67,50	56,70	104,00	215,80	174,30	174,30	223,10
	2001	277,20	599,40	419,40	173,60	192,30	193,40	181,40	48,80	247,30	219,20	144,80	98,50
	2000	379,10	262,90	116,70	12,10	18,40	62,10	51,40	55,20	195,10	159,50	198,50	165,50
1999	458,70	382,50	319,10	104,40	99,50	96,00	280,70	26,90	167,80	174,10	267,80	188,60	
1998	492,80	487,70	300,40	226,20	27,70	77,20	160,20	447,70	154,30	307,10	125,10	242,00	
1997	364,60	169,30	193,30	23,80	95,80	76,90	70,00	152,40	146,80	450,50	451,40	162,70	
1996	418,00	281,50	428,50	126,00	17,30	251,00	165,00	65,00	221,70	127,60	131,60	237,80	
		Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

Fonte: Autor (2022)

A partir da Tabela 20 criou-se o Gráfico 3 para melhor visualização dos índices pluviométricos mensais da região. Constata-se um acumulado acima da média nos primeiros três meses do ano.

Gráfico 3 - Precipitação média mensal entre os anos de 1996 a 2019 (mm)



Fonte: Autor (2022)

5 CENÁRIOS

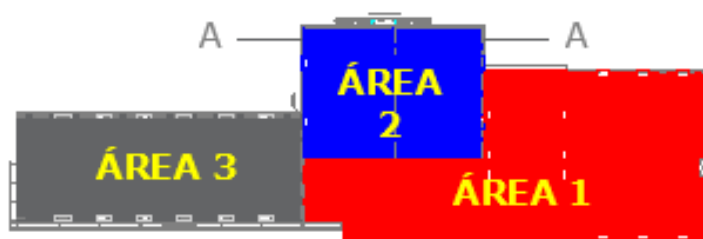
Em função do volume estimado de água potável consumido nos vasos sanitários e mictórios do bloco U, apresentados nas Tabelas 13 a 17, criou-se alguns cenários para definição do volume de água da chuva necessário para suprir tal demanda. Esses cenários, abaixo apresentados, leva em consideração área de captação e índices pluviométricos.

Para o cálculo do volume de água da chuva captável utilizou-se a Equação 1, subtraindo-se desta as primeiras águas, por conta de impurezas que habitam as superfícies das áreas de captação (telhados). Os coeficientes de escoamento superficial, C e $I_{\text{fator de captação}}$ foram definidos como 0,8. Como descarte das primeiras águas, considerou-se 1,5 litros por m^2 . Por conta desse volume inicial descartado, valores negativos aparecem na planilha de volume onde a planilha de índices pluviométricos consta zero (outubro de 2016).

5.1 CENÁRIO 1: ÁREA DE CAPTAÇÃO $A_1+A_2+A_3$

No cenário 1 (Figura 17) levantou-se o volume de água da chuva captável considerando todo o telhado do bloco U e áreas de platibanda. O resultado é apresentado na Tabela 21, abaixo.

Figura 17 - Cenário 1: Área de captação $A_1+A_2+A_3$ ($4.503,59 \text{ m}^2$)



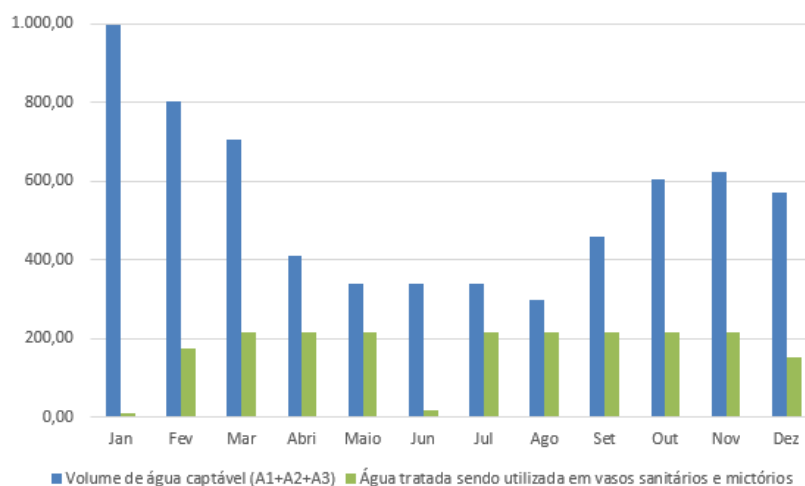
Fonte: Autor (2022)

Tabela 21 - Volume de água da chuva captável com área A1+A2+A3 (m³)

Média mensal	996,17	804,80	705,94	410,07	338,05	338,08	338,92	298,94	459,58	603,97	623,02	569,68
2019	699,49	1.019,02	634,96	611,09	566,21	265,88	75,79	60,60	589,71	690,93	315,54	473,29
2018	1.153,08	458,62	589,30	323,96	481,04	327,96	142,46	190,65	295,60	768,15	259,25	239,48
2017	1.179,37	589,30	780,05	562,96	948,41	220,37	57,32	229,56	470,64	613,74	394,60	690,93
2016	542,44	814,38	36,19	304,85	420,31	142,49	163,59	331,19	33,13	-6,70	45,41	401,84
2015	577,43	768,18	501,54	473,78	624,26	244,78	804,49	169,52	549,70	2.186,76	562,90	560,91
2014	412,39	667,18	667,18	555,35	382,41	863,47	109,17	207,74	413,54	72,85	279,22	767,20
2013	390,48	727,71	727,71	270,00	326,49	1079,64	269,42	287,01	418,73	352,72	682,17	572,07
2012	867,04	695,72	695,72	665,16	322,46	746,73	586,77	72,85	308,91	492,80	636,63	932,06
2011	1.442,81	822,25	822,25	393,80	131,36	265,68	516,15	977,32	458,50	671,22	417,86	895,46
2010	1.770,52	852,22	852,22	739,24	454,18	401,15	413,83	266,83	144,33	534,60	856,26	709,26
2009	1.157,75	770,66	770,66	228,50	152,69	215,53	699,17	451,87	994,90	433,72	472,05	472,05
2008	1.372,19	1.190,89	1.190,89	527,97	228,50	269,42	70,55	312,08	361,08	1.096,07	2.801,52	408,06
2007	961,46	731,74	731,74	316,12	627,41	56,42	213,80	160,76	304,01	461,67	495,68	855,40
2006	801,21	858,57	644,41	319,29	59,30	69,10	132,51	144,33	425,93	342,35	1.286,30	336,01
2005	1.255,46	224,46	419,02	498,57	344,65	214,08	451,87	539,50	710,42	600,02	595,99	336,87
2004	659,69	684,76	364,25	607,52	368,29	168,83	498,57	133,96	391,06	367,71	312,08	647,01
2003	842,14	840,98	651,04	151,54	145,77	233,97	193,04	91,59	319,00	216,39	281,24	621,93
2002	973,57	345,80	780,74	412,39	269,71	187,86	156,73	293,06	615,30	495,68	495,68	636,34
2001	792,27	1.720,95	1.202,14	493,67	547,57	550,74	516,15	133,96	706,09	625,10	410,66	277,21
2000	1.085,98	751,06	329,66	28,18	46,33	172,29	141,45	152,40	555,64	453,03	565,44	470,32
1999	1.315,41	1.095,78	913,04	294,21	280,09	270,00	802,36	70,83	476,95	495,11	765,18	536,90
1998	1.413,70	1.399,00	859,14	645,28	73,14	215,81	455,04	1.283,70	438,04	878,45	353,88	690,82
1997	1.044,19	481,27	550,45	61,90	269,42	214,95	195,06	432,56	416,42	1.291,78	1.294,37	462,25
1996	1.198,10	804,67	1.228,36	356,47	43,16	716,76	468,88	180,65	632,31	361,08	372,61	678,71
	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

Fonte: Autor (2022)

O Gráfico 4 compara o volume água captável com o volume consumido nos banheiros. Verifica-se um volume de captação muito maior que o necessário.

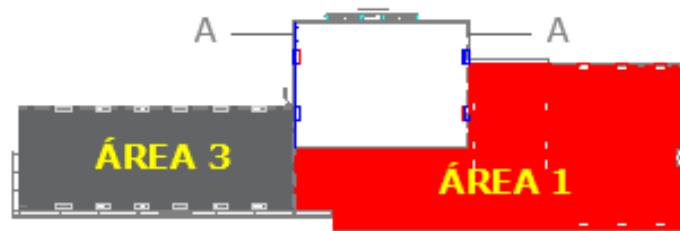
Gráfico 4 – Comparativo entre volume de água captável em A1+A2+A3 e o volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (m³)

Fonte: Autor (2022)

5.2 CENÁRIO 2: ÁREA DA CAPTAÇÃO A1+A3

Como cenário 2 (Figura 18) considerou-se área de captação A1+A3. O volume de água da chuva captável é apresentado na Tabela 22 abaixo.

Figura 18 - Cenário 2: Área de captação A1+A3 (3.507,17 m²).



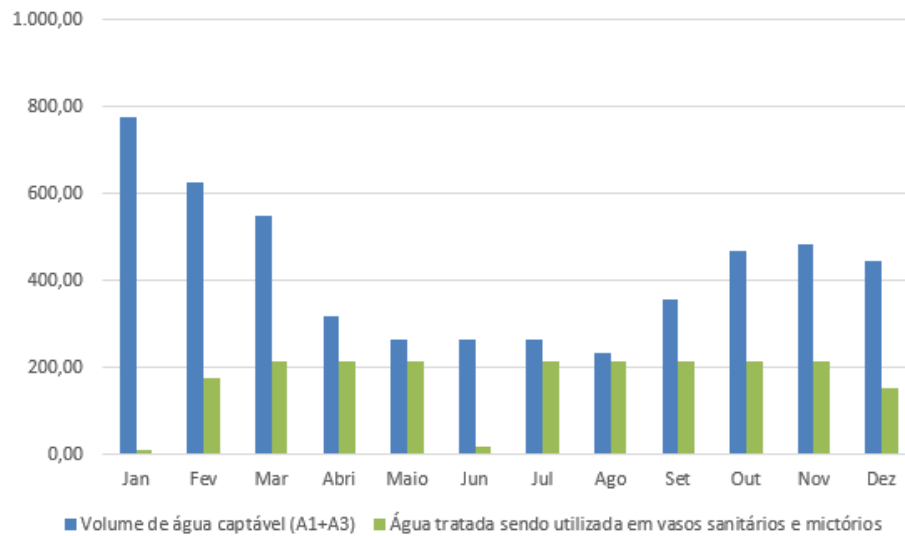
Fonte: Autor (2022)

Tabela 22 – Volume de água da chuva captável com área A1+A3 (m³)

