



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MAURÍCIO DIAS DA CONCEIÇÃO NETO**

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS:  
ESTUDO DE CASO APLICADO A DUAS EDIFICAÇÕES PADRÕES DA UNIFAP**

**MACAPÁ-AP**

**2023**

**MAURÍCIO DIAS DA CONCEIÇÃO NETO**

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS:  
ESTUDO DE CASO APLICADO A DUAS EDIFICAÇÕES PADRÕES DA UNIFAP**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, pela Universidade Federal do Amapá.

Orientador: Profa. Ma. Pâmela Nunes Sá  
Coorientador: Prof. Dr. Jamil José Salim Neto

**MACAPÁ-AP**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 / 1451

---

C744 Conceição Neto, Mauricio Dias da.

Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis Estudo de caso aplicado a duas edificações padrões da UNIFAP / Mauricio Dias da Conceição Neto. - Macapá, 2023.  
1 recurso eletrônico. 85 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá,  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2023.

Orientadora: Pâmela Nunes Sá.

Coorientador: Jamil José Salim Neto.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Aproveitamento da água da chuva. 2. Recursos hídricos. 3. Economia de água potável.  
I. Sá, Pâmela Nunes, orientadora. II. Salim Neto, Jamil José, coorientador. III. Universidade  
Federal do Amapá. IV. Título.

CDD 23. ed. – 624

---

CONCEIÇÃO NETO, Mauricio Dias da. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis**: estudo de caso aplicado a duas edificações padrões da UNIFAP. Orientadora: Pâmela Nunes Sá. Coorientador: Jamil José Salim Neto. 2023. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Coordenação do Curso de Engenharia Civil . Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

**MAURÍCIO DIAS DA CONCEIÇÃO NETO**

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS:  
ESTUDO DE CASO APLICADO A DUAS EDIFICAÇÕES PADRÕES DA UNIFAP**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, pela Universidade Federal do Amapá.

Data da aprovação: 12/09/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª. Ma. Pâmela Nunes Sá – Orientadora

Universidade Federal do Amapá — UNIFAP

---

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira – Examinador interno

Universidade Federal do Amapá — UNIFAP

---

Profª. Ma. Cristina Maria Baddini Lucas – Examinador interno

Universidade Federal do Amapá — UNIFAP

## RESUMO

As cidades passam cada vez mais por dificuldades para garantir o abastecimento público de água potável. Atentando ao atual cenário do aumento populacional e o uso não racional dos recursos hídricos em Macapá-AP, o presente trabalho teve por motivação buscar a viabilidade técnica e econômica para propor uma solução sustentável de aproveitamento de água da chuva, a fim de minimizar problemas relacionados ao abastecimento de água e manejo de águas pluviais (drenagem urbana) no cenário atual e futuro na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) campus Marco Zero. Este estudo avalia a viabilidade técnica e econômica no aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, como fonte alternativa de suprimento de água em duas edificações padrões na UNIFAP. Inicialmente, para análise da viabilidade técnica, levantou-se as áreas de captação, coletou-se os dados pluviométricos da região, estimou-se a demanda hídrica total e não potável. Posteriormente, utilizou-se o programa computacional Netuno para determinar o volume do reservatório inferior, que apontou volume ideal de 20 m<sup>3</sup>, para o reservatório superior adotou-se previamente o volume de 5m<sup>3</sup>, cujos juntos representaram um potencial de economia de água potável de 21,27%. Para a avaliação da viabilidade econômica, foram considerados o custo de implementação do investimento, custos com mão de obra, custos de manutenção e as economias resultantes da utilização de água potável antes e após a instalação do sistema. Isso foi feito mediante a aplicação da tarifa local de água, e um balanço do período necessário para recuperar o investimento. A análise econômica mostrou que o custo estimado com a implantação do sistema seria de R\$56.947,49, e comparado à economia anual de R\$ 19.972,77, proporcionado pela substituição de 21,27% da água potável pela pluvial, resulta num período de retorno do investimento estimado em 2 anos, 10 meses e 10 dias. As vantagens resultantes desse sistema não são apenas financeiras, mas ainda ambientais e culturais. A redução do volume de precipitação, devido à parte armazenada, pode atenuar o impacto de precipitações capazes de gerar alagamentos no campus.

**Palavras-chaves:** Aproveitamento da água da chuva, Recursos hídricos, Economia de água potável, Macapá.

## ABSTRACT

Cities are experiencing increasing difficulties to ensure the public supply of drinking water. Given the current scenario of population increase and the non-rational use of water resources in Macapá-AP, the present work was motivated to seek the technical and economic feasibility to propose a sustainable solution for the use of rainwater, in order to minimize problems related to water supply and stormwater management (urban drainage) in the current and future scenario at the Federal University of Amapá (UNIFAP) campus mark zero. This study evaluates the technical and economic feasibility of using rainwater for non-potable purposes as an alternative source of water supply in two standard buildings at UNIFAP. Initially, to analyze the technical feasibility, the catchment areas were surveyed, the rainfall data of the region was collected, the total and non-potable water demand was estimated. Subsequently, the computer program Netuno was used to determine the volume of the lower reservoir, which indicated an ideal volume of 20 m<sup>3</sup> for the reservoir, for the upper reservoir the volume of 5m<sup>3</sup> was previously adopted, whose together represented a potential saving of drinking water of 21.27%. For the assessment of economic viability, the cost of implementing the investment, labor costs, maintenance costs and the savings resulting from the use of drinking water before and after the installation of the system were considered. This was done by applying the local water tariff, and a balance of the period needed to recover the investment. The economic analysis showed that the estimated cost of implementing the system would be R\$56,947.49, and compared to the annual savings of R\$19,972.77, brought about by replacing 21.27% of drinking water with rainwater, results in an estimated payback period of 2 years, 10 months and 10 days. The advantages resulting from this system are not only financial, but also environmental and cultural. The reduction in the volume of precipitation, thanks to the stored portion, can mitigate the impact of precipitation capable of generating flooding on campus.

**Key words:** Rainwater harvesting, Water resources, Drinking water savings, Macapá.

Dedico este trabalho aos meus pais **Mauricio Dias da Conceição Junior, Denize do Carmo Colares Ferreira**, meus irmãos **Matheus de Assis Ferreira, Ana Carolina Gomes** e minha sobrinha **Aurora Dias**, por me ensinarem o que é ser família e me darem forças todos os dias para continuar em busca de meus sonhos, até mesmo quando eu queria desistir.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a **Deus** por guiar meus caminhos desde sempre, permitindo-me sonhar e conquistar grandes coisas para minha vida. A **Ele** ofereço toda honra, toda glória e todo louvor.

Agradeço à minha família, meu tudo, **Denize do Carmo Colares Ferreira** e **Mauricio Dias da Conceição Júnior**, por sempre estarem junto comigo, me incentivando e se sacrificando, para que eu pudesse buscar a dádiva da educação.

Meu irmão **Matheus de Assis Ferreira da Conceição** e minha cunhada **Ana Caroline Gomes**, por sempre estarem presentes, me apoiarem e torcerem em minha jornada até aqui, dando-me forças para continuar.

À minha sobrinha, bebê do titio, **Aurora Dias**, que é uma benção de Deus em nossas vidas e abençoa a todos com sua graça.

Agradeço as minhas amigas **Luana de Oliveira de Sá**, **Vitória Carneiro Figueiredo**, **Ana Karine Gonzaga** e **Riliane Barboza Barros (Maluviane)**, grupo no qual encontrei apoio ao longo deste curso, encontrando também ajuda, amizade sincera e inspiração. Deixando aqui registrado, para que o Mauricio do futuro possa lembrar o quanto foi árduo o processo, mas o quão bom foi encontrar amizades para vida inteira na graduação.

Agradeço aos meus amigos de graduação, **Turma 2018**, a qual foi a melhor turma que eu poderia fazer parte. Vocês são feras, espero que futuramente possamos continuar nos apoiando como colegas de vida e profissão.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Ma. Eng. Ambiental **Pâmela Nunes Sá**, por sempre me cativar na área científica e por ter topado mais esse desafio comigo, sempre se dedicando e tentando ajudar ao máximo, e o mais importante, não me abandonar.

Ao meu Coorientador e amigo pessoal, Prof. Dr. Eng. Civil **Jamil Salim Neto**, por ter topado me auxiliar neste trabalho, pela sua dedicação e pelos seus bons conselhos.

Ao meu querido avô **Mauricio Dias da Conceição** (in memoriam), o qual, enquanto estive aqui, foi uma bênção em minha vida e na vida da minha família. Sempre sorria, e ficava todo orgulhoso em minhas conquistas.

Agradeço a **Mim** mesmo por não ter desistido e por ter perseverado até aqui, conquistando assim, aos 22 anos, o título de Bacharel em Engenharia Civil.

Agradeço a todos aqueles que um dia torceram por mim ao decorrer da minha caminhada acadêmica. Deixo aqui registrado, para me lembrar o quanto sou grato e abençoado pelas boas pessoas que me cercam.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	12
<b>2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....</b>	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA MUNDIAL .....	15
3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL .....	16
<b>3.2.1 Poluição hídrica no Brasil .....</b>	<b>19</b>
3.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA AMAZÔNIA.....	21
3.4 CENÁRIO DA ÁGUA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ.....	23
<b>3.4.1 Projeto de extensão: Plano Diretor Participativo Campus Marco Zero (PDPCMZ) .....</b>	<b>25</b>
3.5 DEMANDAS E USO DA ÁGUA .....	28
<b>3.5.1 Demandas e uso da água em edifícios.....</b>	<b>29</b>
3.6 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS .....	31
<b>3.6.1 Legislação no Brasil .....</b>	<b>31</b>
3.7 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO .....	33
<b>3.7.1 Área de captação .....</b>	<b>35</b>
<b>3.7.2 Calhas e condutores .....</b>	<b>36</b>
<b>3.7.3 Filtros e grelhas .....</b>	<b>37</b>
<b>3.7.4 Descarte da primeira chuva .....</b>	<b>38</b>
<b>3.7.5 Reservatório.....</b>	<b>39</b>
3.8 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	41
3.9 VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA .....	42
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>44</b>
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA .....	45
4.2 VIABILIDADE TÉCNICA .....	49
<b>4.2.1 Área de captação .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2.2 Avaliação do potencial pluviométrico .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.3 Estimativa do consumo de água.....</b>	<b>51</b>

4.2.4 Percentual da demanda a ser substituída pela água da chuva.....	52
4.2.5 Descarte do escoamento inicial.....	53
4.2.6 Dimensionamento do reservatório de água da chuva .....	53
4.3 VIABILIDADE ECONÔMICA .....	55
4.3.1 Custo de implantação do SAAP .....	55
4.3.2 Custos de mão de obra .....	56
4.3.3 Custos de manutenção e operação .....	56
4.3.4 Economia de água potável e período de retorno do investimento .....	56
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
5.1 VIABILIDADE TÉCNICA .....	59
5.1.1 Área de captação .....	59
5.1.2 Dados pluviométricos.....	59
5.1.3 Estimativa do consumo de água.....	60
5.1.4 Reservatório de água da chuva .....	61
5.2 VIABILIDADE ECONÔMICA .....	68
5.2.1 Custos de implantação do SAAP.....	68
5.2.2 Custos de mão de obra para operacionalizar o SAAP .....	71
5.2.3 Custos de manutenção .....	71
5.2.4 Economia de água potável e período de retorno do investimento .....	72
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>84</b>
APÊNDICE A – Dados de entrada na interface do software Netuno.....	84
APÊNDICE B – Resultados do dimensionamento do reservatório no software Netuno .....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vazão por região hidrográfica do Brasil. ....	16
Figura 2: Vazão por região hidrográfica do Brasil. ....	17
Figura 3: Disponibilidade hídrica superficial nas regiões hidrográficas brasileiras.....	18
Figura 4: Domicílios ligados a rede geral por região. ....	19
Figura 5: Extensão dos rios brasileiros comprometidos por poluição.....	20
Figura 6: Mapa de localização dos reservatórios superiores de água.....	24
Figura 7: Questionário elaborado para a comunidade acadêmica. ....	26
Figura 8: Questionário elaborado para a comunidade acadêmica. ....	27
Figura 9: Demandas de uso da água no Brasil em 2017.....	29
Figura 10: Representação esquemática dos componentes de sistemas de aproveitamento de água da chuva em residências.....	34
Figura 11: Representação esquemática dos componentes de sistemas de aproveitamento de água da chuva em prédios comerciais. ....	34
Figura 12: Valores de coeficiente de escoamento superficial para diferentes tipos de cobertura. ....	35
Figura 13: Instalações prediais de drenagem pluvial.....	37
Figura 14: Filtro comercial para remoção de sólidos. ....	38
Figura 15: Dispositivo de descarte da primeira chuva. ....	39
Figura 16: Exemplo de reservatório de água da chuva e seus respectivos elementos.....	40
Figura 17: Etapas metodológicas para realização da pesquisa. ....	45
Figura 18: Recorte geográfico espacial da área de estudo.....	46
Figura 19: Recorte geográfico espacial da área de estudo.....	47
Figura 20: Prédio de engenharia civil e arquitetura e urbanismo - UNIFAP. ....	48
Figura 21: Prédio de laboratório de engenharia civil - UNIFAP.....	48
Figura 22: Distância entre a estação fazendinha e área de estudo. ....	51
Figura 23: Indicação espacial do local para implantação dos reservatórios. ....	67
Figura 24: Indicação frontal da área para implantação dos reservatórios. ....	67
Figura 25: Reservatório inferior em 3D. ....	68
Figura 26: Reservatório inferior em 2D. ....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Abastecimento de água potável no Brasil versus desperdício.....	21
Tabela 2: Índice aproximado de perdas/desperdício de água na distribuição. ....	22
Tabela 3: Pontos de consumo de água em uma instituição de ensino superior. ....	30
Tabela 4: Áreas de cobertura referentes ao Bloco I e II. ....	59
Tabela 5: População da área de estudo. ....	61
Tabela 6: Dados de entrada no software Netuno. ....	62
Tabela 7: Relação dos volumes consumido de água pluvial e o potencial de economia proporcionado. ....	63
Tabela 8: Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável referentes à UNIFAP. ....	64
Tabela 9: Descrição dos custos para a construção dos reservatórios de água pluvial. ....	70
Tabela 10: Descrição dos custos de mão de obra para implantação do SAAP. ....	71
Tabela 11: Economia de água potável gerada pela implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	72
Tabela 12: Economia financeira gerada pela implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais. ....	73

## 1 INTRODUÇÃO

A falta de água é um dos graves problemas mundiais que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos (MORAIS, 2017). O crescimento desenfreado dos centros urbanos e a elevação do padrão de vida da humanidade têm aumentado o consumo de água potável em proporções insustentáveis. Além disso, as mudanças climáticas e a poluição dos mananciais têm feito com que haja água em abundância em determinadas regiões e escassez em outras (SCHEWE *et al.*, 2014; IPCC, 2022).

Apesar de o Brasil possuir uma das maiores bacias hídricas do mundo, a escassez de água em diversas regiões é resultado do desequilíbrio entre a distribuição demográfica, industrial e agrícola, e a concentração de recursos hídricos (SANTOS *et al.*, 2020; ANA, 2022). A falta de infraestrutura de saneamento básico também contribui para a escassez, especialmente na região Norte do país, que detém a maior concentração de reserva de água, mas enfrenta os mais baixos índices de acesso à água potável, além de sistemas precários de coleta e tratamento de esgoto (AGÊNCIA BRASIL, 2017; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023). Embora a demanda humana exija água limpa e tratada, o crescimento urbano desordenado e a ausência de saneamento básico comprometem as fontes hídricas, os chamados mananciais (NAIME, 2019).

O município de Macapá, capital do Estado do Amapá possui índices extremamente baixos de saneamento básico. Segundo o Instituto Trata Brasil (2023), em seu Ranking do Saneamento de 2022, o qual elenca as 100 maiores cidades do Brasil, posiciona Macapá como o 100º lugar com nota 1,87, em uma escala de pontuação que varia de 0 a 10, com base nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2021.

A Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), por sua vez, também conta com problemas históricos relacionados ao abastecimento de água em seu território (LIRA, 2022; TAVARES e MATOS, 2022), além de problemas relacionados ao manejo de águas pluviais (drenagem). É o que também foi apontado através dos relatórios diagnósticos de abastecimento de água e drenagem urbana elaborado pelo projeto de extensão: Plano Diretor Participativo do Campus Marco Zero (PDPCMZ) durante o ano de 2022.

Diante dessa problemática, as organizações em geral, tanto organizações públicas como privadas, vêm adotando modificações em seu gerenciamento de águas, de maneira a elevar a sustentabilidade de suas atividades e processos, por meio da busca de mecanismos e tecnologias para conservar a água (ALMEIDA *et al.*, 2017).

Parte dessas modificações envolve medidas de redução do uso de água potável através do aproveitamento de fontes alternativas, utilização de sistemas e aparelhos mais eficientes e a sensibilização da sociedade quanto ao uso racional (UNIFAP, 2021). Uma das medidas, que se relaciona ao aproveitamento de fontes alternativas de água, é a utilização de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) para fins não potáveis, que além de se apresentar como uma medida sustentável que contribui para o consumo racional, proporciona a conservação dos recursos hídricos e por consequência, alivia a carga hídrica de drenagem por reter a água da chuva (INÁCIO *et al.*, 2013; BRASIL, 2014).

Devido à percepção reduzida dos benefícios do uso da água pluvial em relação ao seu potencial, a viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis em instituições educacionais tem sido objeto de estudos em todo o Brasil (GHISI *et al.*, 2018). Essas pesquisas têm como objetivo otimizar o tamanho dos reservatórios para tornar o sistema mais econômico, assegurando o suprimento máximo possível das demandas não potáveis, com base no regime pluviométrico regional (SILVA *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento da água de chuva, para fins não potáveis, como fonte alternativa de suprimento de água em duas edificações padrões da Universidade Federal do Federal do Amapá. Para viabilidade técnica, buscou-se determinar condições locais preliminares para o dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais, para viabilidade econômica se analisou o custo estimado de implantação do sistema e tempo de retorno do investimento inicial, através da possível economia de água potável.

A metodologia utilizada compreendeu, a partir de um estudo de caso, apresentar uma visão geral sobre as etapas necessárias para atestar a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis na Universidade Federal do Amapá.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Atentando ao atual cenário do aumento populacional e o uso não racional dos recursos hídricos em Macapá-AP, o presente trabalho teve por motivação buscar a viabilidade técnica e econômica para propor uma solução sustentável de aproveitamento de água da chuva, a fim de

minimizar problemas relacionados ao abastecimento de água e manejo de águas pluviais (drenagem urbana) no cenário atual e futuro na Universidade Federal do Amapá.

O aproveitamento de águas pluviais é uma prática adequada para estabelecimentos que possuam extensas áreas de cobertura ou outras áreas impermeáveis. Como benefícios dessa atividade, pode se destacar: a conservação dos recursos hídricos disponíveis, a redução do escoamento superficial, o amortecimento de picos de enchentes, além da possibilidade de redução significativa dos custos associados às tarifas de água (BRASIL, 2014). No entanto, as condições de instalação desses sistemas são variáveis conforme o ambiente e, por isso, devem ser estudadas e projetadas para situações específicas do local.

Dessa forma, este estudo é relevante tanto para a sociedade quanto para a comunidade científica, pois, a partir da produção técnico-científica a proposta abrange dois problemas muito peculiares da região: a constante falta de abastecimento de água da concessionária para atividades básicas e a ausência de sistemas de drenagem convencionais dentro e no entorno do campus. Portanto, o presente trabalho visa examinar e desenvolver uma solução viável de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, além de apresentar informações e métodos para elaboração de estudos semelhantes.

## **2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a viabilidade técnica e econômica no aproveitamento da água de chuva, para fins não potáveis, como fonte alternativa de suprimento de água em duas edificações padrões na Universidade do Federal do Amapá.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar o consumo de água total da área de estudo;
- Avaliar o potencial pluviométrico local dos últimos 30 anos;
- Realizar análise de volume a ser captado, identificar o volume ideal de reservatório e calcular economia de água potável utilizando o software Netuno;
- Verificar a viabilidade econômica (custo estimado da implantação do sistema e tempo de retorno de investimento).

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA MUNDIAL

A disponibilidade de água no planeta é gerida pelo ciclo hidrológico. Essa qualidade cíclica faz com que o recurso se encontre em constante movimento e, por essa razão, é considerada um bem renovável. No entanto, a demanda pela água e a poluição crescem com a intensificação do consumo e, a disponibilidade hídrica não aumenta, isso a torna um recurso natural com possibilidade de esgotamento (SEABRA, 2018). O fato desse recurso não estar distribuído uniformemente pelo mundo, gera uma série de problemas sociais, econômicos e ambientais (VERIATO *et al*, 2015).

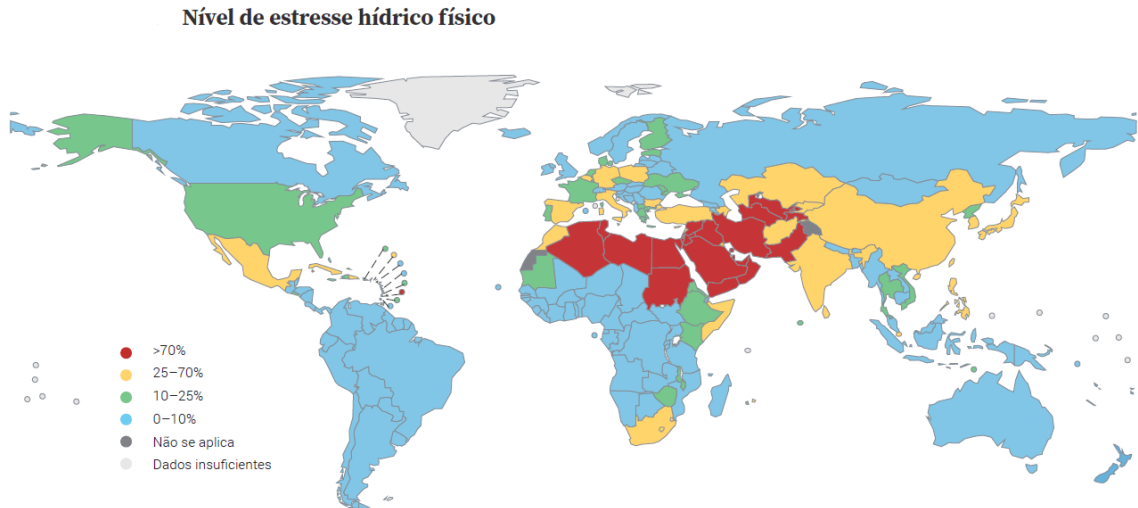
Podemos classificar esses recursos hídricos como sendo próprio ou impróprio ao uso humano (ANA, 2019). Estima-se que 97,5% da água existente no planeta Terra é salgada e não é adequada ao consumo humano direto nem à irrigação de lavouras destinadas a plantações de alimentos. Do restante de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois encontram-se concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e menos de 1% encontra-se nos rios, os quais são a fonte da maior parte da água doce superficial utilizada pela população mundial, mas constituem apenas cerca de 2.120 km<sup>3</sup>, aproximadamente 0,0001% da água total. Dessa maneira, o uso desse bem precisa ser pensado para que não prejudique nenhum dos diferentes usos que ela tem para a vida humana (WATER SCIENCE SCHOOL, 2019; ANA, 2019).

De acordo com Naime (2019) estresse hídrico pode ser definido como a falta de disponibilidade de água necessária para atender às necessidades da população. Para o autor, o conceito não se limita à escassez de água, o saneamento também é uma causa. O consumo humano exige que a água seja limpa e tratada, mas o crescimento das cidades destrói fontes de água, os chamados mananciais. No geral, os problemas relacionados à disponibilidade hídrica são o crescimento populacional e as mudanças climáticas (ANA, 2017; KIM & YOO, 2009).

Quando consideramos a população mundial, que são os consumidores dos recursos hídricos, estima-se que mais de 2 bilhões de pessoas vivam em países que enfrentam estresse hídrico. Estudos recentes indicam que 31 países estão experimentando estresse hídrico entre 25% (considerado o limite mínimo para estresse hídrico) e 70%. Além disso, outros 22 países

estão acima do nível de 70%, o que indica uma situação grave de estresse hídrico (UN, 2019). Algumas situações de estresse hídrico podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1: Vazão por região hidrográfica do Brasil.



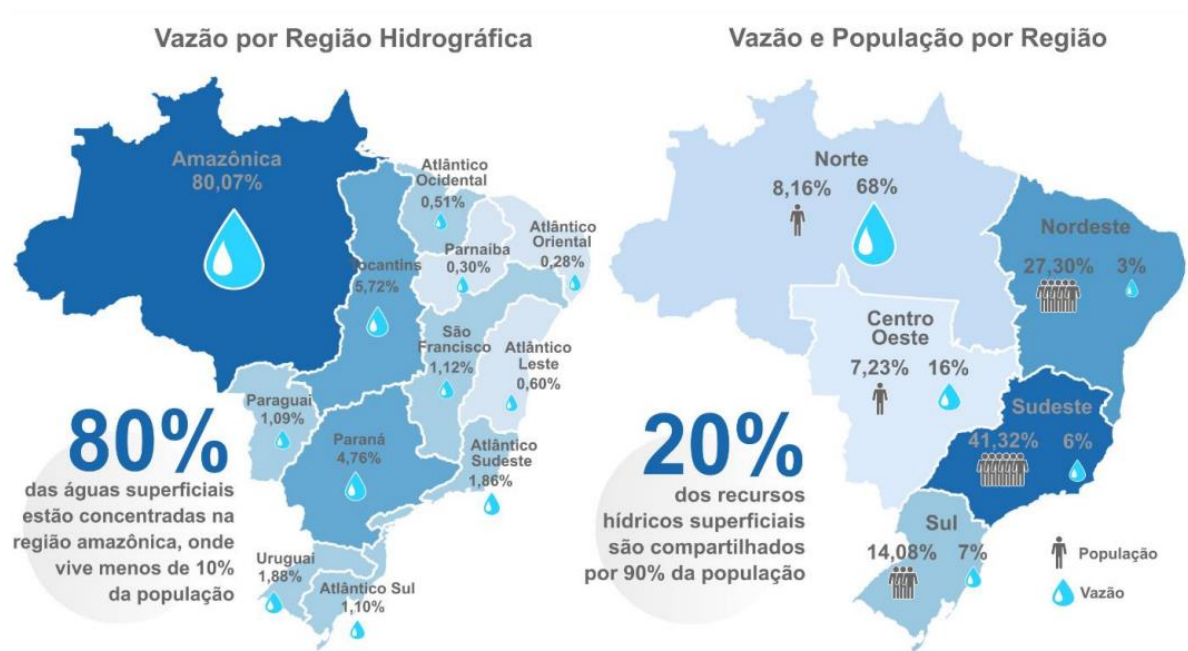
Fonte: UN (2018).

O relatório da Unesco (2023), sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, afirma que a escassez de água está se tornando endêmica, como resultado do impacto local do estresse hídrico físico, juntamente com a aceleração e a disseminação da poluição da água doce. Como resultado da mudança climática, a escassez sazonal de água aumentará em regiões onde atualmente o recurso é abundante como África Central, Ásia Oriental e partes da América do Sul, e irá piorar em regiões onde já há baixa disponibilidade de água como o Oriente Médio e o Sahel, na África e no Leste europeu, onde a situação já é bem grave. Em média, 10% da população mundial já vive em países com estresse hídrico alto ou crítico (UN, 2019; 2023).

### 3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL

Embora o Brasil possua cerca de 12% da disponibilidade hídrica superficial de todo o planeta, essa distribuição ocorre de forma irregular no tempo e espaço. A região Amazônica, por exemplo, detém cerca de 80% da produção hídrica do Brasil, sendo habitada por menos de 10% da população. Assim, apenas 20% dos recursos hídricos estão disponíveis para mais de 90% da população do Brasil (Figura 2) (ANA, 2017; DISTRITO FEDERAL, 2020). Fato este que ainda torna a universalização do acesso à água potável um grande desafio no Brasil.

Figura 2: Vazão por região hidrográfica do Brasil.



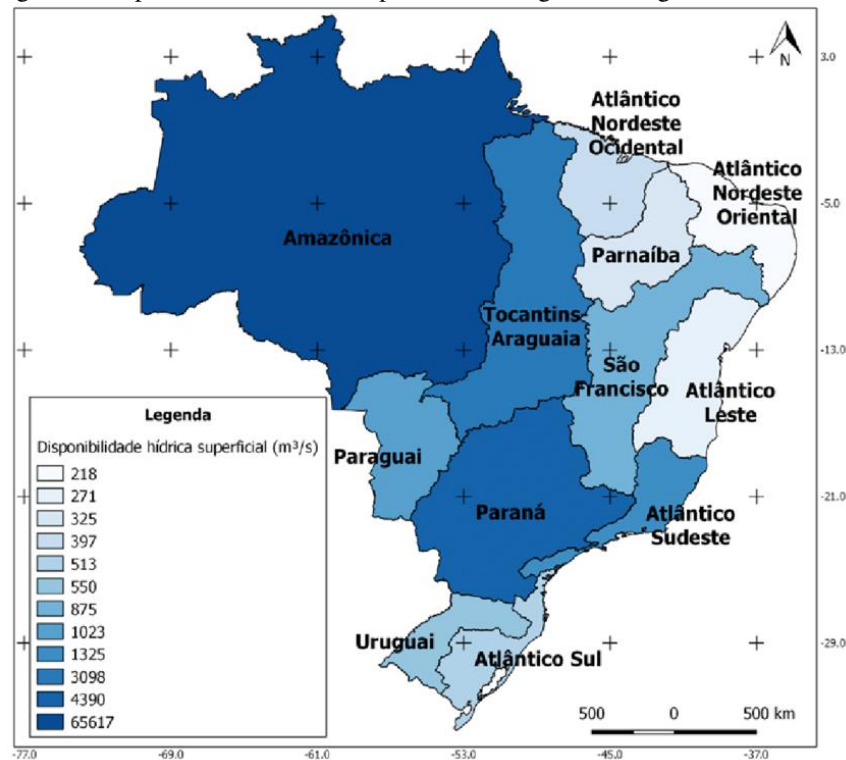
Fonte: CODEPLAN (2020).

Segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos (2017) o Brasil é dividido em 12 regiões hidrográficas como forma de apoiar o planejamento em escala nacional (Figura 3), pois o país possui alta disponibilidade de água superficial, correspondente a 78.600 m<sup>3</sup>/s ou 30% da vazão média, contudo, esse recurso não é distribuído igualmente em todo o território.

A região hidrográfica amazônica ocupa 45% do território brasileiro, sendo a maior bacia do mundo e contribuindo com aproximadamente 83,5% da disponibilidade total de águas superficiais no Brasil. Entretanto, essa região possui a menor densidade demográfica, com apenas 4,5% da população e, conseqüentemente, a demanda de água é menor. Por outro lado, a região hidrográfica do Paraná é a mais populosa, totalizando 32% da população brasileira, além de cobrir 1.505 municípios, incluindo importantes centros populacionais como São Paulo, Brasília, Curitiba, Goiânia, Campinas, Campo Grande e Uberlândia (ANA, 2017 Apud SANTOS *et al.*, 2020).

Por ser um país com dimensões continentais, o Brasil manifesta características hídricas distintas em cada região (SANTOS *et al.*, 2020). O Nordeste, mais especificamente a região semiárida, apresenta naturalmente baixas taxas de precipitação durante o ano, precipitação anual inferior à média nacional, altas temperaturas e períodos prolongados de estiagem. O semiárido cobre parte das regiões hidrográficas do Parnaíba, Atlântico Leste, São Francisco e Atlântico Nordeste Oriental, sendo esta última a região com menor disponibilidade hídrica superficial do Brasil, 218 m<sup>3</sup>/s (ANA, 2018a).

Figura 3: Disponibilidade hídrica superficial nas regiões hidrográficas brasileiras.



Fonte: SANTOS *et al.* (2020).

Somado a esses fatores, tem-se ainda os padrões de distribuição das chuvas que variam naturalmente, mas que nos últimos anos têm sido observados com frequência eventos extremos de seu excesso ou escassez que são indícios de mudanças climáticas e alterações nos padrões da precipitação no Brasil, e acabam causando insegurança hídrica para a grande parte da demanda populacional (IPCC, 2022). Juntas, secas e cheias representaram 84% dos desastres naturais ocorridos no Brasil de 1991 a 2012, indicando que no país predominam os desastres associados ao excesso e à falta de água (CEPED, 2013).

Embora a escassez de água geralmente ocorra em áreas com baixa precipitação, as atividades humanas aumentam os problemas, principalmente em áreas com alta densidade populacional, fluxo turístico, agricultura intensiva e indústrias que demandam água (EEA, 2023).

A crescente pressão sobre os mananciais, as limitações da disponibilidade hídrica e os problemas de gestão dos mananciais subterrâneos são os principais fatores que motivam a busca de novas fontes hídricas. Dessa forma, são necessários mananciais cada vez mais distantes e uma crescente complexidade da infraestrutura hídrica para o atendimento das demandas (ANA, 2017; TAVARES, 2019).

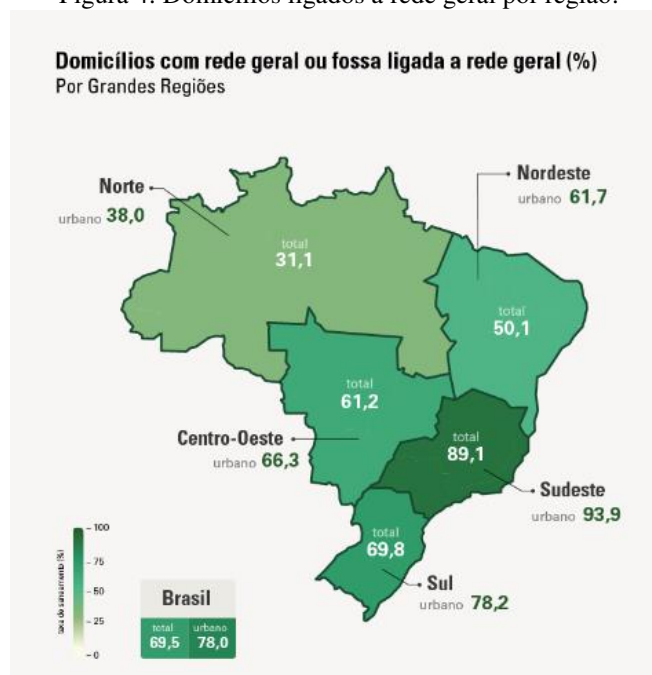
### 3.2.1 Poluição hídrica no Brasil

Segundo diagnóstico realizado pela Agência Nacional de Águas (2017b), no Brasil apenas 43% da população possui esgoto coletado e tratado e 12% utilizam-se de fossa séptica (solução individual), ou seja, 55% possuem tratamento considerado adequado; 18% têm seu esgoto coletado e não tratado, o que pode ser considerado como um atendimento precário; e 27% não possuem coleta nem tratamento, isto é, sem atendimento por serviço de coleta sanitário. Esse volume não atendido pode ser contabilizado como 5,5 mil piscinas olímpicas de esgoto despejadas na natureza diariamente (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

Dentre as regiões brasileiras, a Sudeste é a que apresenta os melhores índices de coleta e tratamento de esgotos, sendo a única onde o tratamento dos esgotos gerados alcança mais da metade de sua população urbana. As regiões Sul, Nordeste e Centro-Oeste apresentam índices semelhantes de coleta por domicílio, abrangendo aproximadamente mais da metade da população urbana dessas regiões, com maior nível de tratamento no Centro-Oeste (ANA, 2017b; SNIS, 2021).

A região Norte é a mais carente em termos de serviços coletivos de esgotamento sanitário. Em relação à coleta e ao tratamento de esgoto, há uma desigualdade regional significativa. Enquanto a região Sudeste tem 89,1% das casas atendidas, a região Norte tem apenas 31,1% (Figura 4) (ANA, 2017b; IBGE, 2023).

Figura 4: Domicílios ligados a rede geral por região.



Fonte: IBGE (2023).

Uma das maiores consequências da degradação ambiental causada pela falta de saneamento é a poluição das águas. O lançamento de esgotos não tratados pode poluir os mares, os lençóis freáticos e toda espécie de manancial, levando à morte de animais e comprometendo ecossistemas inteiros (BRK, 2021).

Segundo o Atlas Esgoto, publicado pela ANA (2017b), mais de 110 mil quilômetros de rios já estão com a qualidade da água comprometida pela contaminação do esgoto sem tratamento. Com a presença de matéria orgânica nas águas, ocorre a redução da concentração de oxigênio dissolvido, que causa escurecimento da água, morte de peixes e de plantas e animais aquáticos. Dependendo do nível de poluição, a captação de água para tratamento e consumo humano ficam inviabilizados (ANA, 2017b; BRK, 2021).

Figura 5: Extensão dos rios brasileiros comprometidos por poluição.



Fonte: ANA, 2017b.

Cabe ressaltar que o Brasil possui um ótimo cenário em relação à quantidade de água doce disponível no planeta, graças aos rios e aos aquíferos presentes no território nacional. No entanto, por fatores climáticos e discrepâncias geográficas e populacionais, além dos problemas com a poluição, a disponibilidade do recurso ocorre de maneira desigual (ANA, 2017; 2019).

Anand e Apul (2011) descrevem que a água utilizada, em prédios educacionais, para descarga da bacia sanitária equivale a mais de 27% do total da água utilizada nesses locais. O uso de grandes volumes de água potável para remover excretas humanas por grandes distâncias não é somente um uso pobre dos recursos hídricos, mas também ineficiente, caro e que requer um gasto intensivo de energia (PEIXE, 2012).

Menos água desperdiçada significa mais água disponível nos lagos, rios e riachos que que tem uso para recreação e manutenção da vida selvagem. O uso mais eficiente da água ajuda a manter o abastecimento em níveis seguros, protegendo a saúde humana e o meio ambiente (EEA,2023).

### 3.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA AMAZÔNIA

A bacia do rio Amazonas, que engloba os rios Amazonas, Tapajós, Negro, Solimões, Madeira e Juruá, abriga mais de 73% dos recursos hídricos do país. Além disso, o aquífero de Alter do Chão, localizado no estado do Pará, destaca-se como um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo. Apesar da imensa disponibilidade hídrica a Amazônia é um paradoxo, com seus rios grandiosos que parecem infinitos, é surpreendente constatar que muitas pessoas enfrentam dificuldades em ter acesso ao abastecimento de água em suas próprias casas (AGÊNCIA BRASIL, 2017).

Através do Instituto Trata Brasil (2023), órgão responsável por analisar indicadores de atendimento de água, coleta e tratamento de esgoto, além dos índices de perdas e investimentos, observou-se que 12 municípios se mantiveram desde 2014 dentre os últimos colocados, 50% deles localizados na região Norte do país, sendo três no Pará. Além disso, Porto Velho (RO), Ananindeua (PA), Santarém (PA) e Macapá (AP) estiveram sempre nas dez últimas colocações dentre as 100 maiores cidades do país em todos esses dez anos.

Tabela 1: Abastecimento de água potável no Brasil versus desperdício.

<b>Região Brasileira</b>	<b>Abastecimento Doméstico</b>	<b>Nível de perda</b>
Norte	58,90%	51,20%
Nordeste	74,90%	46,30%
Sudeste	91,30%	38,10%
Sul	91%	36,70%
Centro-Oeste	90,90%	34,20%

Fonte: Adaptado de SNIS, 2020.

A região Norte apresenta o menor índice de atendimento da rede de abastecimento de água no país, com apenas 58,9%, enquanto a média brasileira é superior, ultrapassando os 81% (Tabela 1). Quatro municípios possuem níveis de atendimento inferiores a 50%: Macapá (AP) com 36,60%, Ananindeua (PA) com 33,79%, Marabá (PA) com 32,89%, e Porto Velho (RO) com apenas 26,05%. Além disso, a região também se destaca pelo maior índice de perdas de

água em sistemas de abastecimento, alcançando 51,20% de desperdício de água tratada (SNIS, 2021; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

Tabela 2: Índice aproximado de perdas/desperdício de água na distribuição.

<b>Índice aproximado de perdas na distribuição</b>	
<b>Estado/ Região</b>	<b>(%)</b>
Amapá	76,40
Roraima	60,50
Acre	62,10
Rondônia	59,60
Pará	36,90
Amazonas	59,30
Tocantins	33,90
<b>Norte</b>	<b>51,20</b>
<b>Brasil</b>	<b>40,10</b>

Fonte: Adaptado de SNIS, 2020.

A capital Macapá (AP) apresenta o maior índice de perdas/desperdício na distribuição de água do Ranking, com 76,40%, o que reflete em valores muito baixos de abastecimento (Tabela 2). Com esse volume de água, por exemplo, Macapá poderia universalizar o acesso ao abastecimento. Com investimentos per capita inferiores aos R\$203,51 por habitante estimados, a média das capitais brasileiras foi de R\$113,47 por habitante. Os patamares mais baixos foram em Macapá (AP) com irrisórios R\$ 16,94 por habitante, o que explica parcialmente sua posição como último do Ranking de 2023 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

Hoje, na área urbana da cidade de Macapá, as maiores deficiências observadas no sistema de abastecimento de água se devem principalmente à deterioração dos sistemas mais antigos, especialmente em relação à rede de distribuição de água, com tubulações antigas apresentando frequentes problemas de rompimentos e de vazamentos de água, ou mesmo a falta de abastecimento de áreas urbanas que apresentam rápido e desordenado crescimento. Assim, para atender a população de forma adequada, a necessidade de adequações dos serviços de abastecimento de água está ligada à reabilitação de redes de transporte e distribuição de água mais antigas, bem como a construção e ampliação do sistema para atender as novas áreas de abastecimento (OLIVEIRA e MORAES, 2017).

O principal sistema de abastecimento de água do Estado do Amapá é a ETAM, que até 2021 era operada pela Companhia de Água e Esgoto do Amapá (CAESA). Mas atualmente, foi desestatizada em função de sua histórica ineficiência, problemas de qualidade da água e deficiência da capacidade de distribuição em vários bairros de Macapá. Dessa forma, a prestação de serviço está sendo substituída em todas as sedes municipais pela nova

Concessionária Saneamento Amapá (CSA), formada pelas empresas Equatorial Participações e Investimentos III S.A. e SAM Ambiental e Engenharia, a qual está assumindo a operação das ETAs nas sedes municipais em todo o Estado do Amapá a partir de então (UNIFAP, 2021). É importante ressaltar que a principal fonte de captação de água que abastece a população da cidade de Macapá é de origem superficial proveniente do rio Amazonas e a segunda é através da captação de mananciais subterrâneos (OLIVEIRA e MORAES, 2017).

Nos municípios rurais a situação é ainda mais precária, a maioria das localidades apresentam problemas com águas dos poços, além de não possuírem estruturas para tratamento. Em um estudo realizado por Malcher *et al.* (2020) para monitoramento da qualidade da água de abastecimento em 13 sedes municipais com menos de 50 mil habitantes, constatou-se que 60% não possuía sequer tratamento de água, os resultados apontaram que a qualidade microbiológica da água distribuída estava em não conformidade com o que determina as legislações de potabilidade. Em especial, onde se utiliza poços rasos, a população está potencialmente vulnerável, devido a inadequadas ou inexistentes estruturas de esgotamento sanitário. É preciso frisar que a qualidade da água subterrânea está diretamente relacionada ao índice de esgotamento local (MALCHER *et al.*, 2020).

Dessa maneira, a melhoria dos indicadores operacionais resulta em menor exposição às doenças de veiculação hídrica nos diferentes municípios, indicando que a expansão dos serviços reduz proporcionalmente os potenciais agravos de saúde pública da população com o tempo (ARAÚJO *et al.*, 2021).

### 3.4 CENÁRIO DA ÁGUA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ

O abastecimento de água na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) possui histórico de constantes reclamações e protestos durante o tempo de funcionamento e expansão da universidade (LIRA, 2022; TAVARES e MATOS, 2022).

Os indivíduos (alunos, servidores e externos) que frequentam diariamente o campus universitário para expediente de trabalho, atividades estudantis, utilização do restaurante, prática de esportes, e etc., frequentemente não encontram o básico para a sua higiene pessoal, prédios ficam sem água nos banheiros, como é o caso do bloco do Departamento de Letras e Artes (DEPLA). Acadêmicos que utilizam o bloco relatam que durante seu tempo total de graduação foram poucas as vezes que o bloco contava com o fornecimento de água. Somado a

isso, o cenário se repete no bloco B, o qual estudantes do curso de Geografia acrescentam que também há falta água nos bebedouros (TAVARES e MATOS, 2022).