Média mensal	774,19	625,46	548,64	318,70	262,72	262,75	263,40	232,33	357,17	469,39	484,19	442,74
2019	543,62	791,95	493,47	474,92	440,04	206,64	58,91	47,10	458,30	536,97	245,23	367,83
2018	896,13	356,43	457,99	251,77	373,85	254,89	110,72	148,17	229,73	596,98	201,48	186,12
2017	916,56	457,99	606,23	437,51	737,07	171,27	44,55	178,41	365,77	476,98	306,68	536,97
2016	421,56	632,91	28,13	236,92	326,66	110,74	127,14	257,40	25,76	-5,20	35,30	312,30
2015	448,76	597,00	389,78	368,21	485,16	190,24	625,23	131,75	427,21	1.699,46	437,47	435,92
2014	320,50	518,51	518,51	431,60	297,20	671,06	84,85	161,46	321,39	56,62	217,01	596,24
2013	303,47	565,55	565,55	209,84	253,74	839,06	209,39	223,06	325,42	274,13	530,16	444,59
2012	673,83	540,69	540,69	516,94	250,61	580,34	456,02	56,62	240,08	382,99	494,77	724,37
2011	1.121,30	639,02	639,02	306,05	102,10	206,48	401,14	759,54	356,34	521,65	324,75	695,92
2010	1.375,98	662,32	662,32	574,51	352,98	311,76	321,62	207,38	112,18	415,47	665,46	551,22
2009	899,76	598,93	598,93	177,58	118,67	167,50	543,38	351,18	773,20	337,07	366,86	366,86
2008	1.066,42	925,52	925,52	410,32	177,58	209,39	54,83	242,54	280,62	851,82	2.177,23	317,14
2007	747,22	568,69	568,69	245,68	487,60	43,86	166,16	124,94	236,27	358,80	385,23	664,78
2006	622,67	667,25	500,82	248,14	46,10	53,71	102,99	112,18	331,02	266,06	999,66	261,14
2005	975,70	174,45	325,65	387,47	267,86	166,38	351,18	419,28	552,11	466,32	463,18	261,81
2004	512,69	532,18	283,09	472,14	286,22	131,22	387,47	104,11	303,92	285,78	242,54	502,83
2003	654,48	653,58	505,97	117,78	113,30	181,84	150,03	71,18	247,92	168,18	218,58	483,34
2002	756,62	268,75	606,77	320,50	209,62	146,00	121,81	227,76	478,19	385,23	385,23	494,54
2001	615,73	1.337,46	934,26	383,66	425,55	428,02	401,14	104,11	548,75	485,81	319,15	215,44
2000	843,98	583,70	256,21	21,90	36,02	133,90	109,94	118,45	431,82	352,08	439,44	365,52
1999	1.022,29	851,60	709,58	228,66	217,68	209,84	623,57	55,06	370,67	384,78	594,67	417,26
1998	1.098,67	1.087,25	667,70	501,49	56,85	167,73	353,65	997,65	340,43	682,70	275,02	536,88
1997	811,50	374,03	427,79	48,11	209,39	167,06	151,60	336,18	323,63	1.003,92	1.005,94	359,25
1996	931,12	625,36	954,64	277,04	33,55	557,04	364,40	140,40	491,41	280,62	289,58	527,47
	Jan	Fev	Mar	Abri	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

Fonte: Autor (2022)

Gráfico 5 - Comparativo entre volume de água captável em A1+A3 e o volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (m³)

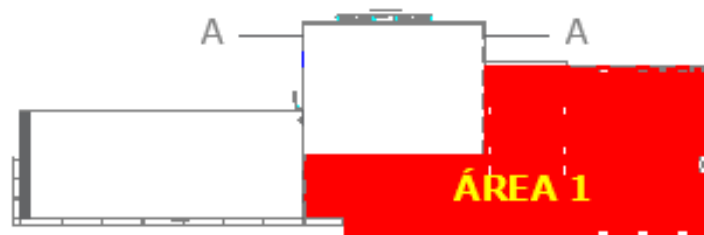


Fonte: Autor (2022)

5.3 CENÁRIO 3: ÁREA DA CAPTAÇÃO A1

Como cenário 3 (Figura 19) considerou-se apenas a área de captação A1. O volume de água da chuva captável é apresentado na Tabela 23 abaixo.

Figura 19 – Cenário 3: Área de captação A1 (2.233,38 m²).

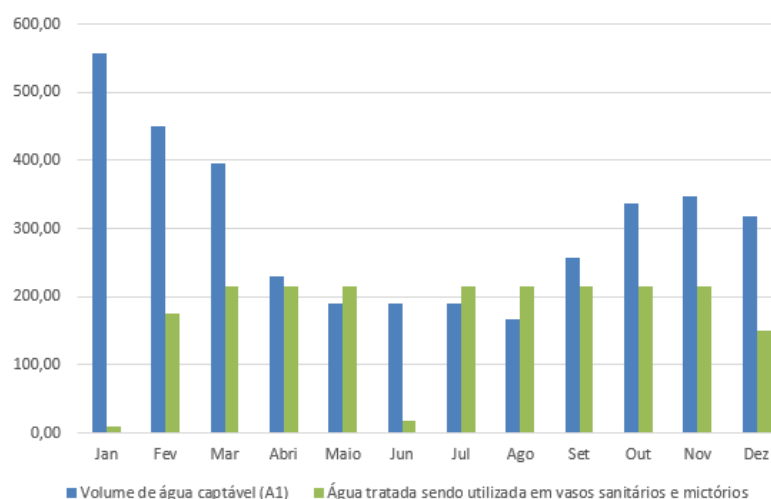


Fonte: Autor (2022)

Tabela 23– Volume de água da chuva captável com área A1 (m³)

Média mensal	556,89	449,99	394,77	229,50	189,27	189,29	189,76	167,42	257,16	337,81	348,45	318,66
2019	391,17	569,65	355,12	341,79	316,72	148,96	42,78	34,29	329,84	386,38	176,70	264,81
2018	644,53	256,62	329,62	181,40	269,14	183,64	80,02	106,94	165,56	429,52	145,25	134,21
2017	659,22	329,62	436,17	314,90	530,21	123,54	32,46	128,67	263,33	343,27	220,86	386,38
2016	303,44	455,34	20,66	170,72	235,22	80,03	91,82	185,44	18,95	-3,30	25,81	224,90
2015	322,98	429,53	280,59	265,09	349,15	137,17	449,82	95,14	307,49	1.221,93	314,87	313,76
2014	230,79	373,12	373,12	310,65	214,05	482,76	61,42	116,48	231,44	41,14	156,41	428,99
2013	218,56	406,93	406,93	151,26	182,82	603,51	150,94	160,76	234,34	197,47	381,49	319,99
2012	484,76	389,06	389,06	371,99	180,56	417,55	328,20	41,14	173,00	275,71	356,05	521,08
2011	806,37	459,74	459,74	220,41	73,82	148,85	288,75	546,35	256,55	375,37	233,85	500,63
2010	989,43	476,48	476,48	413,37	254,14	224,52	231,60	149,49	81,06	299,06	478,73	396,62
2009	647,14	430,92	430,92	128,08	85,73	120,83	390,99	252,85	556,18	242,71	264,12	264,12
2008	766,92	665,66	665,66	295,36	128,08	150,94	39,85	174,77	202,14	612,69	1.565,32	228,38
2007	537,50	409,18	409,18	177,02	350,90	31,96	119,87	90,24	170,26	258,33	277,32	478,25
2006	447,98	480,02	360,40	178,79	33,57	39,04	74,46	81,06	238,36	191,67	718,95	188,13
2005	701,72	125,82	234,50	278,93	192,96	120,03	252,85	301,80	397,27	335,61	333,35	188,61
2004	368,93	382,94	203,91	339,79	206,16	94,75	278,93	75,27	218,88	205,84	174,77	361,85
2003	470,85	470,20	364,10	85,09	81,87	131,14	108,27	51,60	178,63	121,31	157,54	347,84
2002	544,26	193,60	436,55	230,79	151,10	105,38	87,99	164,14	344,14	277,32	277,32	355,89
2001	442,99	961,73	671,93	276,20	306,30	308,07	288,75	75,27	394,85	349,61	229,83	155,29
2000	607,05	419,97	184,59	16,18	26,32	96,68	79,45	85,57	310,81	253,50	316,29	263,16
1999	735,21	612,53	510,45	164,78	156,90	151,26	448,63	40,01	266,86	277,00	427,86	300,35
1998	790,11	781,90	480,34	360,88	41,30	120,99	254,62	717,50	245,12	491,13	198,11	386,32
1997	583,71	269,27	307,91	35,02	150,94	120,51	109,40	242,06	233,05	722,01	723,45	258,65
1996	669,68	449,92	686,59	199,56	24,55	400,81	262,35	101,35	353,64	202,14	208,58	379,56
	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

Fonte: Autor (2022)

Gráfico 6 – Comparativo entre volume de água captável em A1 e o volume de água potável sendo utilizada em vasos sanitários e mictórios no bloco U (m³)

Fonte: Autor (2022)

5.4 CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Segundo Giacchini (2016) a escolha do método de dimensionamento adequado a cada situação é fundamental para o bom desempenho de um sistema de aproveitamento de água de chuva. Sobretudo, possibilita o dimensionamento do reservatório de forma satisfatória no que se refere ao atendimento ao consumo, a viabilidade econômica e a segurança sanitária e a sustentabilidade hídrica. Como já explicitado, foram definidos o Método de Rippl, Método de Azevedo Neto e Método Prático Inglês para calcular o volume do reservatório.

5.4.1 Método de Rippl

Pelo do método de Rippl tem-se:

Quadro 5– Volume do reservatório por Rippl

Rippl com A1+A2+A3				Rippl com A1+A3				Rippl com A1			
	D (t)	Q (t)	S (t)		D (t)	Q (t)	S (t)		D (t)	Q (t)	S (t)
jan	9,31	996,17	0	jan	9,31	774,19	0	jan	9,31	556,89	0
fev	175,25	804,80	0	fev	175,25	625,46	0	fev	175,25	449,99	0
mar	215,29	705,94	0	mar	215,29	548,64	0	mar	215,29	394,77	0
abr	215,29	410,07	0	abr	215,29	318,70	0	abr	215,29	229,50	0
mai	215,29	338,05	0	mai	215,29	262,72	0	mai	215,29	189,27	26,02
jun	18,18	338,08	0	jun	18,18	262,75	0	jun	18,18	189,29	0
jul	215,29	338,92	0	jul	215,29	263,40	0	jul	215,29	189,76	25,53
ago	215,29	298,94	0	ago	215,29	232,33	0	ago	215,29	167,42	47,87
set	215,29	459,58	0	set	215,29	357,17	0	set	215,29	257,16	0
out	215,29	603,97	0	out	215,29	469,39	0	out	215,29	337,81	0
nov	215,29	623,02	0	nov	215,29	484,19	0	nov	215,29	348,45	0
dez	150,49	569,68	0	dez	150,49	442,74	0	dez	150,49	318,66	0
	2.075,55	6.487,22	0,00		2.075,55	5.041,68	0,00		2.075,55	3.628,97	99,42
$V = \sum S_{(t)} = 0$				$V = \sum S_{(t)} = 0$				$V = \sum S_{(t)} = 99,42 \text{ m}^3$			

Fonte: Autor (2022)

5.4.2 Método de Azevedo Neto

Pelo do método de Azevedo Neto tem-se:

Quadro 6 – Volume do reservatório por Azevedo Neto

Azevedo Neto c/ A1+A2+A3	Azevedo Neto com A1+A3	Azevedo Neto com A1
$V = 0,042 * 189,88 * 4503,59 * 2$	$V = 0,042 * 189,88 * 3507,17 * 2$	$V = 0,042 * 189,88 * 2233,38 * 2$
$V = 71,83 \text{ m}^3$	$V = 55,94 \text{ m}^3$	$V = 35,62 \text{ m}^3$

Fonte: Autor (2022)

5.4.3 Método Prático Inglês

Pelo do método prático Inglês tem-se:

Quadro 7– Volume do reservatório por Azevedo Neto

Prático Inglês com A1+A2+A3	Prático Inglês com A1+A3	Prático Inglês com A1
$V = 0,05 * 189,88 * 4503,59$	$V = 0,05 * 189,88 * 3507,17$	$V = 0,05 * 189,88 * 2233,38$
$V = 42,76 \text{ m}^3$	$V = 33,29 \text{ m}^3$	$V = 21,20 \text{ m}^3$

Fonte: Autor (2022)

6 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Este Capítulo tem como objetivo analisar os resultados obtidos no estudo de caso realizado, mostrados no Capítulo 4.

O gráfico 2 apresenta o consumo médio mensal de água potável, obtido através da leitura das medições mensais do hidrômetro, e o consumo mensal estimado de água tratada utilizada para atender vasos sanitários e mictórios no bloco U do CTJ. Verificou-se que os pontos não nobres utilizam o equivalente a 55,21% do total de água potável consumida no bloco U do CTJ.

Com o volume estimado de água consumida mensalmente, nos vasos sanitários e mictórios, foram criados cenários para definir área de captação adequada para garantir o volume de água captável suficiente – em respeito aos dados pluviométricos locais – a fim de suprir a demanda do sistema.

No cenário 1 foi considerando todo o telhado da instituição como área de captação, retornando volumes captáveis muito acima do necessário para atender a demanda analisada (Gráfico 4). O cenário seguinte considerou A1+A3 como área de captação. A redução na área de captação sugerida no cenário 2 ainda retornou volumes captáveis muito além do necessário (Gráfico 5). As análises feitas em 1 e 2 avaliaram a implantação do sistema em cenários onde o consumo de água é muito inferior à disponibilidade de água de chuva ofertada, o que é típico de instalações de baixa demanda de água.

A análise tomando apenas A1 como área de captação mostrou que os volumes mensais captáveis se aproximam dos volumes mensais de uso, tendo inclusive os meses de maio, julho e agosto com consumo superior à oferta (Gráfico 6).

A análise entre oferta de água da chuva x consumo de água potável em pontos não nobres no bloco U se mostrou eficiente uma vez que o volume de águas pluviais disponível é capaz de suprir 100% do consumo, durante todos os meses do ano.

Com relação ao reservatório de armazenamento de água da chuva, para os três cenários foram calculados volumes através dos métodos de Rippl, Azevedo Neto e Prático Inglês.

Quadro 8 – Cálculos de cenários considerando métodos de Rippl, Azevedo Neto e Prático Inglês

CENÁRIOS	MÉTODO	VOLUME (m ³)	OBS
Cenário 1 (A1+A2+A3)	Rippl	zero	over flow
	Azevedo Neto	71,83	
	Prático Inglês	42,76	
Cenário 2 (A1+A3)	Rippl	zero	over flow
	Azevedo Neto	55,94	
	Prático Inglês	33,29	
Cenário 3 (A1)	Rippl	99,42	
	Azevedo Neto	35,62	
	Prático Inglês	21,20	

Fonte: Autor (2022)

Para a definição do volume do reservatório de água pluvial, optou-se por Rippl pois leva em consideração e avalia o balanço hídrico, no intuito de equalizar a vazão, ao passo que Azevedo Neto e Prático Inglês apresentam uma fórmula única e fixa, além de ter retornado valor mais coerente quando comparado com os volumes de água levantados no trabalho.

Para calcular o volume do reservatório de água pluvial, o Método de Rippl considera que, em algum período da análise, a demanda de consumo deva ser maior que o volume de chuva aproveitável. Assim o volume do reservatório equivale ao somatório dos momentos em que o uso de água supera sua disponibilidade. Por esse motivo retorna volume apenas para o cenário 3. Para os cenários 1 e 2 devido ao fato que em todos os meses do ano, o volume de chuva captável é muitas vezes superior à demanda de água – resultado das altas áreas de captação – verifica-se a ocorrência de over flow, ou seja, verifica-se oferta de água em todos os meses do ano superior ao consumo e o Método não retorna volume de reservatório com esse cenário. Assim sendo, dentre as hipóteses de Rippl, para análise do sistema de aproveitamento de águas pluviais, optou-se pelo cenário 3, por viabilizar a implantação, uma vez que retorna volume do reservatório, sendo este 99,42 m³.

De acordo com os dados pluviométricos analisados, por conta dos volumes mensais captáveis, se executado, o reservatório sempre será capaz de atender a demanda dos pontos analisados. Os meses de janeiro e junho, por consumirem menos água que o volume do

reservatório, respectivamente 9,31 m³ e 18,18 m³ são meses que acumularão água para consumo no mês seguinte.

Se implantado, o sistema passa a contribuir reduzindo o consumo de água potável em aproximadamente 172,96 m³/mês – valor condizente com os apresentados na fundamentação – e conseqüente economia financeira anual de R\$ 18.472,13. Sabe-se que este valor tende a ser ainda maior pois existem outras demandas no bloco U que utilizam água potável sem essa necessidade, como limpeza de banheiros, calçadas, pátios, estacionamento, rega de plantas e outras.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs analisar o potencial para implantação de sistema de aproveitamento da água da chuva no bloco de salas de aula do Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

O trabalho foi desenvolvido através de seis etapas: 1) o entendimento do manejo e consumo da água nas edificações; 2) análises e condicionantes para o aproveitamento das águas pluviais; 3) os métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais; 4) o levantamento dos dados necessários para análises do sistema; 5) o desenvolvimento de cenários de análise; 6) as análises dos resultados e a obtenção de indicadores de qualidade e eficiência do sistema

Com o desenvolvimento das etapas os objetivos propostos foram alcançados, de modo que:

- Observou-se a relevância dos dados pluviométricos e das características da edificação para eficiência do sistema de aproveitamento de águas da chuva;
- Constatou-se a necessidade de normas específicas para, em conjunto com as referências, auxiliar na definição de dados estimados;
- Levantou-se o volume de água tratada a ser substituído por água da chuva, a partir de dados estimados;
- Levantou-se as informações e dados necessários para a simulação de implantação do sistema;
- Constatou-se que, dentre os cenários simulados, o que apresenta área de captação A1 calculado pelo método de Rippl retornou as melhores condições de aplicação e eficiência do sistema;
- Definiu-se o volume de água da chuva captável, com base na série histórica pluviométrica analisada na área de captação A1 e aplicação de Rippl;
- Estimou-se o retorno financeiro gerado pelo sistema analisado, se implantado.

Com os objetivos do trabalho alcançados, notou-se a validade do método de estudo para a caracterização de cenários de análise e determinação da capacidade do sistema de aproveitamento de águas da chuva.

Nesse sentido, a estrutura metodológica utilizada permitiu verificar que o sistema, como foi proposto, é capaz de suprir a demanda por água nos pontos não nobres, uma vez que a volume de água captável supre as demandas de consumo nos pontos analisados no bloco U.

O desenvolvimento do trabalho contribuiu para as seguintes ponderações:

- A estimativa de consumo de uso final de água pode ser considerada uma aproximação, entretanto, levando em conta o perfil da população e suas características socioculturais, essa aproximação pode apresentar variações amplas que devem ser investigadas com maior rigor. Para este trabalho, a aproximação considera as estimativas feitas por estudos com população de perfil sociocultural considerados semelhantes, já que tratam de uso e localização geográfica semelhantes.
- A sazonalidade entre disponibilidade e uso de água é evidente visto que, os meses com maiores índices pluviométricos correspondem aos meses de menor consumo, resultando em sobra de água da chuva. Essa água deve ser acumulada para uso nos meses de menor disponibilidade e maior utilização.
- O custo associado ao sistema repercute sobre sua implantação. A relutância da utilização de água de chuva acontece porque a instalação do sistema exige investimentos iniciais e seu retorno se dá a médio ou longo prazo.

Para trabalhos futuros relacionados ao tema sugere-se:

- A implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais: realizar a análise da viabilidade econômica para a implantação do sistema proposto de aproveitamento de água pluvial no bloco U UFSC-Joinville;
- Identificar do real consumo de água tratada sendo utilizada nos vasos sanitários e mictórios: instalar hidrômetro ou outro dispositivo com função de monitorar e descrever o real consumo da água tratada para fins não nobres.

A implementação do uso racional da água consiste em sistematizar as intervenções que devem ser realizadas em uma edificação, de tal forma que as ações de redução do consumo sejam resultantes de amplo conhecimento do sistema, garantindo sempre a qualidade necessária para a realização das atividades consumidoras, com o mínimo de desperdício.

Esta metodologia possui atuação na demanda de água da edificação. No entanto, cabe salientar que, na maioria das edificações a água potável é utilizada para a realização todas as atividades, independentemente de uma análise prévia da qualidade da água. A evolução do conceito do uso racional para a conservação de água consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior. (ANA 2005)

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conservação e reuso da água em edificações. 2005.** Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 07 set. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura Recursos Hídricos do Brasil 2017.** Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/uso_agua.f9c46ece.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Relatório conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021.** Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io>>. Acesso em: 03 jun. 2021.

_____. **Aproveitamento de água de chuva.** 2 ed. Editora Navegar: São Paulo/SP, 2003.

ÁREA irrigada pode crescer em até 10 vezes. GIFC – Grupo de irrigação e fertirrigação da cana-de-açúcar. 09 jun. 2015. Disponível em: <<https://www.gifc.com.br/area-irrigada-pode-crescer-em-ate-10-vezes-diz-estudo/>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

_____. **NBR 5626: Instalação Predial de Água Fria.** Rio de Janeiro, 1998. Disponível em <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-05626-1998-instalac3a7c3a3o-predial-de-c3a1gua-fria.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

_____. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-10844-1989-instalac3a7c3b5es-prediais-de-c3a1guas-pluviais.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

_____. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-água-da-chuva.pdf>. Acesso em: 20 out. 2019.

AZEVEDO NETTO, J. M. Manual de hidráulica. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

BENETTI, H.P.; JUNGLES, A.E. **Avaliação do PBQP-H em empresas de construção no sudoeste do Paraná.** Unochapecó. Desempenho de Sistemas Construtivos. Workshop, 2006.