De acordo com Lira (2022) em entrevista à prefeitura da UNIFAP, os problemas de abastecimento estão relacionados à baixa capacidade de armazenamento na cisterna que apresenta capacidade de apenas 40 mil litros para suprir boa parte da demanda da universidade, a qual necessita ser abastecida duas vezes ao dia. O abastecimento da cisterna é de responsabilidade da concessionária local, Companhia de Saneamento do Amapá (CSA), detentora da concessão do estado, que não consegue atender toda a demanda existente, com a justificativa de que o sistema atual o qual atende a universidade possui histórico de baixa pressão na rede, o que explica as intermitências. Nesse sentido, a universidade construiu/anexou três poços a fim de auxiliar na alimentação do reservatório central, no entanto, ainda se precisa de água da CSA (LIRA, 2022; TAVARES e MATOS, 2022).

Sendo assim, mesmo com todos os esforços tanto da concessionária em abastecer as cisternas, quanto a utilização de poços, ainda não é suficiente para o abastecimento da universidade.

Na Figura 6, pode-se analisar os reservatórios superiores de abastecimento de água que atendem o campus Marco Zero, que são cheios com o volume de água proveniente de reservatórios inferiores, abastecidos por poços e/ou pela concessionária local.

Figura 6: Mapa de localização dos reservatórios superiores de água.



Fonte: UNIFAP (2022).

Além disso, ainda segundo os entrevistadores Tavares e Matos (2022) até mesmo os blocos mais afastados que contam com sistema de poço e reservatório próprio, como os do curso de Medicina, Engenharia Civil e DEPLA, sofrem com a falta de água, devido à ausência de manutenção no sistema de bombas.

Para mudar esse cenário, a CSA e a UNIFAP devem fazer esforços em conjunto. De acordo com o prefeito do campus universitário, a concessionária planeja instalar um medidor para ter o controle da demanda de abastecimento, visto que a universidade não possui estudo da demanda de consumo, o que representa um grande impasse para a distribuição do volume de água de abastecimento correto pela empresa. Dessa forma para amenizar o problema, a universidade tem utilizado outros meios ainda insuficientes para abastecimento da cisterna (TAVARES e MATOS, 2022).

Hashim *et al.* (2013) apud Tavares (2019), em um estudo de caso desenvolvido na Malásia, concluiu que mais de 50% do suprimento de água total de uma instituição pública pode ser fornecido pelo sistema de aproveitamento de água da chuva e o restante deve ser fornecido pela concessionária de água. Já no panorama estadual, a sensibilização e ação para o aproveitamento e valorização das águas pluviais pode ser uma alternativa viável para atenuar os problemas de abastecimento em áreas urbanas e rurais (UNIFAP, 2021).

### **3.4.1 Projeto de extensão: Plano Diretor Participativo Campus Marco Zero (PDPCMZ)**

As universidades, pelas suas dimensões e quantidade de atividades e pessoas que recebe diariamente, necessitam receber um tratamento similar aos que se dá as cidades, por isso, universidades brasileiras estão implantado planos diretores em seus campus, há décadas (UNIFAP, 2021b, on-line).

Na Universidade Federal do Amapá, tem-se o Plano Diretor Participativo do Campus Marco Zero (PDPCMZ), um projeto de extensão iniciado no ano de 2021, composto por uma equipe técnica multidisciplinar, voltada às questões humanas e tecnológicas, para se pensar um campus sustentável ao longo dos próximos 15 anos. Projeto modelo, dedicado, inicialmente, para o campus do Marco Zero e que, posteriormente, poderia ser realizado nos demais campus da instituição.

Teve como objetivo principal elaborar documentos técnicos capazes de servir como ferramentas de gestão para os diferentes dirigentes da UNIFAP, com o intuito de compatibilizar os interesses coletivos de forma justa à distribuição de recursos, definindo prioridades no ordenamento do território universitário para o desenvolvimento sustentável das atividades universitárias (AMARAL, 2022).

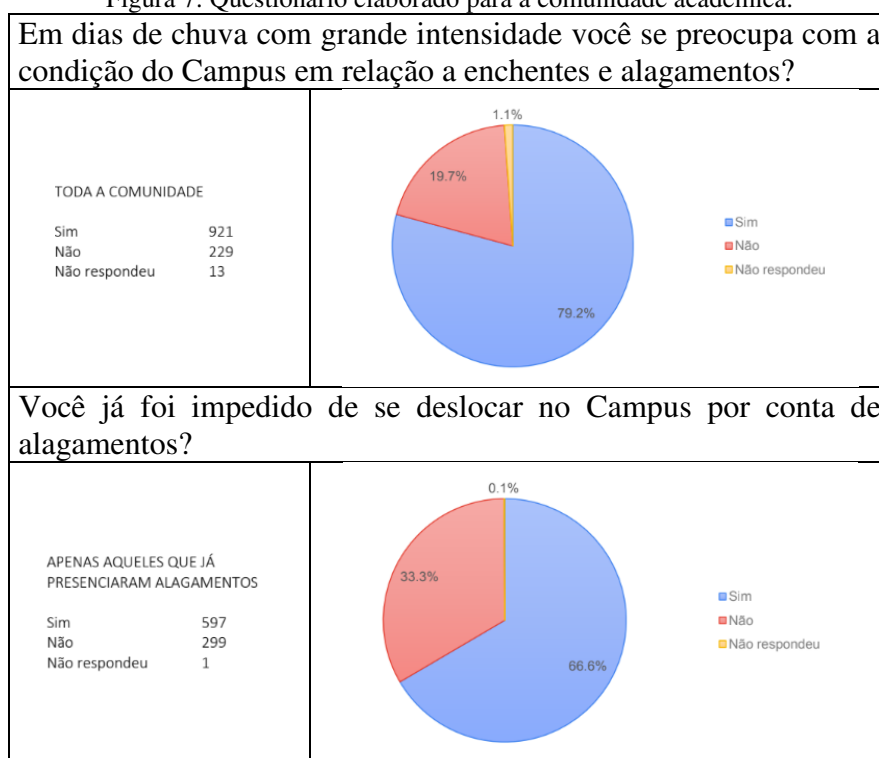
O projeto se dividiu em vários eixos: Abastecimento de água, Drenagem, Resíduos, Infraestrutura, Urbanismo, Energia, Tecnologia e etc., com o intuito de gerar diagnósticos e prognósticos relativos a cada área do conhecimento estudado (AMARAL, 2022; UNIFAP, 2021b).

De acordo com Amaral, 2022; UNIFAP, 2021b, o eixo de Saneamento (abastecimento/drenagem), durante a fase de diagnóstico, como já era previsto, revelou alguns pontos negativos como:

- Ausência de controle de projetos, das construções existentes contendo informações como localização de fossas e sumidouros, sistemas de abastecimento de água de cada bloco, projetos arquitetônicos e outros;
- Pontos de alagamento em grande escala, justificados pelo alto índice pluviométrico e a ineficiência/inexistência das atuais estruturas de drenagem;
- Falta de abastecimento estratégico da água, o que se relaciona com ausência/ineficiência das atuais fontes utilizadas e a ausência de técnicas sustentáveis, como aproveitamento da água da chuva.

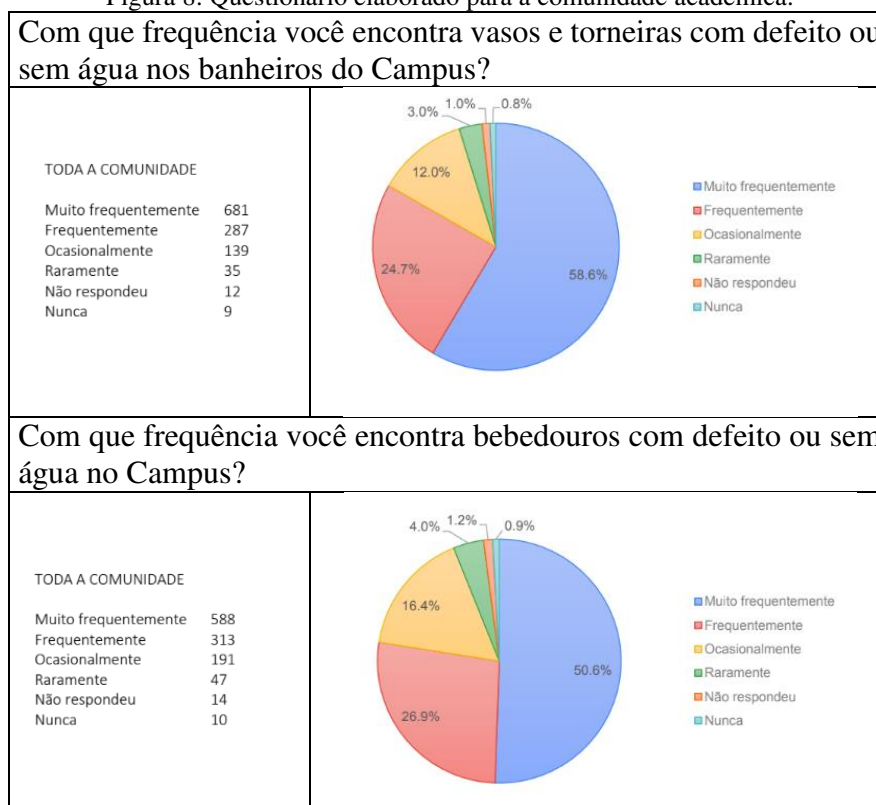
É possível verificar que esses pontos negativos afetam diretamente a comunidade acadêmica, através da pesquisa global de diagnósticos realizada pelo Plano Diretor Participativo Campus Marco Zero em 2022, conforme a Figura 7 e 8.

Figura 7: Questionário elaborado para a comunidade acadêmica.



Fonte: Adaptado de UNIFAP (2021).

Figura 8: Questionário elaborado para a comunidade acadêmica.



Fonte: Adaptado de UNIFAP (2021).

Dessa maneira, a partir do prognóstico foram, portanto, criadas diretrizes, ações que alinhassem os interesses: econômicos, sociais, históricos, energéticos, ambientais, arquitetônicos, climáticos e de mobilidade, buscando sempre aplicar o conceito de desenvolvimento sustentável em toda as suas esferas de atuação (AMARAL, 2022). Desse modo, as diretrizes criadas para o abastecimento de água e drenagem urbana, foram, respectivamente:

O eixo do abastecimento de água tem como objetivo geral diagnosticar a situação atual de abastecimento de água no campus e propor ações com viabilidade técnica, econômica, social e sustentável, que garantam o fornecimento de água em quantidade e qualidade satisfatória para as demandas dos próximos anos (UNIFAP, 2021b, on-line).

O eixo drenagem tem por objetivo criar diretrizes para auxiliar na elaboração dos projetos vinculados a área dentro do Campus Marco Zero, tendo em vista a necessidade de minimizar os riscos os riscos e possíveis prejuízos causados (UNIFAP, 2021b, on-line).

Sendo assim, de acordo com PDPCMZ (UNIFAP, 2021b) o aproveitamento estratégico de águas pluviais surge como impulsionador do desenvolvimento institucional para abastecimento e diminuição da carga hídrica nas estruturas de drenagem, além de outros benefícios como diminuição dos gastos com a concessionária local ou com poços artesianos.

Dessa maneira, a garantia de um espaço universitário melhor é exemplo para toda cidade, no uso do espaço, dos recursos econômicos e naturais.

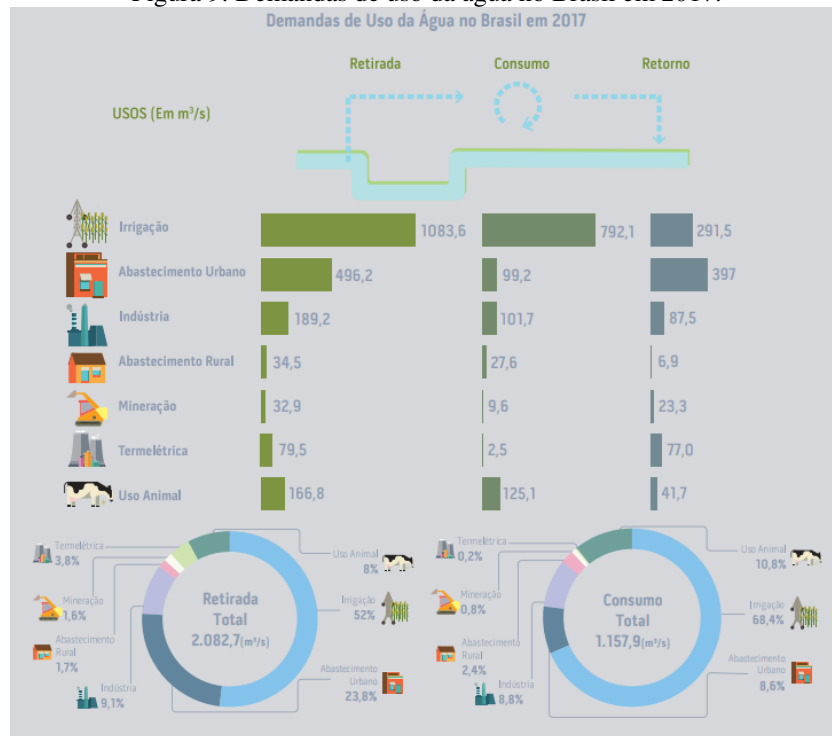
### 3.5 DEMANDAS E USO DA ÁGUA

As demandas de água variam de acordo com o propósito para o qual ela será utilizada. Seja para uso residencial, comercial, rural, industrial, público, entre outros, cada tipo de consumidor requer volumes diferentes de água, seguindo regimes distintos e horários e dias específicos. Neste sentido, toda vez que o uso do solo e parâmetros que compõem as estruturas de oferta e demanda de setores produtivos alteram, a demanda pelo uso da água também altera (ANA, 2022). Todos esses movimentos são suavizados ou intensificados pelas mudanças climáticas, seja por eventos extremos negativos, como secas ou chuvas torrenciais, ou por qualquer outra mudança de comportamento do clima (IPCC, 2022).

O uso é considerado consuntivo quando a água retirada é consumida, parcial ou totalmente, no processo a que se destina, não retornando diretamente ao corpo d'água, como a irrigação, a utilização na indústria e o abastecimento humano. A estimativa de usos consuntivos da água compreende a retirada, que se refere à água total captada para um uso; ao consumo, que corresponde à água retirada que não retorna diretamente aos corpos hídricos; ao retorno, parte da água retirada para um determinado uso que retorna para os corpos hídricos. De uma forma simplificada, o consumo é a diferença entre a retirada e o retorno (ANA, 2019b; 2022).