BERTUZZI, Giovanna Kiehn. **Potencial de economia de água potável, viabilidade econômica e qualidade da água de sistema de aproveitamento de água de chuva para confecção de concreto em fábrica de Pré-moldados de concreto.** 95 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/192210/TCC_Giovanna_Kiehn_Bertuzzi.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 jan. 2022.

BRUCH, Julia Teresa. **Projeto de Instalações Hidrossanitárias com aquecimento solar e aproveitamento de água pluvial em uma edificação residencial.** 88p. Trabalho de Conclusão

de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/187890>. Acesso em: 21 jan. 2022.

CHERNICHARO, C.A.L.; RUTKOWSKI, E.W.; JUNIOR, I.V.; CASSINI, S.T.A. Qualidade da água e padrões de potabilidade: abastecimento de água: guia do profissional em treinamento: nível 2. Belo Horizonte: ReCESA, 80 p. 2017.

COSTA, Carlos Alexandre Gomes. Umidade do solo e disponibilidade hídrica na zona das raízes em condições naturais de caatinga reservada. 182 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2012. Disponível em: <https://library.org/document/zkwpno8z-umidade-solo-hidrica-raizes-condicoes-naturais-caatinga-preservada.html>. Acesso em: 22 dez. 2021.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPTÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução história da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. 2019.

D’ALESSANDRO, D.; TEDESCO, P.; REBECCHI, A.; CAPOLONGO, S. (2016) Water use and water saving in Italian hospitals. A preliminar investigation. **Annali dell’Istituto Superiore di Sanità**, v. 52, n. 1, p. 56- 62.

FUVESTIBULAR. **Clima e domínios morfoclimáticos do Brasil**. Disponível em: <https://fuvestibular.com.br/downloads/apostilas/vestibulando-digital/Geografia-Brasil/3-Clima-e-dominios-morfoclimaticos-do-Brasil.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.

UFSC JOINVILLE. Como chegar na UFSC Joinville. Comunicação Institucional/UFSC Joinville. 03 set. 2018. Disponível em: <https://joinville.ufsc.br/2018/03/12/como-chegar-na-ufsc-joinville/>. Acesso em: 07 set 2019.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: **Manual de educação**. Brasília: Consumers International/MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1991.

GIACCHINI, Margolaine. O método de Rippl para dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento da água da chuva. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**. Foz do Iguaçu, 2016. Disponível em: <https://confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/contecc2016/civil/o%20m%C3%A9todo%20de%20ripl%20para%20dimensionamento%20de%20reservat%C3%B3rios%20de%20sistemas%20de%20aproveitamento%20da%20C3%A1gua%20de%20chuva.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2022.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, p. 411-437, 2003.

Lei nº 8.080. **Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reuso da Água em Edificações no município de Florianópolis**. Disponível em: <

<https://rainmap.com.br/florianopolis-e-o-sistema-de-aproveitamento-da-agua-de-chuva-o-que-diz-a-nossa-legislacao/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

Programa de Pesquisas de Saneamento Básico – PROSAB, 2006. REDE COOPERATIVA DE PESQUISAS. Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas. UFES, UFSC, UNICAMP, IPT. Vitória – ES.

OLIVEIRA, L. H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifício. 1999. 344p. **Tese (Doutorado em Engenharia Civil)** – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino**: estudo de caso em Florianópolis-SC, 2007 118 p. Trabalho de conclusão de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <www.labee.ufsc.br/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_KellyMarinoski.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2021.

MELLO, Y. R. de.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. de. Análise da precipitação mensal provável para o município de Joinville (SC) e Região. **Revista Brasileira de climatologia**, ano 11, v.17, jul/dez, 2015.

MORUZZI, R. B.; DE SOUSA JÚNIOR, W. C.; ARDUINO J.; DE JULIO, M. Avaliação do aproveitamento de água pluvial para atendimento de uso não potável no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 17-28, 2016.

NÓBREGA, R. L. B *et al.* Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p.81-93, 2011. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/2/1a7ea7c2516903f225f43fc9554628a0_26d812a1fdf0258cd83f3de9d2116884.pdf. Acesso em: 29 jan. 2022.

O USO DA ÁGUA E A AGRICULTURA. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267373079_o_uso_da_agua_e_a_agricultura>. Acesso em: 9 out. 2021.

O USO DIRETO E INDIRETO PLANEJADO DA ÁGUA. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/direito/o-reuso-direto-e-indireto-planejado-da-agua/63897>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

SILVEIRA, Bruna Quick. Reuso da água pluvial em edificações residenciais. 2008. 44 f. Dissertação (Monografia) - Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG, 2008.

PINNI. Revista Técnica - Edição 135 (16-06-2008) PDF | PDF (scribd.com). Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/392434622/Techne-Edicao-135-16-06-2008-pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2019.

SABESP. **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 22 an. 2022.

SILVEIRA, Fábio Alves. Viabilidade técnica para o aproveitamento da água da chuva em Rio Negrinho/SC.2008. Universidade Federal de Santa Catarina Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124460/172.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

STOODI. **Clima: o guia completo sobre o assunto!** Disponível em: <<http://www.stoodi.com.br/blog/geografia/clima>>. Acesso em: 22 jun. 2022.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água:** interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar, 2003.

UNIVILLE. Dados meteorológicos. Disponível em: https://www.univille.edu.br/pt_br/maisuniville/metereologia/dados_meteorologicos/64589. Acesso em: 9 ago. 2021.

ANEXOS

ANEXO A - NBR 10844:1989 – INSTALAÇÕES PLUVIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Cópia não autorizada



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13-28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 220-1762/220-6436
Endereço Telegráfico:
NORMATECNICA

Copyright © 1989,
ABNT - Associação Brasileira de
Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

DEZ 1989

NBR 10844

Instalações prediais de águas pluviais

Procedimento

Origem: Projeto NB-611/1981
CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil
CE-02:009.10 - Comissão de Estudo de Instalações Prediais de águas Pluviais
NBR 10844 - Draining of roofs and paved areas - Code of practice - Procedure
Descriptors: Drainage of roofs. Storm water
Esta Norma substitui a NB-611/1981
Reimpressão da NB-611, DEZ 1988

Palavras-chave: Instalação predial. Água pluvial

13 páginas

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- ANEXO - Tabela 5

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.

1.2 Esta Norma se aplica à drenagem de águas pluviais em coberturas e demais áreas associadas ao edifício, tais como terraços, pátios, quintais e similares. Esta Norma não se aplica a casos onde as vazões de projeto e as características da área exijam a utilização de bocas-de-lobo e galerias.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 5580 - Tubos de aço-carbono para rosca Whitworth gás para usos comuns na condução de fluidos - Especificação

NBR 5645 - Tubo cerâmico para canalizações - Especificação

NBR 5680 - Tubo de PVC rígido - dimensões - Padronização

NBR 5885 - Tubos de aço para usos comuns na condução de fluidos - Especificação

NBR 6184 - Produtos de cobre e ligas de cobre em chapas e tiras - Requisitos gerais - Especificação

NBR 6663 - Chapas finas de aço-carbono e de aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos gerais - Padronização

NBR 6647 - Folhas-de-flandres simplesmente reduzidas - Especificação

NBR 7005 - Chapas de aço-carbono zincadas pelo processo semicontínuo de imersão a quente - Especificação

NBR 7196 - Folha de telha ondulada de fibrocimento - Procedimento

NBR 8056 - Tubo coletor de fibrocimento para esgoto sanitário - Especificação

NBR 8161 - Tubos e conexões de ferro fundido para esgoto e ventilação - Formatos e dimensões - Padronização

NBR 9793 - Tubo de concreto simples de seção circular para águas pluviais - Especificação

NBR 9794 - Tubo de concreto armado de seção circular para águas pluviais - Especificação

NBR 9814 - Execução de rede coletora de esgoto sanitário - Procedimento

NBR 10843 - Tubos de PVC rígido para instalações prediais de águas pluviais - Especificação

3 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as Definições de 3.1 a 3.23.

3.1 Altura pluviométrica

Volume de água precipitada por unidade de área horizontal.

3.2 Área de contribuição

Soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação.

3.3 Bordo livre

Prolongamento vertical da calha, cuja função é evitar transbordamento.

3.4 Caixa de areia

Caixa utilizada nos condutores horizontais destinados a recolher detritos por deposição.

3.5 Calha

Canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino.

3.6 Calha de água-furtada

Calha instalada na linha de água-furtada da cobertura.

3.7 Calha de beiral

Calha instalada na linha de beiral da cobertura.

3.8 Calha de platibanda

Calha instalada na linha de encontro da cobertura com a platibanda.

3.9 Conductor horizontal

Canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais.

3.10 Conductor vertical

Tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício.

3.11 Diâmetro nominal

Simple número que serve para classificar, em dimen-

sões, os elementos de tubulações (tubos, conexões, condutores, calhas, bocais, etc.), e que corresponde aproximadamente ao diâmetro interno da tubulação em milímetros. O diâmetro nominal (DN) não deve ser objeto de medição nem ser utilizado para fins de cálculos.

3.12 Duração de precipitação

Intervalo de tempo de referência para a determinação de intensidades pluviométricas.

3.13 Funil de saída

Saída em forma de funil.

3.14 Intensidade pluviométrica

Quociente entre a altura pluviométrica precipitada num intervalo de tempo e este intervalo.

3.15 Perímetro molhado

Linha que limita a seção molhada junto às paredes e ao fundo do condutor ou calha.

3.16 Período de retorno

Número médio de anos em que, para a mesma Duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou ultrapassada apenas uma vez.

3.17 Ralo

Caixa dotada de grelha na parte superior, destinada a receber águas pluviais.

3.18 Ralo hemisférico

Ralo cuja grelha tem forma hemisférica.

3.19 Ralo plano

Ralo cuja grelha tem forma plana.

3.20 Saída

Orifício na calha, cobertura, terraço e similares, para onde as águas pluviais convergem.

3.21 Seção molhada

Área útil de escoamento em uma seção transversal de um condutor ou calha.

3.22 Tempo de concentração

Intervalo de tempo decorrido entre o início da chuva e o momento em que toda a área de contribuição passa a contribuir para determinada seção transversal de um condutor ou calha.

3.23 Vazão de projeto

Vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas.

4 Condições gerais

4.1 Materiais

4.1.1 As calhas devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, (NBR 7005, NBR 6663), folhas-de-flandres (NBR 6647), chapas de cobre (NBR 6184), aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.

4.1.2 Nos condutores verticais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido (NBR 8161), fibrocimento, PVC rígido (NBR 10843, NBR 5680), aço galvanizado (NBR 5580, NBR 5885), cobre, chapas de aço galvanizado (NBR 6663, NBR 7005), folhas-de-flandres (NBR 6647), chapas de cobre (NBR 6184), aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.

4.1.3 Nos condutores horizontais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido (NBR 8161), fibrocimento (NBR 8056), PVC rígido (NBR 10843, NBR 5680), aço galvanizado (NBR 5580, NBR 5885), cerâmica vidrada (NBR 5645), concreto (NBR 9793, NBR 9794), cobre, canais de concreto ou alvenaria.

4.1.3.1 Para tubulações enterradas em locais sujeitos a cargas móveis na superfície do solo e do reaterro, observar as recomendações específicas relativas ao assunto.

4.2 instalações de drenagem de águas pluviais

4.2.1 Estas devem ser projetadas de modo a obedecer às seguintes exigências:

- a) recolher e conduzir a Vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- b) ser estanques;
- c) permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- d) absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidas;
- e) quando passivas de choques mecânicos, ser constituídas de materiais resistentes a estes choques;
- f) nos componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;
- g) nos componentes em contato com outros materiais de construção, utilizar materiais compatíveis;
- h) não provocar ruídos excessivos;
- i) resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- j) ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

4.2.2 As águas pluviais não devem ser lançadas em redes de esgoto usadas apenas para águas residuárias (despejos, líquidos domésticos ou industriais) (Ver NBR 9814).

4.2.3 A instalação predial de águas pluviais se destina exclusivamente ao recolhimento e condução das águas pluviais, não se admitindo quaisquer interligações com outras instalações prediais.

4.2.4 Quando houver risco de penetração de gases, deve ser previsto dispositivo de proteção contra o acesso destes gases ao interior da instalação.

5 Condições específicas

5.1 Fatores meteorológicos

5.1.1 A determinação da intensidade pluviométrica "I", para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a Duração de precipitação e o período de retorno. Tomam-se como base dados pluviométricos locais.

5.1.2 O período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, obedecendo ao estabelecido a seguir:

T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;

T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços;

T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

5.1.3 A duração de precipitação deve ser fixada em t = 5min.

5.1.3.1 Se forem conhecidos, com precisão, valores de tempo de concentração e houver dados de intensidade pluviométrica correspondentes, estes podem ser utilizados. Isto é permitido quanto a outros valores de período de retorno para obras especiais.

5.1.4 Para construção até 100m² de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar: I = 150mm/h.

5.1.5 A ação dos ventos deve ser levada em conta através da adoção de um ângulo de inclinação da chuva em relação à horizontal igual a $\arctg \theta$, para o cálculo da quantidade de chuva a ser interceptada por superfícies inclinadas ou verticais. O vento deve ser considerado na direção que ocasionar maior quantidade de chuva interceptada pelas superfícies consideradas (Ver Figura 1).

5.2 Área de contribuição

5.2.1 No cálculo da área de contribuição, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura (Ver Figura 2 e NBR 7196).

5.3 Vazão de projeto

5.3.1 A vazão de projeto deve ser calculada pela fórmula:

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

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m²

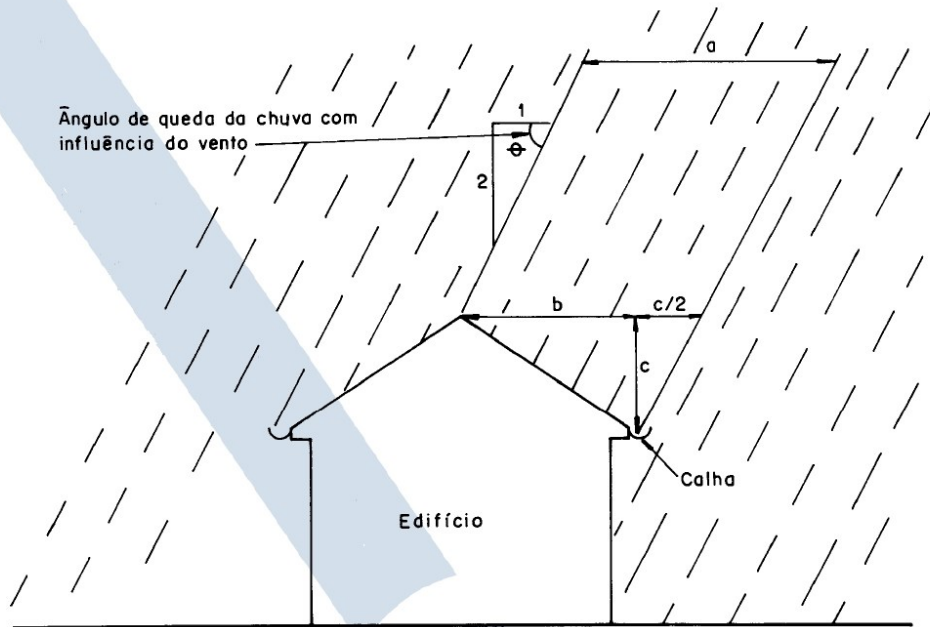


Figura 1 - Influência do vento na inclinação da chuva

/FIGURA 2

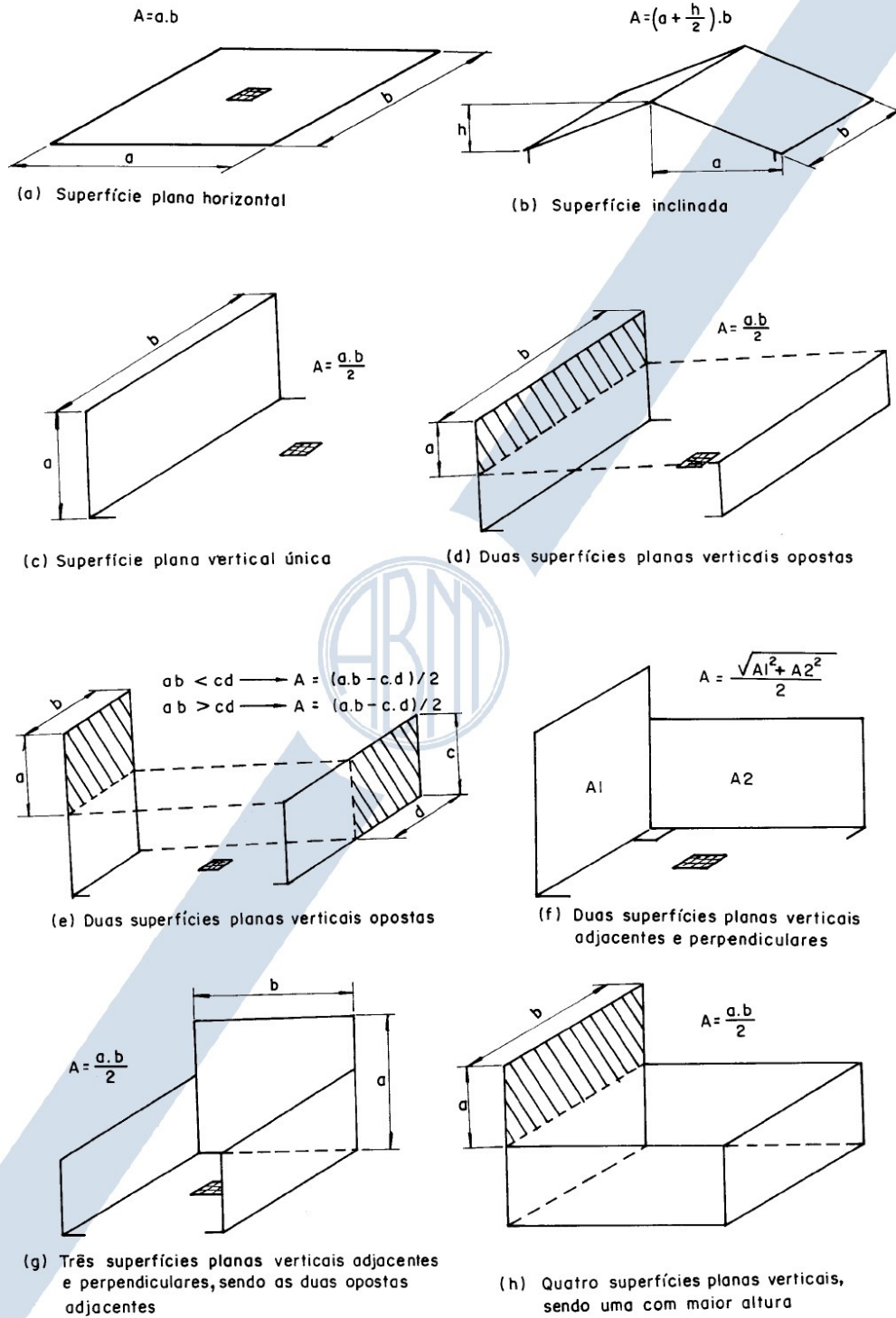


Figura 2 - Indicações para cálculos da área de contribuição

5.4 Coberturas horizontais de laje

5.4.1 As coberturas horizontais de laje devem ser projetadas para evitar empoçamento, exceto aquele tipo de acumulação temporária de água, durante tempestades, que pode ser permitido onde a cobertura for especialmente projetada para ser impermeável sob certas condições.

5.4.2 As superfícies horizontais de laje devem ter declividade mínima de 0,5%, de modo que garanta o escoamento das águas pluviais, até os pontos de drenagem previstos.

5.4.3 A drenagem deve ser feita por mais de uma saída, exceto nos casos em que não houver risco de obstrução.

5.4.4 Quando necessário, a cobertura deve ser subdividida em áreas menores com caimentos de orientações diferentes, para evitar grandes percursos de água.

5.4.5 Os trechos da linha perimetral da cobertura e das eventuais aberturas na cobertura (escadas, clarabóias etc.) que possam receber água, em virtude do caimento, devem ser dotados de platibanda ou calha.

5.4.6 Os raios hemisféricos devem ser usados onde os raios planos possam causar obstruções.

5.5 Calhas

5.5.1 As calhas de beiral e platibanda devem, sempre que possível, ser fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura e o mais próximo desta.

5.5.2 A inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5%.

5.5.3 As calhas de água-furtada têm inclinação de acordo com o projeto da cobertura.

5.5.4 Quando a saída não estiver colocada em uma das extremidades, a vazão de projeto para o dimensionamento das calhas de beiral ou platibanda deve ser aquela correspondente à maior das áreas de contribuição.

5.5.5 Quando não se pode tolerar nenhum transbordamento ao longo da calha, extravasores podem ser previstos como medida adicional de segurança. Nestes casos, eles devem descarregar em locais adequados.