A Figura 9 apresenta as vazões de retirada, consumo e retorno por tipo de usuário no Brasil segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos com dados referentes ao ano de 2017 (ANA, 2019b).

Figura 9: Demandas de uso da água no Brasil em 2017.



Fonte: ANA (2019b).

As maiores demandas de retirada de água no Brasil ocorrem nos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Bahia. No Rio Grande do Sul predomina a demanda para irrigação de arroz por inundação, já na Bahia e em Minas Gerais, destaca-se a demanda para irrigação em pivôs, e em São Paulo, há uma alta demanda para abastecimento urbano. Cada uso consuntivo da água apresenta uma dinâmica particular, estando as maiores retiradas de água por municípios do País associadas às diferentes dinâmicas sociodemográficas e das atividades econômicas (ANA, 2022).

### 3.5.1 Demandas e uso da água em edifícios

Nas edificações há uma grande dificuldade em se estimar valores de consumo de água. O consumo depende de características físicas como, temperatura do ar, intensidade e frequência de precipitação da chuva, da classe social, das características como área do terreno, e número de usuários (TSUTIYA, 2006 apud TAVARES, 2019). Depende também de características do abastecimento de água como a pressão na rede e qualidade água, além da forma de gerenciamento do sistema de abastecimento e das características culturais da comunidade (MORAIS, 2017).

Em relação à demanda total de água, parte da mesma é destinada para fins potáveis, ou seja, é utilizada para higiene pessoal, para consumo e na preparação de alimentos e outra parcela é utilizada para fins não potáveis, como lavagem de roupas, carros, pisos, calçadas, na irrigação de jardins e na descarga de vasos sanitários (YOSHINO, 2012 apud CASTRO *et al*, 2021).

Souza *et al* (2016) retrata que diversos trabalhos encontrados na literatura apresentam tabelas contendo estimativas de consumo de água não potável, que auxiliam como parâmetros e bases para novas estimativas. Um exemplo disso é representado na Tabela 3, que estima os percentuais do consumo da água necessário para suprir as atividades básicas de uma instituição de ensino a partir de um estudo de caso realizado por Weiller e Santos (2020) em Londrina-PR, no qual subdividiu-se os pontos de consumo conforme suas utilizações potáveis e não potáveis.

Tabela 3: Pontos de consumo de água em uma instituição de ensino superior.

	Ponto de consumo	Percentual (%)	
<b>Potável</b>	Cozinha	12,68%	<b>33,76%</b>
	Torneira de lavatório	11,19%	
	Bebedouro	5,22%	
	Limpeza interna	4,67%	
<b>Não potável</b>	Bacia sanitária alunos	54,14%	<b>66,24%</b>
	Bacia sanitária funcionários	10,53%	
	Limpeza externa	1,57%	
<b>Total</b>		<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Adaptado de Weiller e Santos (2020).

O percentual estimado de consumo de água potável consumida na instituição que pode ser substituído por água para fins não potáveis foi 66,24%. Essa água pode ser utilizada nas descargas de bacias sanitárias e na limpeza externa, irrigação de jardins, lavagem de carros e outras demandas de acordo com as atividades realizadas na instituição (WEILER e SANTOS, 2020).

Proença (2007), realizou estudos em 10 edifícios comerciais em Santa Catarina e verificou que em alguns edifícios analisados, o consumo de água potável para fins não potáveis (limpeza e bacia sanitária) chegou a 86%, o que indica um grande potencial de redução de água potável. Somado a isso, a maioria dos estudos de aproveitamento da água de chuva evidenciam o grande potencial da utilização desta água para usos não potáveis (SOUZA *et al.*, 2016).

A NBR 15.527 (ABNT, 2019) abrange a aplicabilidade do aproveitamento da água de chuva para usos não potáveis após tratamento adequado em: sistemas de resfriamento de água, descargas em bacias sanitárias e mictórios, irrigação para fins paisagísticos, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e reserva técnicas de incêndio.

### 3.6 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

O conceito do uso racional para a conservação da água deve estar associado à gestão, não somente da demanda, assim como da oferta de água, de forma que água de qualidade inferior possa suprir necessidades menos nobres (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Tugoz *et al.* (2017) salientam que, atualmente, pela crescente preocupação com o meio ambiente e o uso consciente da água, a utilização de água tratada para alguns fins menos nobres tornou-se inviável, o que tem impulsionado o aumento crescente de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis.

O aproveitamento de água de chuva consiste em uma prática de baixo impacto negativo que oferece benefícios como a redução do fornecimento de água pelo sistema de abastecimento público e do escoamento superficial e consequente diminuição das inundações a jusante (GUO & GUO, 2018; PELAK & PORPORATO, 2016; KIM *et al.*, 2012).

Em síntese, o aproveitamento da água da chuva reduz o consumo de água potável e diminui a carga de exploração sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. A água da chuva é uma fonte de água natural e renovável, que pode ser coletada, passar por tratamento e usada para finalidades não potáveis, reduzindo a demanda por água tratada/potável, que é um recurso limitado e cada vez mais escasso em muitas regiões do mundo (LEGNER, 2023).

#### 3.6.1 Legislação no Brasil

Destaca-se que até 2017 não existia uma legislação específica para o aproveitamento de água da chuva em nível federal, cabendo a cada estado e município instruírem leis sobre captação de água pluvial. Apesar disso, em 1997 foi elaborada a Política Nacional de Recursos Hídricos - PRNH, Lei Federal nº 9.433/97 (BRASIL, 1997) como a primeira idealização de preservação e racionalização de uso da água.

Desse modo, dentre os objetivos desta lei eram assegurar a necessária disponibilidade de água as futuras gerações, incentivar a utilização racional dos recursos hídricos e realizar a prevenção contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou causados por ação antrópica. Recentemente, foi publicada a Lei nº 13.501/2017 que inclui mais um objetivo a

PNRH: Incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (BRASIL, 2017).

Somado a isso a Lei nº 14.546/2023 altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico), para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento das águas de chuva e de reuso não potável das águas cinzas. Incluída na política federal de saneamento básico, a medida estabelece que as redes hidráulicas e os reservatórios de águas cinzas e de águas da chuva não devem se comunicar com a rede hidráulica de água potável, estabelece ainda que águas cinzas e de chuva devem passar por tratamento prévio antes do uso nas edificações (BRASIL, 2023).

No entanto, apesar dessa preocupação com os recursos hídricos e o novo incentivo ao aproveitamento de água pluvial, o Brasil ainda necessita de legislações específicas que conduzam às práticas de aproveitamento e estabeleçam casos de obrigatoriedade. Pensando nisso, na carência de uma política nacional em termos de regulamentação da coleta de águas pluviais, algumas leis estaduais e principalmente regulamentos municipais assumiram a tarefa de cobrir essa lacuna legislativa (CASTRO *et al.*, 2021).

Em alguns estados brasileiros já existem normas referentes a caracterização sanitária da área de captação, como o estado de Santa Catarina e Rio de Janeiro, representado pelas normas nº 1846/2018 e 9164/2020, respectivamente:

Somente poderão ser aproveitadas as águas pluviais coletadas em coberturas e telhados onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais e que não sejam fabricadas com material tóxico ou com pinturas à base de zinco, cromo e chumbo (Santa Catarina, 2018, art. 73).

Serem dotados de sistema da captação das águas provenientes exclusivamente das coberturas e telhados onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais e providos de dispositivos, como grades e telas, para remoção de sólidos indesejáveis, como folhas, pedaços de madeira, restos de papel, insetos, entre outros, impedindo a sua entrada no interior do referido reservatório (Rio de Janeiro, 2020, art. 4).

Em um estudo realizado por Tavares (2019) pôde-se constatar que 16 estados brasileiros possuíam legislações referentes ao tema. Esse valor representa 62% do total dos estados brasileiros. Os estados que ainda não haviam estabelecido políticas legais de incentivo ao aproveitamento de água de chuva foram: Alagoas, Amazonas, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Rio Grande do Norte, Roraima, Santa Catarina e Sergipe (TAVARES, 2019).

No estado do Amapá, a legislação sobre o tema baseia-se na Lei Ordinária nº 2.003/2016 que dispõe sobre o Poder Executivo, através do órgão responsável, inserir nos projetos arquitetônicos dos órgãos do Estado do Amapá a instalação de sistema de coleta para captação

da água de chuva. E a Lei nº 1.997/2016 Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de práticas e métodos sustentáveis na construção civil do Estado do Amapá como a reutilização de água de chuva para fins não potáveis como rega de jardim e descargas dos sanitários e lavagem de áreas externas; e dá outras providências.

Dessa maneira, o estudo da potencialidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva em municípios de pequeno porte pode ser utilizado como instrumento para a elaboração de uma minuta de lei nos municípios a fim de incentivar o aproveitamento de água de chuva, tanto nas zonas urbanas quanto nas zonas rurais, seja para atendimento complementar ou integral em casos de extrema necessidade (TAVARES, 2019).

### 3.7 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO

O sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável consiste em um conjunto de elementos, de tecnologia relativamente simples e econômica, que objetiva captar e armazenar a água de chuva para uso futuro (IPT, 2015).

No Brasil, a captação de águas pluviais para aproveitamento não potável é regida pela norma brasileira NBR 15527 (ABNT, 2019) na qual as águas pluviais podem ser aproveitadas 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.

As plantas de tratamento de água de chuva geralmente apresentam concepções semelhantes (MENEZES, 2016). Geralmente, após a incidência de precipitação, a água é coletada no telhado e conduzida por calhas e condutores até um sistema de pré-tratamento onde ocorre a filtração e o descarte do escoamento inicial da água coletada, em seguida esta é encaminhada a um reservatório. A água retirada deve ser bombeada diretamente para as demandas ou um segundo reservatório superior para assim distribuí-la, e o excesso de água coletado além da capacidade de armazenamento do primeiro reservatório é extravasado (SAMPLE *et al.*, 2013; MENEZES, 2016, BRAGA, 2017).

Além desses componentes, se necessário o sistema ainda pode conter outros dispositivos para tratamentos, compostos de unidades de sedimentação, equipamento de filtração e desinfecção da água (MORAIS, 2017).

A Figura 10 e 11 mostram a representação esquemática simplificada de sistemas de aproveitamento de água da chuva e suas etapas para melhor entendimento.

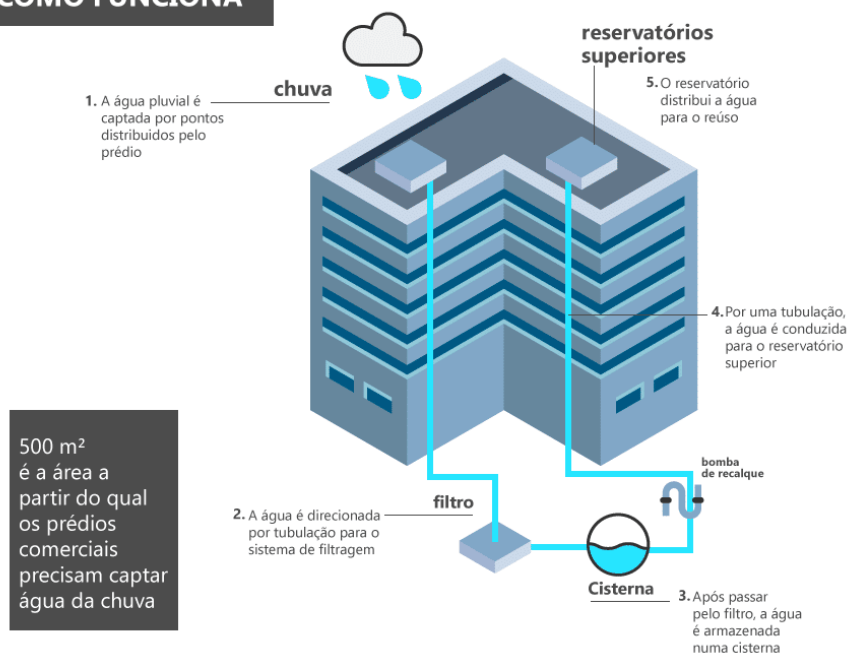
Figura 10: Representação esquemática dos componentes de sistemas de aproveitamento de água da chuva em residências.



Fonte: Assis engenharia (2019).

Figura 11: Representação esquemática dos componentes de sistemas de aproveitamento de água da chuva em prédios comerciais.

### COMO FUNCIONA



Fonte: Construtora (2018).

### 3.7.1 Área de captação

Segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2019b), área de captação é definida como sendo a área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. Geralmente são telhados de casas ou indústrias, podendo ser de telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas de zinco, telhas ferro galvanizado, telhas de concreto armado, telhas de plásticos, telhado plano revestido com asfalto, entre outros (TOMAZ, 2010).

O tamanho da área de captação influencia diretamente no volume de reservação, de modo geral, quanto maior a área de coleta, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais apresentam-se vantajosos. Para edifícios, é indicado que a área de coleta disponível seja superior a 250 m<sup>2</sup> (TOMAZ, 2011; BRASIL, 2014).

Além disso, a quantidade de água coletada também depende do material do telhado, uma vez que este é refletido na escolha do coeficiente de escoamento superficial (RIBEIRO & MARINOSKI, 2020). Pode-se observar valores de coeficiente de escoamento superficial dado o tipo de material da cobertura, conforme a Figura 12, abaixo.

Figura 12: Valores de coeficiente de escoamento superficial para diferentes tipos de cobertura.

Material da cobertura	Coeficiente de runoff	Fonte
Telhados verdes	0,27	Khan (2001)
	0,20	Thomas e Martinson (2007)
Cerâmico	0,56	Khan (2001)
	0,75 – 0,95	Pruski et al., (2004)
	0,80 – 0,90	Hofkes e Frasier (1996)
Metálico	0,81– 0,84	Liaw and Tsai (2004)
	0,80 – 0,85	UNEP (2004)
	0,95	Lancaster (2006)
	0,90 – 0,95	Wilken (1978)
Cimento	0,62 – 0,69	UNEP (2004)
	0,81	Liaw and Tsai (2004)
Alumínio	0,70	Ward et al. (2010)
Plástico	0,94	Khan (2001)
Concreto asfáltico	0,90	Lancaster (2006)
Aço galvanizado	> 0,90	Thomas e Martinson (2007)

Fonte: Ribeiro e Marinoski (2020).

Além de influenciar na quantidade de água coletada, o material do telhado tem papel determinante na qualidade da qualidade de água de chuva após o contato, principalmente em telhados com sistemas vegetados (SOUZA, 2020).

### **3.7.2 Calhas e condutores**

Tavares (2019) afirma que a importância do dimensionamento de sistema de drenagem do telhado é ressaltada quando consideramos a interação com fatores meteorológicos, uma vez que isso tem um impacto direto no volume de reservação.

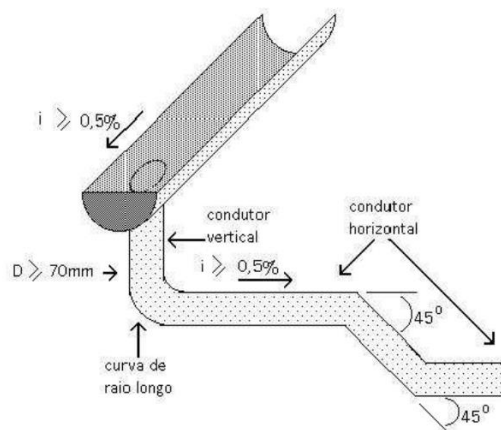
No sistema, tem-se componentes que captam e conduzem a água para os reservatórios de armazenamento. Tais componentes são as calhas e os condutores que devem atender a ABNT NBR 10844:1989 e NBR 15527:2019.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019), o período de retorno de chuva deve ser fixado conforme as características da área a ser drenada, devendo ter o período mínimo de 25 anos, além da observação da vazão de projeto e a intensidade pluviométrica. Esses fatores podem ser um limitante para o volume de água que é destinada ao reservatório (TAVARES, 2019).

As calhas, conforme a NBR 10884 (ABNT, 1989), são os canais responsáveis pelo recolhimento da água das coberturas, terraços e similares e pela condução até um ponto específico. Essa norma define ainda os condutores horizontais e verticais, aqueles são tubulações horizontais destinadas a recolher e conduzir águas de chuva até os locais permitidos pelos dispositivos legais, enquanto estes são tubulações verticais destinadas a recolher as águas das calhas, coberturas, terraços e similares, além de conduzi-las para a parte inferior do edifício.

A Figura 13, apresenta um esquema de instalações prediais para drenagem e direcionamento das águas pluviais no telhado.

Figura 13: Instalações prediais de drenagem pluvial.



Fonte: Universidade de Franca (2018).

Ainda segundo a NBR 10844 (ABNT,1989), nos condutores verticais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro. Nos condutores horizontais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria.

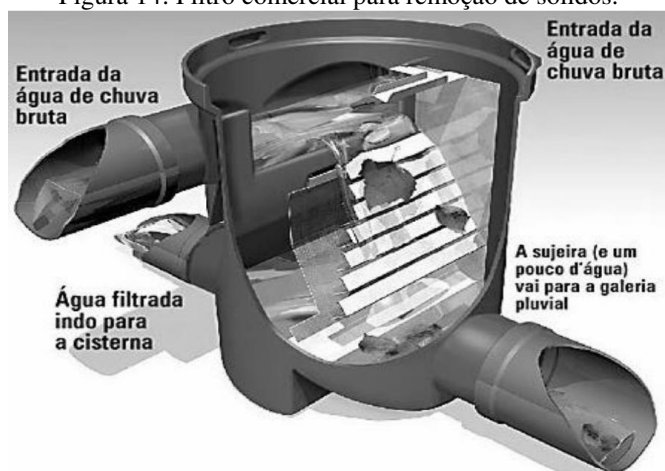
Em um estudo realizado pela Embrapa (OLIVEIRA, *et al.*, 2012), verificou-se que quando o sistema de aproveitamento de água de chuva é destinado à produção de suínos e aves, é aconselhável que o material usado nas calhas seja em PVC, para uma maior durabilidade, quando comparado com calhas metálicas, pois são menos atacados pelos gases gerados no local de produção animal, principalmente o H<sub>2</sub>S (sulfato de hidrogênio), que pode causar a oxidação das calhas construídas com materiais metálicos.

### 3.7.3 Filtros e grelhas

A qualidade da água de chuva, na maioria das vezes, diminui ao passar pela superfície de captação (PALHARES, 2016; HOSS *et al.*, 2022). Nesse sentido, recomenda-se a instalação de um sistema de pré-tratamento antes da reservação, cujo pode ser composto por um sistema de filtração e reservatório de descarte da primeira chuva (PERIUS,2016). Dessa maneira, objetiva-se aprimorar a qualidade da água e prevenir o risco de sua deterioração durante o armazenamento (ABNT, 2019).

Por sua vez o sistema de filtração permite um maior aproveitamento do volume de água de chuva captado pelo telhado (HOSS *et al.*, 2022). Nesse sistema geralmente os sólidos grosseiros são retirados, ocorre a remoção de impurezas, como folhas e outros detritos (Figura 14) (SILVA, 2018).

Figura 14: Filtro comercial para remoção de sólidos.



Fonte: Hagemann (2009) apud Morais (2017).

Uma forma prática e muito utilizada é a aplicação de telas sobre as calhas, que impedem a entrada desses detritos antes mesmo de haver a reunião das águas coletadas em um único ponto (HOSS, 2020).

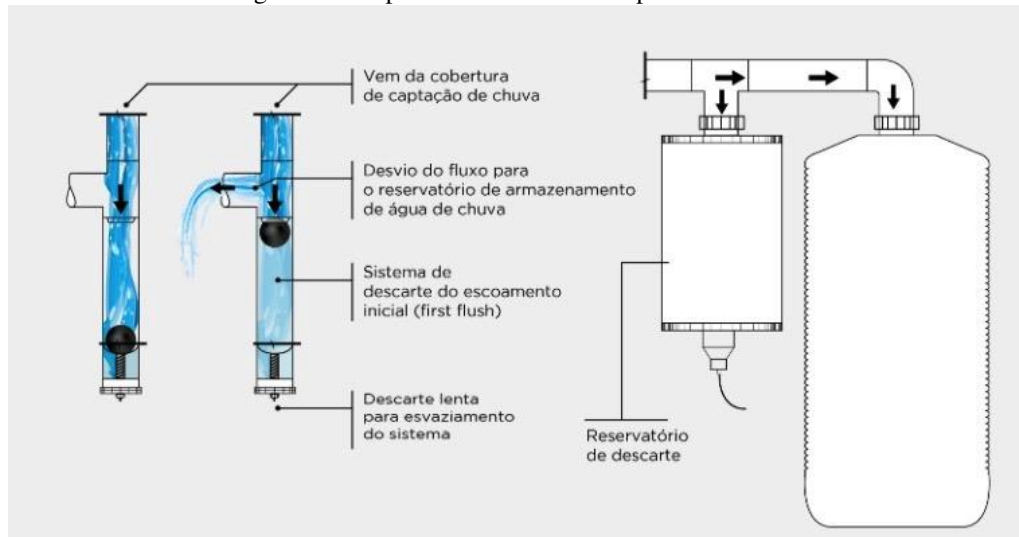
A manutenção desses dispositivos deve ser realizada periodicamente, a fim de evitar a obstrução de materiais grosseiros. A NBR 15527 (ABNT, 2019) orienta que esses componentes passem por limpeza trimestral, além de serem inspecionados mensalmente.

### 3.7.4 Descarte da primeira chuva

Descartar os primeiros milímetros de chuva, constitui uma importante fase do sistema, pois a chuva faz a limpeza da atmosfera e da área de captação (PALHARES, 2016; HOSS *et al.*, 2022). O escoamento inicial da água sobre o telhado exibe um primeiro efeito de descarga, onde a superfície é “lavada” e as concentrações de poluentes e contaminantes diminuem normalmente à medida que a precipitação continua (SILVA, 2018). Dessa forma, quando não há realização desse descarte a primeira água escoada pode influenciar as características da água restante a ser armazenada sendo a concentração de microrganismos patogênicos superior

quando não ocorre o descarte dos primeiros milímetros de chuva (HOSS *et al.*, 2022). Esse descarte é realizado pelo dispositivo de descarte da primeira chuva, presente na Figura 15.

Figura 15: Dispositivo de descarte da primeira chuva.



Fonte: Reis (2018).

Um estudo realizado no Território do Alto Uruguai Catarinense, Santa Catarina, apontou valores mais elevados para a maioria dos parâmetros analisados na primeira água chuva (HOSS *et al.*, 2022).

O volume de água descartado depende do tamanho da área de captação, sendo normalmente adotado o descarte de 2 mm de chuva para cada metro quadrado de telhado (TAVARES, 2019). A NBR 15527 (ABNT, 2019) recomenda a adoção de 2 mm por metro quadrado nos casos em que o projetista não disponha de informações que justifiquem a adoção de outro valor.

### 3.7.5 Reservatório

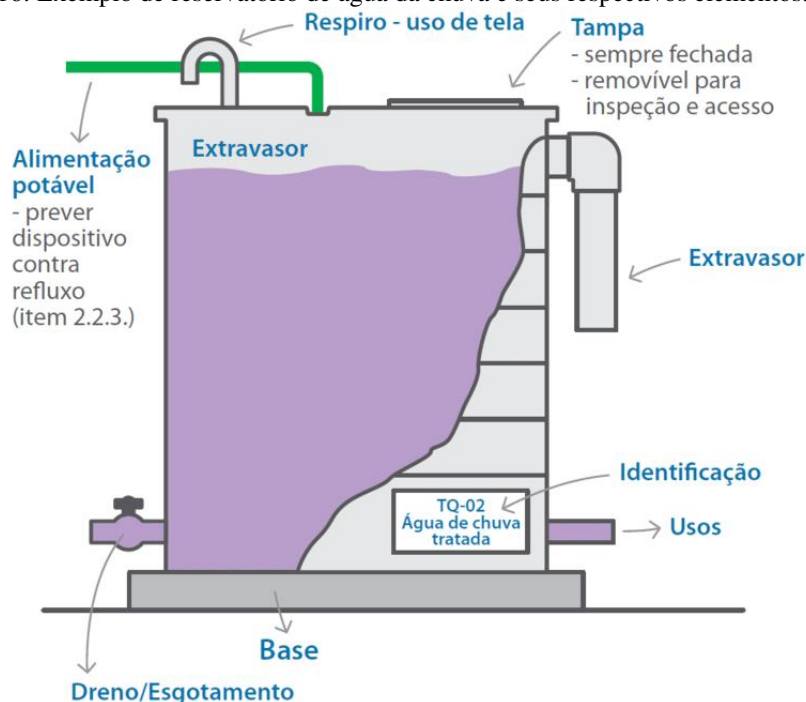
Após concluir o processo de captação, filtração e tratamento da água de chuva, o volume de água é conduzido ao reservatório de armazenamento (Figura 16) (MORAIS, 2017). Esses reservatórios podem estar enterrados, ao nível do solo ou elevados dependendo da sua localização, do espaço disponível, da superfície de captação (telhado ou pavimento), do tipo de distribuição de água pretendido (gravimétrico ou por bombeamento) ou do material do qual são constituídos (concreto armado, fibra de vidro, aço galvanizado, polipropileno, entre outros) (PERIUS, 2016).

De acordo com o manual prático da conservação da água em edifícios públicos, havendo recursos suficientes, o reservatório poderá ser projetado para coletar toda a chuva disponível anualmente, visto que a quantidade de chuva a ser coletada, depende, portanto, dos recursos disponíveis para a construção do reservatório de armazenamento, visto que seu custo pode representar entre 50% e 85% do custo total do sistema (TOMAZ, 2010). Nos períodos secos, o suprimento deverá ser efetuado através de outras fontes tais como, água fornecida pela concessionária local, água subterrânea ou água de caminhões (BRASIL, 2014).

Os reservatórios do sistema de aproveitamento de água de chuva deverão atender às normas técnicas vigentes aplicáveis à concepção, instalação e manutenção. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019), os reservatórios devem:

- Ser seguros e fechados;
- Possuir extravasor, dispositivo de esgotamento (por gravidade ou por bombeamento), inspeção e ventilação;
- Possuir mecanismos que evitem a entrada de insetos, roedores ou outros animais, como telas;
- Ser devidamente identificados (assim como o restante dos elementos do sistema);
- Proteger a água da incidência direta de luz solar, evitando-se a proliferação de algas;
- Ser separados dos reservatórios de água potável;
- Ser inspecionados anualmente, e limpos quando necessário.

Figura 16: Exemplo de reservatório de água da chuva e seus respectivos elementos.



Fonte: Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2019).

Para evitar o arraste de materiais flutuantes e a ressuspensão de sólidos o reservatório deve ser projetado de forma que o turbilhonamento seja minimizado e a saída de água seja próxima à superfície, evitando assim o carreamento de sedimentos indesejados (CBIC, 2019). A norma recomenda que a retirada de água seja realizada em altura cerca de 15 cm abaixo do nível d'água, o que pode ser realizado por meio dispositivos de sucção flutuantes acoplados às bombas (CBIC; ABNT, 2019).

Para que seja possível a utilização de água do reservatório de água de chuva em épocas de baixa intensidade pluviométrica, recomenda-se que haja alimentação de água potável (backup). Nesse caso, aplicam-se as mesmas disposições sobre a necessidade da presença de dispositivo contra refluxo/contaminação da rede potável (CBIC, 2019).

### 3.8 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

A NBR 15.527 (ABNT, 2007), em seu anexo A, apresenta variados métodos de cálculos para dimensionamento dos reservatórios, cujos são: método de Rippl, método da simulação, método Azevedo Neto, método prático alemão, método prático inglês e método prático australiano. Este fato pode evidenciar a fragilidade desse instrumento, que deveria normatizar o processo de dimensionamento de reservatórios de água de chuva, mas, por outro lado, não indica claramente a melhor técnica para essa finalidade, deixando ao critério do projetista a escolha do método (TAVARES, 2019).

A atualização da normativa da NBR 15.527 (ABNT, 2019) confirmou a inelegibilidade de métodos de dimensionamento do reservatório, pois retirou inteiramente os métodos indicados anteriormente, ficando inteiramente a critério do projetista a definição das condições técnicas, ambientais e econômicas, para a realização do dimensionamento (ABNT, 2019b).

Existem também softwares para o dimensionamento de reservatórios, um dos mais utilizados é o Netuno. O software Netuno desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, tem como uma de suas principais funções identificar o volume ideal do reservatório, levando em conta os aspectos econômicos, para sistemas de aproveitamento de águas pluviais (MORAIS, 2017).

Em um estudo realizado por Rupp *et al.* (2011), comparou-se os métodos de dimensionamento indicados na norma ABNT 2007 e a utilização do programa Netuno, e se obteve as seguintes conclusões:

Nenhum dos métodos fornece o potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório de água pluvial, à exceção do Netuno, que foi então utilizado para calcular o potencial de economia dos reservatórios obtidos por cada um dos outros métodos (Rupp *et al.*, 2011, p.17).

O Netuno também foi o único cujo dimensionamento sempre se ajustou em função da demanda de água pluvial e do regime de precipitação (Rupp *et al.*, 2011, p.17).

### 3.9 VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA

A viabilidade econômica do sistema encontra-se intrinsecamente ligada à economia gerada pelo uso de água potável e ao período necessário para recuperar o investimento inicial (LIMA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2019). Essas variáveis consideram fatores como a área de captação; o potencial pluviométrico; a demanda que pode ser suprida pela água pluvial; as dimensões do reservatório; as economias nos custos de construção; entre outros (MORAIS, 2017). Consequentemente, a viabilidade econômica se revela como uma característica específica de cada local de estudo.