5.5.6 Em calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção, a Vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes da Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

Tipo de curva	Curva a menos de 2 m da saída da calha	Curva entre 2 e 4m da saída da calha
canto reto	1,2	1,1
canto arredondado	1,1	1,05

5.5.7 O dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir, ou de qualquer outra fórmula equivalente:

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min

S = área da seção molhada, em m²

n = coeficiente de rugosidade (Ver Tabela 2)

R = raio hidráulico, em m

$P_H = \frac{P}{S}$ perímetro molhado, em m

i = declividade da calha, em m/m

K = 60.000

5.5.7.1 A Tabela 2 indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade

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

5.5.7.2 A Tabela 3 fornece as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade n = 0,011 para alguns valores de declividade. Os valores foram calculados utilizando a fórmula de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

Tabela 3 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade n = 0,011 (Vazão em L/min)

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

5.6 Condutores verticais

5.6.1 Os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada. Quando houver necessidade de desvio, devem ser usadas curvas de 90º de

raio longo ou curvas de 45º e devem ser previstas peças de inspeção.

5.6.2 Os condutores verticais podem ser colocados externa e internamente ao edifício, dependendo de considerações de projeto, do uso e da ocupação do edifício e do material dos condutores.

5.6.3 O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70mm.

5.6.4 O dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados:

Q = Vazão de projeto, em L/min

H = altura da lâmina de água na calha, em mm

L = comprimento do condutor vertical, em m

Nota: O diâmetro interno (D) do condutor vertical é obtido através dos ábacos da Figura 3.

5.6.4.1 Para calhas com saída em aresta viva ou com funil de saída, deve-se utilizar, respectivamente, o ábaco (a) ou (b)

dados: Q (L/min), H (mm) e L (m)

- H incógnita: D (mm)

- Procedimento: levantar uma vertical por Q até interceptar as curvas de H e L correspondentes. No caso de não haver curvas dos valores de H e L, interpolar entre as curvas existentes. Transportar a interseção mais alta até o eixo D. Adotar o diâmetro nominal cujo diâmetro interno seja superior ou igual ao valor encontrado.

5.6.4.2 Os ábacos foram construídos para condutores verticais rugosos (coeficiente de atrito $f = 0,04$) com dois desvios na base.

5.7 Condutores horizontais

5.7.1 Os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%.

/FIGURA 3



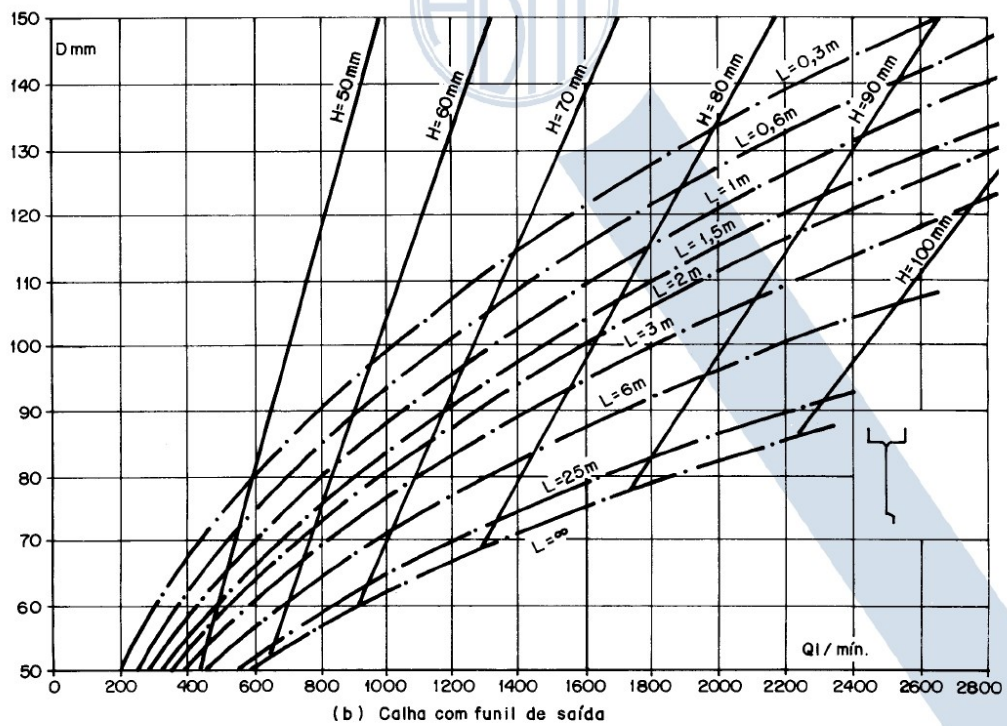
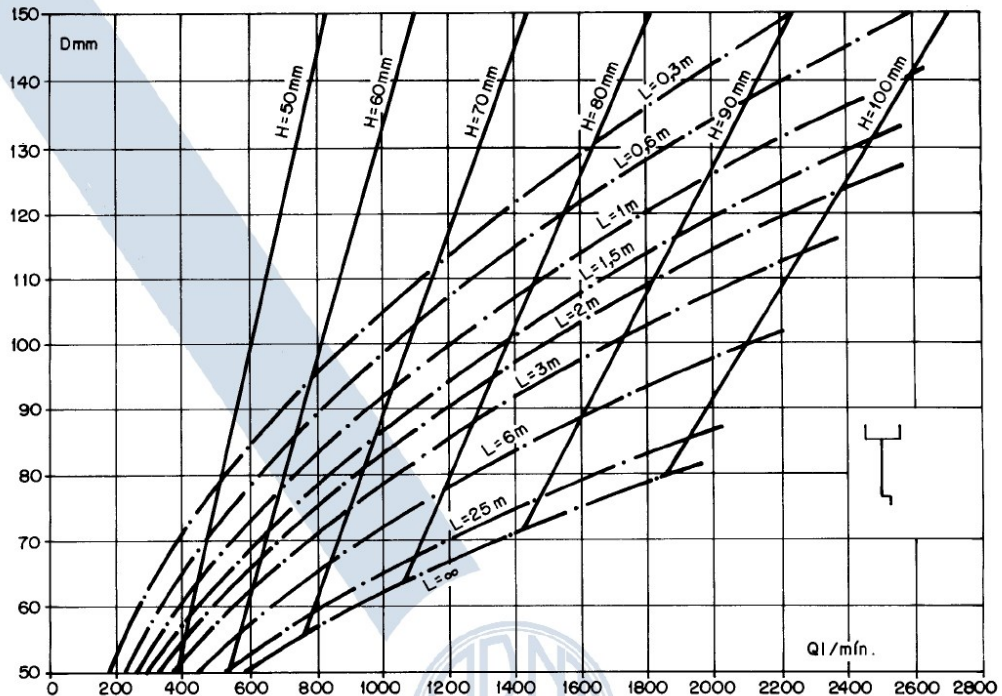


Figura 3 - Âbacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais

5.7.2 O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. As vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão indicadas na Tabela 4.

5.7.3 Nas tubulações aparentes, devem ser previstas inspeções sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m nos percursos retilíneos.

5.7.4 Nas tubulações enterradas, devem ser previstas caixas de areia sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m nos percursos retilíneos.

5.7.5 A ligação entre os condutores verticais e horizontais é sempre feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado.

Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

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

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.



ANEXO - Tabela 5

Tabela 5 - Chuvas intensas no Brasil (Duração - 5min)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
1 - Alegrete/RS	174	238	313(17)
2 - Alto Itatiaia/RJ	124	164	240
3 - Alto Tapajós/PA	168	229	267(21)
4 - Alto Teresópolis/RJ	114	137(3)	-
5 - Aracaju/SE	116	122	126
6 - Avaré/SP	115	144	170
7 - Bagé/RS	126	204	234(10)
8 - Barbacena/MG	156	222	265(12)
9 - Barra do Corda/MA	120	128	152(20)
10 - Bauru/SP	110	120	148(9)
11 - Belém/PA	138	157	185(20)
12 - Belo Horizonte/MG	132	227	230(12)
13 - Blumenau/SC	120	125	152(15)
14 - Bonsucesso/MG	143	196	-
15 - Cabo Frio/RJ	113	146	218
16 - Campos/RJ	132	206	240
17 - Campos do Jordão/SP	122	144	164(9)
18 - Catalão/GO	132	174	198(22)
19 - Caxambu/MG	106	137(3)	-
20 - Caxias do Sul/RS	120	127	218
21 - Corumbá/MT	120	131	161(9)
22 - Cruz Alta/RS	204	246	347(14)
23 - Cuiabá/MT	144	190	230(12)
24 - Curitiba/PR	132	204	228
25 - Encruzilhada/RS	106	126	158(17)
26 - Fernando de Noronha/FN	110	120	140(6)
27 - Florianópolis/SC	114	120	144
28 - Formosa/GO	136	176	217(20)
29 - Fortaleza/CE	120	156	180(21)
30 - Goiânia/GO	120	178	192(17)
31 - Guaramiranga/CE	114	126	152(19)
32 - Iraí/RS	120	198	228(16)
33 - Jacarezinho/PR	115	122	146(11)
34 - João Pessoa/PB Pessoa/PB	115	140	163(23)
35 - Juaretê/AM	192	240	288(10)
36 - km 47 - Rodovia Presidente Dutra/RJ	122	164	174(14)
37 - Lins/SP	96	122	137(13)
38 - Maceió/AL	102	122	174
39 - Manaus/AM	138	180	198
40 - Natal/RN	113	120	143(19)
41 - Nazaré/PE	118	134	155(19)
42 - Niterói/RJ	130	183	250
43 - Nova Friburgo/RJ	120	124	156
44 - Olinda/PE	115	167	173(20)
45 - Ouro Preto/MG	120	211	-
46 - Paracatu/MG	122	233	-
47 - Paranaguá/PR	127	186	191(23)
48 - Paratins/AM	130	200	205(13)
49 - Passa Quatro/MG	118	180	192(10)
50 - Passo Fundo/RS	110	125	180
51 - Petrópolis/RJ	120	126	156
52 - Pinheiral/RJ	142	214	244
53 - Piracicaba/SP	119	122	151(10)
54 - Ponta Grossa/PR	120	126	148