Silva *et al.* (2019) apresenta resultados promissores em sua pesquisa conduzida em uma instituição de ensino federal em Recife-PE, ao adotar um sistema de aproveitamento de águas pluviais, os autores destacam os ganhos tanto ambientais quanto econômicos oriundos desse sistema. De acordo com o estudo, é estimada uma economia de 8,12% no consumo de água potável, atendendo a uma demanda não potável de 15%. Isso corresponde a uma economia de cerca de 356m<sup>3</sup> de água potável, o que se traduz em uma diminuição de despesas de aproximadamente R\$ 3.375,32 por mês. Esse cenário resulta em ganhos financeiros que possibilitariam a recuperação do investimento inicial de R\$ 48.177,47 em um período de 1 ano e 2 meses.

Em estudos semelhantes conduzidos por Lima *et al.* (2017), em uma escola pública também na região do Recife-PE, o custo de implantação do sistema foi avaliado em R\$ 38.715,48. Ao ser contrastado com a economia anual de R\$ 6.381,24, resultante da substituição de 59,6% do consumo de água potável pelo aproveitamento pluvial, o período de recuperação do investimento foi projetado em 6 anos e 25 dias.

Na Universidade Estadual do Pará o potencial de economia obtido através do dimensionamento do sistema, foi de 23,1% água potável (CASTRO *et al.*, 2021). Vale ressaltar

que os valores percentuais de economia apresentam notáveis discrepâncias, uma vez que são influenciados pelas particularidades das edificações, mesmo quando os estudos de caso são realizados na mesma cidade, ou até mesmo edificações próximas.

Tendo em vista tais estudos, é importante que iniciativas de pesquisas sustentáveis continuem sendo implementadas aos prédios públicos, pois neles, o usuário não participa diretamente dos gastos com a manutenção dos aparelhos hidrossanitários e com a conta de água e, por isso, tende a se sentir menos responsável pela sua conservação (MARINOSKI, 2007; NUNES, 2015).

## 4 METODOLOGIA

Esta pesquisa pode ser apontada como quantitativa e qualitativa, uma vez que do ponto de vista quantitativo, objetiva-se obter parâmetros numéricos para verificação da viabilidade técnico-econômica de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), a fim de solucionar problemas específicos enfrentados na área de estudo e, do ponto de vista qualitativo, tem como finalidade descrever os fenômenos de determinado lugar, no caso a UNIFAP, campus Marco Zero.

Em paralelo a pesquisa bibliográfica apoiará o estudo, através de livros, artigos, revistas, documentos científicos, banco de dados meteorológicos, documentos de projetos de extensão da UNIFAP, e Relatórios com referências de custo.

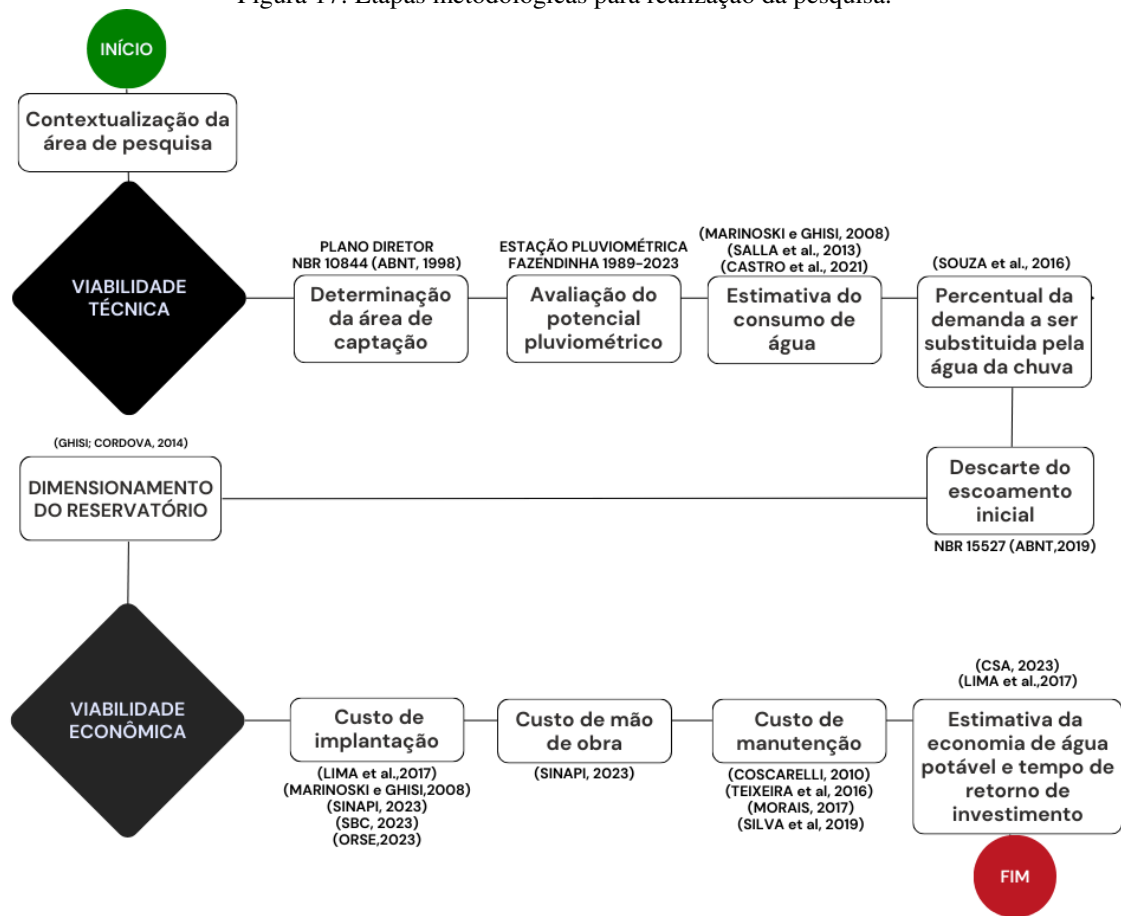
A abordagem metodológica escolhida e elaborada nesta pesquisa tem como propósito analisar e comparar os cenários de duas edificações padrões do campus, assim discriminados edifício de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo e Laboratório de Engenharia, determinando a viabilidade técnica e econômica, para implantar um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis, considerando os aspectos quantitativos, de modo a verificar se a quantidade de água pluvial armazenada, atende satisfatoriamente as demandas de águas não potáveis, seus custos, a economia gerada pelo uso e tempo de retorno do investimento inicial.

No primeiro momento, foram abordadas informações referentes às áreas de cobertura, a coleta de dados pluviométricos da região, o consumo de água total estimado, o consumo de água para fins não potáveis, a variação do potencial de economia de água em função do reservatório, o percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial e o reservatório de armazenamento.

Em seguida, verificou-se os custos de implantação e os custos de operação do SAAP, de modo a avaliar a economia de água potável, os benefícios econômicos gerados, e o período de retorno do investimento.

Na Figura 17 é apresentado o fluxograma com as etapas metodológicas desta pesquisa, as quais serão descritas nos tópicos a seguir.

Figura 17: Etapas metodológicas para realização da pesquisa.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA

A Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), fundada em 1990, dois anos após a constituição de 1988, a qual transformou o antigo território do Amapá em Estado, iniciou suas atividades como Instituição de Ensino Superior no Campus Marco Zero e como instituição de direito e de fato, o primeiro vestibular aconteceu em 1991 para os cursos de Direito, Secretariado Executivo, Geografia, História, Matemática, Letras, Educação Artística e Enfermagem. Com a oferta inicialmente em 1991 dos cursos de Direito, Secretariado Executivo, Geografia, História, Matemática, Letras, Educação Artística e Enfermagem (UNIFAP, 2019).

Atualmente, a UNIFAP oferece 52 (cinquenta e duas) opções de cursos de graduação presenciais e a distância, distribuídas nas áreas do conhecimento anteriormente mencionadas,

assim como, 04 (quatro) de doutorado, 13 (treze) cursos de mestrado e 19 (dezenove) cursos de especialização *lato sensu* (UNIFAP, 2019).

Dessa maneira, a Universidade passa a assumir papel importantíssimo para o Estado, possuindo a responsabilidade de qualificar a mão de obra local e assumir o protagonismo do desenvolvimento da região.

O campus Marco Zero localiza-se na Capital do Estado do Amapá, Macapá, Rodovia Josmar Chaves Pinto (anteriormente denominada Rod. Juscelino Kubitschek até 29/06/2021), km 02 – Jardim Marco Zero, zona sul do município.

Figura 18: Recorte geográfico espacial da área de estudo.



Fonte: UNIFAP (2021b).

Na imagem acima (Figura 18) é possível observar o campus em sua totalidade, com aproximadamente 842.670,75 m<sup>2</sup>, e se ter noção do nível de urbanização e fluxo de pessoas na universidade, características relevantes para as análises deste trabalho.

A região utilizada para análise da viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema aproveitamento da água da chuva, foi a região média de duas edificações padrões, o prédio do curso engenharia civil e arquitetura e urbanismo e o laboratório de engenharia civil, o qual se localiza na parte norte da universidade, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19: Recorte geográfico espacial da área de estudo.



Fonte: Autor (2023).

Para padronizar a pesquisa, o prédio de engenharia civil e arquitetura e urbanismo será referido como "Bloco I", enquanto o prédio do laboratório de engenharia civil será designado como "Bloco II".

Figura 20: Prédio de engenharia civil e arquitetura e urbanismo - UNIFAP.



Fonte: UNIFAP (2019).

Figura 21: Prédio de laboratório de engenharia civil - UNIFAP.



Fonte: UNIFAP (2019).

Os Blocos I e II (Figura 20 e 21) possuem respectivamente, 1.287m<sup>2</sup> e 790m<sup>2</sup> de área construída. Ambas edificações são semelhantes em termos de estrutura, contando com dois pavimentos, diversas salas de aula/laboratório, circulação, 4 banheiros sociais e 2 para portadores de necessidades especiais - PNE, divididos entre os pavimentos.

Além dos problemas supracitados neste trabalho de abastecimento de água e drenagem urbana no campus (capítulo 3.4). O interesse na área se baseou por estar localizada em uma área limítrofe de construções de edifícios, os quais estão em posicionamentos bem definidos,

além do espaço apresentar diretrizes já definidas pelo plano diretor do campus para futuras construções: como a previsão da localização dos prédios futuros e uma possível bacia de contribuição para drenagem próxima à região.

Outrossim, a implantação do SAAP nesse local favoreceria os estudos do laboratório de engenharia civil no componente de hidráulica, e facilitaria a expansão para outras áreas do campus Marco Zero, visto que o sistema deve ser aplicado por áreas, devido a limitação de armazenamento dos reservatórios de água.

## 4.2 VIABILIDADE TÉCNICA

### 4.2.1 Área de captação

Para o correto dimensionamento e determinação do potencial de aproveitamento de água pluvial foi necessário o levantamento da área total do telhado do Prédio 1 e 2 para captação de água, que foi determinada a partir das medidas da cobertura do bloco, dado que as dimensões foram obtidas através do auxílio do mapa disponibilizado pelo plano diretor, o qual disponibiliza ferramentas de medição linear e de áreas.

Para a realização do cálculo da área de cobertura utilizou-se a Equação (1) como se pode observar abaixo conforme descrito na Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1989) que pode ser encontrada na NBR 10844:

$$A = a \times b \quad (1)$$

Em que:

**A** = Área total do telhado do bloco I (m<sup>2</sup>);

**a** = Largura do telhado (m);

**b** = Comprimento do telhado (m).

Ademais, através de visita ao local, observou-se que as superfícies de ambos os prédios analisados são do tipo metálicas, admitindo-se como coeficiente de escoamento superficial o valor de 0,9, conforme a Figura 12, presente no capítulo 3.7.1.

#### **4.2.2 Avaliação do potencial pluviométrico**

Os dados pluviométricos locais para os cálculos foram extraídos com base no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para a análise mais assertiva da precipitação diária, buscou-se os dados coletados da estação mais próxima com informações mais consistentes: a estação pluviométrica convencional da fazendinha.

Optou-se pela utilização da estação Fazendinha (82098) do INMET, pois foi a que apresentou menores falhas na leitura temporal, além de possuir uma extensa base de dados, o que é essencial pois, buscou-se analisar a série histórica entre os anos de 1989-2023, na data de 31/01/1989 a 31/01/2023. De acordo com os dados coletados por essa estação é possível entender a precipitação anual, mensal e diária nos 34 anos (aproximadamente 12.410 dias) analisados.

A estação Fazendinha (82098), trata-se de uma plataforma de coleta de dados (PCDs) Agrometeorológica (CPTEC/INPE), situada no distrito da fazendinha na zona oeste de Macapá, com coordenada geográfica  $0^{\circ}02'24.0''S$  e  $51^{\circ}06'36.0''W$ . A distância em linha reta entre a estação e a área de estudo é de aproximadamente 4,8 km.

Figura 22: Distância entre a estação fazendinha e área de estudo.



Fonte: Autor (2023).

Nesse sentido, a partir desses registros de precipitação urbanos, é possível calcular a quantidade de água da chuva que pode ser captada e suas disposições ao longo do ano. Além disso, é importante destacar que, de acordo com o software Netuno, quando não há medições disponíveis ou quando são imprecisas, a precipitação é considerada como zero. Essa abordagem visa aumentar a confiabilidade dos resultados da simulação, garantindo que não haja interrupções nos dados.

#### 4.2.3 Estimativa do consumo de água

Para estimativa do consumo de água, no primeiro momento houve levantamento da população ativa nos prédios. A partir dos dados fornecidos pelos técnicos da UNIFAP, constatou-se que três cursos estão alocados no Bloco I. Além dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo o curso de Química também utiliza o espaço, embora parcialmente, com apenas com duas turmas ativas.

Para o Bloco de laboratório (II), considerou-se que sua utilização se dá pelo mesmos discentes de engenharia civil do bloco de sala de aula (I). Dessa maneira, afirma-se que a população do bloco I é a mesma do bloco II, não havendo necessidade de contar separadamente. Desse modo, foram quantificados todos os usuários, incluindo discentes, docentes e funcionários ativos do Bloco I.

Nas edificações há uma grande dificuldade em se estimar valores de consumo de água (TAVARES, 2019). Nesse sentido, este trabalho buscou utilizar fontes já retratadas na literatura científica.

Conforme os valores encontrados por Marinoski e Ghisi (2008), Salla *et al.* (2013) e utilizados por Castro *et al.* (2021) em um estudo de caso para um bloco de salas de aula da Universidade Estadual do Pará, o consumo total de água chegou de 20 a 30 L/aluno por dia. Nesse sentido, para esta pesquisa, será adotado o valor de 30 L/aluno por dia.

Com isso, considerando o consumo per capita adotado, calculou-se então a demanda total de água dos prédios, sendo tal valor multiplicado pelo número de alunos, resultando no consumo de água total dos prédios.