/continua

/continuação

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
55 - Porto Alegre/RS	118	146	167 (21)
56 - Porto Velho/RO	130	167	184 (10)
57 - Quixeramobim/CE	115	121	126
58 - Resende/RJ	130	203	264
59 - Rio Branco/AC	126	139 (2)	-
60 - Rio de Janeiro/RJ (Bangu)	122	156	174 (20)
61 - Rio de Janeiro/RJ (Ipanema)	119	125	160 (15)
62 - Rio de Janeiro/RJ (Jacarepaguá)	120	142	152 (6)
63 - Rio de Janeiro/RJ (Jardim Botânico)	122	167	227
64 - Rio de Janeiro/RJ (Praça XV)	120	174	204 (14)
65 - Rio de Janeiro/RJ (Praça Saenz Peña)	125	139	167 (18)
66 - Rio de Janeiro/RJ (Santa Cruz)	121	132	172 (20)
67 - Rio Grande/RS	121	204	222 (20)
68 - Salvador/BA	108	122	145 (24)
69 - Santa Maria/RS	114	122	145 (16)
70 - Santa Maria Madalena/RJ	120	126	152 (7)
71 - Santa Vitória do Palmar/RS	120	126	152 (18)
72 - Santos/SP	136	198	240
73 - Santos-Itapema/SP	120	174	204 (21)
74 - São Carlos/SP	120	178	161 (10)
75 - São Francisco do Sul/SC	118	132	167 (18)
76 - São Gonçalo/PB	120	124	152 (15)
77 - São Luiz/MA	120	126	152 (21)
78 - São Luiz Gonzaga/RS	158	209	253 (21)
79 - São Paulo/SP (Congonhas)	122	132	-
80 - São Paulo/SP (Mirante Santana)	122	172	191 (7)
81 - São Simão/SP	116	148	175
82 - Sena Madureira/AC	120	160	170 (7)
83 - Sete Lagoas/MG	122	182	281 (19)
84 - Soure/PA	149	162	212 (18)
85 - Taperinha/PA	149	202	241
86 - Taubaté/SP	122	172	208 (6)
87 - Teófilo Otoni/MG	108	121	154 (6)
88 - Teresina/PI	154	240	262 (23)
89 - Teresópolis/RJ	115	149	176
90 - Tupi/SP	122	154	-
91 - Turiaçu/MG	126	162	230
92 - Uaupés/AM	144	204	230 (17)
93 - Ubatuba/SP	122	149	184 (7)
94 - Uruguaiana/RS	120	142	161 (17)
95 - Vassouras/RJ	125	179	222
96 - Viamão/RS	114	126	152 (15)
97 - Vitória/ES	102	156	210
98 - Volta Redonda/RJ	156	216	265 (13)

Notas: a) Para locais não mencionados nesta Tabela, deve-se procurar correlação com dados dos postos mais próximos que tenham condições meteorológicas semelhantes às do local em questão.

- b) Os valores entre parênteses indicam os períodos de retorno a que se referem as intensidades pluviométricas, em vez de 5 ou 25 anos, em virtude de os períodos de observação dos postos não terem sido suficientes.
- c) Os dados apresentados foram obtidos do trabalho "Chuvas Intensas no Brasil", de Otto Pfafstetter - Ministério da Viação e Obras Públicas - Departamento Nacional de Obras e Saneamento - 1957.



ANEXO B - NBR 15527:2007 – APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA DE
COBERTURAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS – REQUISITOS

NORMA
BRASILEIRA

**ABNT NBR
15527**

Primeira edição
24.09.2007

Válida a partir de
24.10.2007

**Água de chuva — Aproveitamento de
coberturas em áreas urbanas para fins não
potáveis — Requisitos**

*Rainwater – Catchment of roofs in urban areas for non-potable
purposes – Requirements*

Exemplar para uso exclusivo - Associação Brasileira de Normas Técnicas - 33.402.892/0002-97 (Pedido 152096 Impresso: 05/02/2009)

Palavras-chave: Água de chuva. Não potável. Aproveitamento.
Descriptors: Rainwater. Non-potable. Catchment.

ICS 91.060.20; 91.060.99

ISBN 978-85-07-00668-8



Número de referência
ABNT NBR 15527:2007
8 páginas

©ABNT 2007

Exemplar para uso exclusivo - Associação Brasileira de Normas Técnicas - 33.402.892/0002-97 (Pedido 152096 Impressor: 05/02/2009)

ABNT NBR 15527:2007

© ABNT 2007

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 2220-1762
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Sumário

Página

Prefácio	iv
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Condições gerais	2
4.1 Concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva	2
4.2 Calhas e condutores	2
4.3 Reservatórios	3
4.4 Instalações prediais	3
4.5 Qualidade da água	4
4.6 Bombeamento	4
5 Manutenção	5
Anexo A (informativo) Métodos de cálculos para dimensionamento dos reservatórios	6
A.1 Método de Rippl	6
A.2 Método da simulação	6
A.3 Método Azevedo Neto	7
A.4 Método prático alemão	7
A.5 Método prático inglês	7
A.6 Método prático australiano	8

ABNT NBR 15527:2007**Prefácio**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretivas ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 15527 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial Temporária de Aproveitamento de Água de Chuva (ABNT/CEET-00.001.77). O seu 1º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 01, de 31.01.2007, com o número de Projeto 00:001.77-001. O seu 2º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 05, de 23.04.2007 a 21.05.2007, com o número de 2º Projeto 00:001.77-001.

Água de chuva — Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis — Requisitos

1 Escopo

Esta Norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Esta Norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (norma de qualidade de água para consumo humano)

ABNT NBR 5626:1998, *Instalação predial de água fria*

ABNT NBR 10844:1989, *Instalações prediais de águas pluviais*

ABNT NBR 12213:1992, *Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público*

ABNT NBR 12214:1992, *Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público*

ABNT NBR 12217:1994, *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público*

3 Termos e definições

Para os efeitos desta norma, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

água de chuva

água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais

3.2

água não potável

água que não atende à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde

ABNT NBR 15527:2007**3.3****área de captação**

área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada

3.4**coeficiente de escoamento superficial**

coeficiente de runoff

C

coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície

3.5**conexão cruzada**

qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável

3.6**demanda**

consumo médio (mensal ou diário) a ser atendido para fins não potáveis

3.7**escoamento inicial**

água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos

3.8**suprimento**

fonte alternativa de água para complementar o reservatório de água de chuva

4 Condições gerais**4.1 Concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva**

4.1.1 A concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender às ABNT NBR 5626 e ABNT NBR 10844. No caso da ABNT NBR 10844, não deve ser utilizada caixa de areia e sim caixa de inspeção.

4.1.2 No estudo devem constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água de chuva e a determinação da demanda a ser definida pelo projetista do sistema.

4.1.3 Incluem-se na concepção os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será feito o projeto de aproveitamento de água de chuva.

4.2 Calhas e condutores

4.2.1 As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender à ABNT NBR 10844.

4.2.2 Devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica.

4.2.3 Devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas que atendam à ABNT NBR 12213.

4.2.4 Pode ser instalado no sistema de aproveitamento de água de chuva um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial. É recomendado que tal dispositivo seja automático

4.2.5 Quando utilizado, o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

4.3 Reservatórios

4.3.1 Os reservatórios devem atender à ABNT NBR 12217.

4.3.2 Devem ser considerados no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

Deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita a 15 cm da superfície.

4.3.3 O reservatório, quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água potável, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada.

4.3.4 O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}}$$

onde:

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A é a área de coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\eta_{\text{fator de captação}}$ é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

4.3.5 O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo, a critério do projetista, ser utilizados os métodos contidos no Anexo A ou outro, desde que devidamente justificado.

4.3.6 Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a ABNT NBR 5626.

4.3.7 O volume não aproveitável da água de chuva pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático, a critério da autoridade local competente.

4.3.8 O esgotamento pode ser feito por gravidade ou por bombeamento.

4.3.9 A água de chuva reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasão.

4.4 Instalações prediais

4.4.1 As instalações prediais devem atender à ABNT NBR 5626, quanto às recomendações de separação atmosférica, dos materiais de construção das instalações, da retrossifonagem, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações, limpeza e desinfecção dos reservatórios, controle de ruídos e vibrações.

4.4.2 As tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável.

ABNT NBR 15527:2007

4.4.3 O sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com ABNT NBR 5626.

4.4.4 Os pontos de consumo, como, por exemplo, uma torneira de jardim, devem ser de uso restrito e identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição "água não potável" e identificação gráfica.

4.4.5 Os reservatórios de água de distribuição de água potável e de água de chuva devem ser separados.

4.5 Qualidade da água

4.5.1 Os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais restritivos, deve ser utilizada a Tabela 1.

Tabela 1 — Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

4.5.2 Para desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado clorado.

4.5.3 Quando utilizado o cloro residual livre, deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

4.6 Bombeamento

4.6.1 Quando necessário o bombeamento, este deve atender à ABNT NBR 12214.

4.6.2 Devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.

4.6.3 Pode ser instalado, junto à bomba centrífuga, dosador automático de derivado clorado, o qual convém ser enviado a um reservatório intermediário para que haja tempo de contato de no mínimo 30 min.

Tem que colocar o cloro mesmo sem precisar
pois crianças podem usar.

5 Manutenção

5.1 Deve-se realizar manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 — Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

5.2 Quando da utilização de produtos potencialmente nocivos à saúde humana na área de captação, o sistema deve ser desconectado, impedindo a entrada desses produtos no reservatório de água de chuva. A reconexão deve ser feita somente após lavagem adequada, quando não haja mais risco de contaminação pelos produtos utilizados.

ABNT NBR 15527:2007

Anexo A (informativo)

Métodos de cálculos para dimensionamento dos reservatórios

Para o cálculo do dimensionamento do reservatório de água de chuva, pode-se usar um dos métodos descritos em A.1 a A.6.

A.1 Método de Rippl

Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

Sendo que: $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

A.2 Método da simulação

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

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

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

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

onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

ABNT NBR 15527:2007

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t ;

$D_{(t)}$ é o consumo ou demanda no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

NOTA Para este método, duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo "t", os dados históricos são representativos para as condições futuras.

A.3 Método Azevedo Neto

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

A.4 Método prático alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável.

Vadotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) x 0,06 (6 %)

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V; D) \times 0,06$$

onde:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V_{adotado} é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

A.5 Método prático inglês

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em em milímetros (mm);

ABNT NBR 15527:2007

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m^2);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

A.6 Método prático australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média mensal;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

onde:

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t;

V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

D_t é a demanda mensal;

NOTA Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será T.

Confiança:

$$P_r = N_r / N$$

onde:

P_r é a falha;

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Confiança = $(1 - P_r)$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99 %.

ANEXO C - DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA UNIVILLE

Dados de Precipitação em Joinville (mensal - em mm)



	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Jan	418,00	364,60	492,80	458,70	379,10	277,20	340,10	294,50	231,20	437,90
Fev	281,50	169,30	487,70	382,50	262,90	599,40	122,30	294,10	239,90	80,20
Mar	428,50	193,30	300,40	319,10	116,70	419,40	273,20	228,20	128,70	147,70
Abr	126,00	23,80	226,20	104,50	12,10	173,60	145,40	54,90	213,10	175,30
Mai	17,30	95,80	27,70	99,50	18,40	192,30	95,90	52,90	130,10	121,90
Jun	251,00	76,90	77,20	96,00	62,10	193,40	67,50	83,50	60,90	76,60
Jul	165,00	70,00	160,20	280,70	51,40	181,40	56,70	69,30	175,30	159,10
Ago	65,00	152,40	447,70	26,90	55,20	48,80	104,00	34,10	48,80	189,50
Set	221,70	146,80	154,30	167,80	195,10	247,30	215,80	113,00	138,00	248,80
Out	127,60	450,50	307,10	174,10	159,50	219,20	174,30	77,40	129,90	210,50
Nov	131,60	451,40	125,10	267,80	198,50	144,80	174,30	99,90	110,60	209,10
Dez	237,80	162,70	242,00	188,60	165,50	98,50	223,10	218,10	226,80	119,20
Média	205,92	196,46	254,03	213,85	139,70	232,94	166,10	135,00	152,77	181,31
Soma	2471,00	2357,50	3048,40	2566,20	1676,50	2795,30	1992,60	1401,80	1833,30	2175,80

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Jan	280,30	335,9	478,40	404,00	616,60	502,90	303,14	137,80	145,40	332,80
Fev	300,20	256,20	415,50	269,70	298,00	287,60	243,70	254,80	233,80	
Mar	225,90	184,70	274,30	350,80	494,40	571,60	68,90	193,30	308,20	
Abr	113,20	112,00	185,50	81,60	258,80	138,95	233,10	96,00	195,00	
Mai	22,90	220,00	81,60	55,30	159,90	47,90	114,20	115,60	135,00	
Jun	26,30	21,90	95,80	77,10	141,50	94,50	261,40	376,90	301,90	
Jul	48,30	76,50	26,80	244,90	145,90	181,40	205,90	95,80	40,20	
Ago	52,40	58,10	110,60	159,10	94,90	341,40	27,60	101,90	74,40	
Set	150,10	107,80	127,60	347,50	52,40	161,40	109,50	147,60	145,80	
Out	121,10	162,50	382,60	152,80	187,80	235,20	173,30	124,70	27,60	
Nov	448,60	174,30	974,30	166,10	299,40	147,30	223,20	239,00	99,20	
Dez	118,90	299,10	143,90	166,10	248,40	313,00	325,70	200,80	268,50	
Média	159,02	167,41	274,74	206,25	249,83	251,93	190,80	173,68	164,58	332,80
Soma	1908,20	2009,00	3296,90	2475,00	2998,00	3023,15	2289,64	2084,20	1975,00	332,80

ANEXO D - DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA ESTAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA DO JARDIM PARAÍSO FORNECIDOS PELA PREFEITURA DE JOINVILLE

DEFESA CIVIL	2019	245,01	355,87	222,62	214,34	198,77	94,57	28,62	23,35	206,92	242,04	111,80	166,53
	2018	402,38	161,44	206,78	114,72	169,22	116,11	51,75	68,47	104,88	268,83	92,27	85,41
	2017	411,50	206,78	272,96	197,64	331,37	78,78	22,21	81,97	165,61	215,26	139,23	242,04
	2016	190,52	284,87	14,88	108,09	148,15	51,76	59,08	117,23	13,82	0,00	18,08	141,74
	2015	202,66	268,84	176,33	166,70	218,91	87,25	281,44	61,14	193,04	761,01	197,62	196,93
	2014	197,32	174,95	218,91	184,12	0,00	0,00	72,34	117,02	137,40	27,25	101,22	193,52
	2013	127,79	261,29	253,97	95,49	107,16	239,53	103,74	105,11	173,13	111,29	160,77	160,30
	2012	235,56	140,54	46,16	174,24	87,96	202,23	171,66	21,02	20,02	157,18	162,80	218,68
		Jan	Fev	Mar	Abri	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

ANEXO E - PLANILHA DE MONITORAMENTO MENSAL DO CONSUMO DE ÁGUA DA UFSC

MONITORAMENTO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA UFSC		Volume em m³ mensal de água por hidrômetro												Série Histórica																																	
		2.156 524 2.680																																													
		Voltar																																													
		70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93												9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																																	
		Janeir o Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro												Janeir o Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro																																	
		2 7 8												2018																																	
		2019																																													
UC	Matrícula	Ordem	Campus	Local	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agô	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agô	Set	Out	Nov	Dez																			
H025	02236300	16	Trindade	CFM Bloco A	308	744	882	553	1.083	676	850	917	862	798	973	846	874	1.028	536	591	251	687	661	625	558	562	557	608																			
H017	02236350	17	Trindade	Centro de Ciências da Saúde	293	596	1.261	951	628	862	1.296	756	253	513	666	469	238	479	29	897	714	576	513	567	537	501	588	498																			
H066	17091784	18	Trindade	CCB - Blocos E, F e G																																											
H005	02237078	19	Trindade	Engenharia Química	402	519	434	523	365	908	987	943	1.229	825	10	145	64	64	78	142	145	73	62	61	160	105	77	42																			
H058	0961070	20	Trindade	CCB MIP 2	64	136	130	205	177	211	228	199	180	145	116	173	86	197	161	305	310	190	137	161	178	189	310	207																			
H111	0	21	Joinville - Perini B. P.	Bloco U	329	329	329	578	379	229	291	292	376	334	318	165	47	75	275	406	342	492	387	281	495	295	315	159																			
H089	02347660	22	CCA - EMEB/AGI	LAPOM, LAPMAR, LCM, LCA	165	169	244	190	249	286	249	487	491	205	272	239	244	296	227	271	249	220	269	609	1.541	292	178	197																			
H054	06323020	23	Trindade	Arquitetura e Urbanismo	328	351	453	411	432	466	387	244	442	455	425	503	1.002	640	447	436	496	435	431	401	442	417	37	87																			
H034	08416621	24	Trindade	CTC Bloco L. R. Delfino Conti	91	108	224	212	244	241	229	235	285	259	220	259	10	179	101	270	291	285	238	211	306	266	260	218																			
H061	02236870	25	Trindade	CCB Anatômico	84	131	97	132	141	96	151	122	97	49	74	49	20	62	66	49	81	49	131	243	261	58	57	42																			
H046	02236780	26	Trindade	Horto Botânico	55	72	86	136	99	105	45	90	857	105	87	122	81	105	112	129	81	112	107	81	205	171	126	144																			
H060	05323663	27	Trindade	Reitoria II	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10																		
H037	06435548	28	Trindade	CTC Bloco A POLO	64	94	112	114	104	115	102	122	133	105	96	121	37	37	135	141	134	121	125	124	132	113	140	156																			

MONITORAMENTO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA UFSC		Volume em m³ mensal de água por hidrômetro												Série Histórica														
		Voltar																										
		9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20												70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81														
		Janeir o Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro												Janeir o Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro														
		2 7 8												2018														
UC	Matrícula	Ordem	Campus	Local	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agô	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agô	Set	Out	Nov	Dez
H025	02236300	16	Trindade	CFM Bloco A	308	744	882	553	1.083	676	850	917	862	798	973	846	874	1.028	536	591	251	687	661	625	558	562	557	608
H017	02236350	17	Trindade	Centro de Ciências da Saúde	293	596	1.261	951	628	862	1.296	756	253	513	666	469	238	479	29	897	714	576	513	567	537	501	588	498
H066	17091784	18	Trindade	CCB - Blocos E, F e G																								
H005	02237078	19	Trindade	Engenharia Química	402	519	434	523	365	908	987	943	1.229	825	10	145	64	64	78	142	145	73	62	61	160	105	77	42
H058	0961070	20	Trindade	CCB MIP 2	64	136	130	205	177	211	228	199	180	145	116	173	86	197	161	305	310	190	137	161	178	189	310	207
H111	0	21	Joinville - Perini B. P.	Bloco U	329	329	329	578	379	229	291	292	376	334	318	165	47	75	275	406	342	492	387	281	495	295	315	159
H089	02347660	22	CCA - EMEB/AGI	LAPOM, LAPMAR, LCM, LCA	165	169	244	190	249	286	249	487	491	205	272	239	244	296	227	271	249	220	269	609	1.541	292	178	197
H054	06323020	23	Trindade	Arquitetura e Urbanismo	328	351	453	411	432	466	387	244	442	455	425	503	1.002	640	447	436	496	435	431	401	442	417	37	87
H034	08416621	24	Trindade	CTC Bloco L. R. Delfino Conti	91	108	224	212	244	241	229	235	285	259	220	259	10	179	101	270	291	285	238	211	306	266	260	218
H061	02236870	25	Trindade	CCB Anatômico	84	131	97	132	141	96	151	122	97	49	74	49	20	62	66	49	81	49	131	243	261	58	57	42
H046	02236780	26	Trindade	Horto Botânico	55	72	86	136	99	105	45	90	857	105	87	122	81	105	112	129	81	112	107	81	205	171	126	144
H060	05323663	27	Trindade	Reitoria II	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
H037	06435548	28	Trindade	CTC Bloco A POLO	64	94	112	114	104	115	102	122	133	105	96	121	37	37	135	141	134	121	125	124	132	113	140	156

MONITORAMENTO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA UFSC		Volume em m³ mensal de água por hidrômetro												Série Histórica														
		2.156 524 2.680																										
		Voltar																										
		82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93												70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81														
		Janeir o Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro												Janeir o Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro														
		2 7 8												2019														
UC	Matrícula	Ordem	Campus	Local	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agô	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agô	Set	Out	Nov	Dez
H025	02236300	16	Trindade	CFM Bloco A	874	1.028	536	591	251	687	661	625	558	562	557	608	874	1.028	536	591	251	687	661	625	558	562	557	608
H017	02236350	17	Trindade	Centro de Ciências da Saúde	218	479	20	807	764	575	513	567	537	501	588	498	238	479	29	897	714	576	513	567	537	501	588	498
H066	17091784	18	Trindade	CCB - Blocos E, F e G																								
H005	02237078	19	Trindade	Engenharia Química	84	64	78	142	145	73	62	61	160	105	77	42	64	64	78	142	145	73	62	61	160	105	77	42
H058	0961070	20	Trindade	CCB MIP 2	86	197	161	305	310	190	137	161	178	189	310	207	86	197	161	305	310	190	137	161	178	189	310	207
H111	0	21	Joinville - Perini B. P.	Bloco U	47	75	275	406	342	492	387	281	495	295	315	159	47	75	275	406	342	492	387	281	495	295	315	159
H089	02347660	22	CCA - EMEB/AGI	LAPOM, LAPMAR, LCM, LCA	244	296	227	271	249	220	268	609	1.541	292	178	197	244	296	227	271	249	220	268	609	1.541	292	178	197
H054	06323020	23	Trindade	Arquitetura e Urbanismo	1.002	640	447	436	496	435	431	401	442	417	37	87	1.002	640	447	436	496	435	431	401	442	417	37	87
H034	08416621	24	Trindade	CTC Bloco L. R. Delfino Conti	112	178	181	270	291	285	238	211	306	266	260	218	112	178	181	270	291	285	238	211	306	266	260	218
H061	02236870	25	Trindade	CCB Anatômico	20	62	56	49	51	49	131	243	261	58	57	42	20	62	56	49	51	49	131	243	261	58	57	42
H046	02236780	26	Trindade	Horto Botânico	81	105	112	129	81	112	107	81	205	171	126	144	81	105	112	129	81	112	107	81	205	171	126	144
H060	05323663	27	Trindade	Reitoria II	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
H037	06435548	28	Trindade	CTC Bloco A POLO	37	37	135	141	134	121	125	124	132	113	140	156	37	37	135	141	134	121	125	124	132	113	140	156