#### **4.2.4 Percentual da demanda a ser substituída pela água da chuva**

Neste trabalho, explanou-se que, de acordo com Weiller e Santos (2020) o consumo de água para fins não potáveis pode representar até 66,24% do consumo total de uma instituição de ensino superior. Além disso, Hashim (2013) apud Tavares (2019), afirma que a água utilizada em prédios públicos que pode ser substituída pela água da chuva equivale a mais de 50% da demanda total de água utilizada nesses locais.

Em seu estudo sobre o aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra-RJ, Souza *et al.* (2016) estabeleceram que os cenários de consumo de água não potável no campus universitário representam estimativas percentuais de até 50% da demanda total.

É importante ressaltar que os levantamentos de caracterização dos usos finais de água para as atividades que não necessitam utilizar água potável variaram consideravelmente em instituições de ensino superior (Souza *et al.*, 2016). Sendo assim, neste trabalho se considerou uma demanda de 50% de água para fins não potáveis a ser substituído por água da chuva.

#### 4.2.5 Descarte do escoamento inicial

O valor adotado para o descarte de precipitação inicial é de 2mm, conforme recomendado pela NBR 15527 (ABNT, 2019).

#### 4.2.6 Dimensionamento do reservatório de água da chuva

Para avaliar o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial, será utilizado o algoritmo do programa Netuno (GHISI e CORDOVA, 2014), utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais, no qual será possível identificar o volume ideal do reservatório de armazenamento, estimar o potencial de economia de água potável para um ou mais volumes de reservatório, além do volume extravasado de água pluvial, entre outros.

Os dados de entrada para a simulação dos sistemas de captação de água pluvial foram:

- a) precipitação volumétrica diária da região;
- b) descarte do escoamento inicial (mm);
- c) área de captação, a demanda total de água (litros per capita/dia);
- d) número de pessoas ou usuários da edificação;
- e) percentual da demanda total de água potável que poderá ser substituída por água pluvial;
- f) o coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de Runoff).

É importante ressaltar, que os dados inseridos no programa serão a soma das informações dos dois prédios analisados, visto que no estudo realizado eles compõem o mesmo Sistema de aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP).

Para determinar o volume ideal para o reservatório, foi preciso estimar um volume máximo do reservatório (litros) maior que a demanda diária de água pluvial, a fim de suprir o consumo necessário. Determinou-se, também, o intervalo entre os volumes (litros) dos reservatórios e a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial ( $\%/m^3$ ).

O volume de reservatório deve ser maior que a demanda diária de água pluvial, para que supra esse consumo diário e possa manter uma reserva para épocas de baixa precipitação

pluviométrica. A demanda diária de água pluvial é calculada pelo próprio programa Netuno, conforme apresentado na Equação 2.

$$D_{\text{pluvial}} = C_{\text{diário per capita}} \times P \times AP \quad (2)$$

Onde:

**D<sub>pluvial</sub>** = Demanda diária de água pluvial (litros/dia);

**C<sub>diário per capita</sub>** = Consumo diário de água potável per capita (litros/dia/pessoa);

**P** = População total;

**AP** = Percentual de água potável que poderia ser substituída por água pluvial (%).

Portanto, para a escolha do volume do reservatório ideal, fez-se variar o volume do reservatório inferior em intervalos de 2.500 litros até se obter o volume desejado. Sendo assim, conforme o volume variava, o sistema determinava um novo potencial de economia de água potável.

Dessa forma, adotou-se o percentual de 1% para a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial de modo que, a variação do volume do reservatório promova um aumento menor ou igual a esse percentual e, assim, estabelecer o volume anterior como ideal para o reservatório inferior.

Ou seja, quando o potencial de economia de água potável começar a variar menor ou igual 1% em relação ao aumento do reservatório, o software escolherá o volume anterior como ideal, tendo em vista os aspectos econômicos. Visto que após essa definição de reservatório ideal, majorações em seu tamanho tendem a gerar ganhos poucos significativos em seu potencial, o que não é interessante economicamente.

Dessa maneira, com base no volume ideal de reservatório calculado pelo software Netuno as dimensões do reservatório foram estabelecidas, indicando também o tipo construtivo de reservatório, baseado nos modelos comumente utilizados na construção civil. Nesta fase, foram analisados mapas de ocupação atuais e futuros disponibilizados pelo Plano Diretor Participativo do Campus Marco Zero (PDPCMZ), além de uma visita *in loco* ao espaço, a fim de indicar o posicionamento do reservatório em um local viável, que não comprometa o fluxo de pessoas, veículos e construções futuras.

### 4.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

#### 4.3.1 Custo de implantação do SAAP

Para cálculos de custos mais assertivos foi modelado um reservatório inferior, de concreto armado do tipo enterrado, com base nas informações obtidas anteriormente no reservatório dimensionado. Nesse sentido, o levantamento de quantitativos foi baseado nas dimensões do reservatório inferior modelado.

A lista dos itens necessários para o sistema foi baseada nos sistemas de aproveitamento de água de Lima *et al.* (2017) e Marinoski e Ghisi (2008).

A partir disso, a estimativa dos custos com a implantação dos reservatórios e compra dos equipamentos foi obtida através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2023) da Caixa Econômica Federal; do Sistema Boletim de Custos (SBC, 2023); e pelo Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE, 2023), desenvolvido pela Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe. As tabelas citadas estabelecem critérios para a elaboração de orçamentos de referência de obras e também foram utilizadas para a obtenção dos custos da compra dos reservatórios e das bombas de recalque.

Ressalta-se que para os equipamentos que ainda não estão presentes nas tabelas de referência, o custo foi pesquisado em lojas nacionais especializadas em sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Na ausência do projeto detalhado, a área de aço foi estimada com base no reservatório de Lima *et al.* (2017) para uma instituição de ensino, 60 kg de aço a cada 1m<sup>3</sup> de concreto.

Além disso, na quantificação dos custos com as tubulações e conectores necessários, para interligar o novo reservatório aos pontos de alimentação, foi considerado um percentual de 15% do valor do reservatório (SILVA *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2017; MARINOSKI e GHISI, 2008; GHISI e FERREIRA, 2007).

### **4.3.2 Custos de mão de obra**

A estimativa dos custos com mão-de-obra foi obtida através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), da Caixa Econômica Federal.

Além disso, determinou-se que após a construção dos reservatórios e compra dos equipamentos, cada trabalhador realizará uma jornada de trabalho de 8 horas diárias para cumprir as atividades de instalações hidrossanitárias, instalações elétricas e acabamentos do sistema, sendo estimado um período de 10 dias para realizar todas as tarefas necessárias para o funcionamento do SAAP.

### **4.3.3 Custos de manutenção e operação**

Para os custos anuais referentes à manutenção e operação do sistema, adotou-se um custo de 20% do valor total da implantação do sistema durante toda sua vida útil, considerando um tempo de vida útil de um sistema de aproveitamento de águas pluviais igual a 20 anos (SILVA *et al.*, 2019; MORAIS, 2017; COSCARELLI, 2010).

Dessa maneira, para este trabalho, considerou-se uma vida útil de 20 anos do SAAP após a implantação. Adotou-se 20% do custo total do sistema e se dividiu o custo total deste sistema por vinte anos para obtenção da estimativa do custo médio anual.

### **4.3.4 Economia de água potável e período de retorno do investimento**

Com o objetivo de calcular a economia de água potável mensal e anual resultante da implementação do sistema, foi realizado o cálculo da discrepância entre a quantidade de água potável utilizada antes e depois da instalação do sistema, conforme a metodologia utilizada por Lima *et al.* (2017).

Para realizar essa análise, a estimativa do consumo médio de água potável mensal e anual foi conduzido com base no consumo per capita de 30 L/aluno por dia. A fim de representar

o consumo do mensal (Equação 3), definiu-se 26 dias de operação, considerando um período de expediente de segunda a sábado, e referente ao consumo anual (Equação 4), multiplicou-se o consumo mensal por 12 meses.

$$C_{\text{mensal}} = C_{\text{diário per capita}} \times P \times d \quad (3)$$

Em que:

$C_{\text{mensal}}$  = Consumo de água potável mensal (litros/mês);

$C_{\text{diário per capita}}$  = Consumo diário de água potável per capita (litros/dia/pessoa);

$P$  = População total;

$d$  = Dias de operação do sistema.

$$C_{\text{anual}} = C_{\text{mensal}} \times 12_{\text{meses}} \quad (4)$$

Em que:

$C_{\text{anual}}$  = Consumo de água potável anual (litros/ano);

$C_{\text{mensal}}$  = Consumo de água potável mensal (litros/mês).

Nessas equações, "população" representa o número de alunos ou indivíduos que estão utilizando a água potável no sistema.

Os cálculos permitem estimar o consumo mensal e anual de água potável após a implementação do sistema, com base nas características e padrões de consumo especificados. Para determinar o consumo mensal de água potável pós-implantação, foi subtraído o percentual de economia de água potável à quantidade total de consumo, conforme a Equação 5. Além disso, para obter o consumo anual, multiplicou-se a estimativa mensal por 12 meses, conforme apresentado na Equação 6.

$$C_{\text{mensal após implantação}} = C_{\text{mensal}} - (\% \text{ de economia}) \quad (5)$$

$$C_{\text{anual após implantação}} = C_{\text{mensal após implantação}} \times 12_{\text{meses}} \quad (6)$$

Onde:

$C_{\text{mensal após a implantação}}$  = Consumo mensal de água potável após a implantação do SAAP (litros/mês);

$C_{\text{anual após a implantação}}$  = Consumo mensal de água potável após a implantação do SAAP (litros/ano);

$C_{\text{mensal}}$  = Consumo de água potável mensal (litros/mês);

$\%$  de economia = Percentual de economia de água potável (%).

Nessa abordagem, o cálculo considera a economia esperada de água potável devido à implementação do sistema e ajusta o consumo total de acordo com essa economia estimada.

Além disso, para verificar o possível impacto econômico, levantou-se os custos tarifários de água tratada da concessionária local vigentes até a presente data, julho de 2023, disponíveis em Tabelas no site da Concessionária de Saneamento do Amapá (CSA, 2023). Estabelece o custo de R\$ 251,08 para os primeiros 10 m<sup>3</sup> mensais (cota mínima), e R\$ 12,04 para cada metro cúbico excedente.

Ressalta-se, que apesar do abastecimento dos prédios analisados serem de maioria subterrânea (poços próprios). Atualmente, a legislação determina que os poços artesianos sejam regularizados na companhia local de água e esgoto, que pode cobrar tarifas pela água retirada e pelo esgoto resultante dela (BRASIL, 2020).

Desse modo, aplicaram-se as tarifas no consumo de água sem aproveitamento de água da chuva e com aproveitamento de água, somando os valores de manutenção mensais adotados acrescentados após a implantação do sistema.

Por fim, para estimar o tempo de retorno de investimento e viabilidade econômica utilizou-se a estimativa do custo anual e mensal do sistema, e se verificou quanto tempo o sistema atingiria seu valor de implantação, para recuperação do valor investido. Visto que para um SAAP ser considerado viável economicamente, seu tempo de retorno de investimento deve ser menor que sua vida útil, adotada de 20 anos para este trabalho.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 VIABILIDADE TÉCNICA

#### 5.1.1 Área de captação

O levantamento foi realizado considerando as áreas de cobertura em plano inclinado verificadas nas informações de mapeamento dos Blocos, disponibilizado pelo plano diretor. O resultado obtido é demonstrado na Tabela 4:

Tabela 4: Áreas de cobertura referentes ao Bloco I e II.

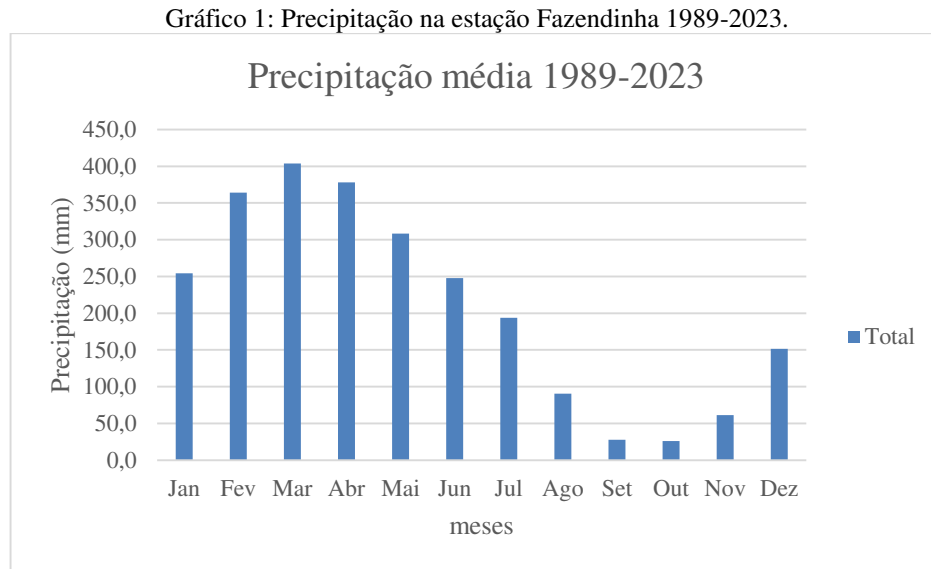
<b>Edificações</b>	<b>Área de Cobertura (m<sup>2</sup>)</b>
Bloco I	1.287,00
Bloco II	780,00
<b>Total</b>	<b>2.067,00</b>

Fonte: Autor (2023).

#### 5.1.2 Dados pluviométricos

Para avaliar o potencial de aproveitamento da água de chuva em uma determinada região, se fez necessário realizar um inventário da série histórica de chuvas correspondente ao período de 34 anos. Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram obtidos pelo INMET e incluem as informações necessárias sobre as precipitações diárias, mensais e anuais apresentando uma maior confiabilidade por trabalhar com uma média histórica maior que 10 anos, resultando em uma precipitação média diária de 6,9 mm; precipitação média mensal de 208,81 mm e a precipitação média anual foi de 2.506,90 mm. O Gráfico 1 apresenta os valores

de precipitação média mensal para a região de Macapá, compreendendo o período de 1889 a 2023.



Fonte: Autor (2023).

Conforme observado no gráfico 1, o período chuvoso é notório de janeiro a julho, com volumes médios de água de chuva captados que variam de 250mm a 400mm, e o mais seco é agosto a dezembro, com a média mensal de água da chuva que variam de 150mm a 25mm, sendo considerados como meses de escassez, o trimestre de setembro a novembro, onde o índice pluviométrico anual é inferior a 60 mm e a média mensal de precipitação.

### 5.1.3 Estimativa do consumo de água

A partir dos dados fornecidos pelos técnicos da universidade foram quantificados 857 usuários entre discentes, docentes e funcionários ativos diariamente no prédio de engenharia civil e arquitetura (Bloco I) e urbanismo e no laboratório de engenharia (Bloco II), de acordo com a Tabela 5, apresentada abaixo:

Tabela 5: População da área de estudo.

<b>Edificações</b>	<b>População ativa</b>
	408 (alunos, professores, técnicos do curso de Arquitetura e urbanismo)
<b>Bloco I</b>	385 (alunos, professores, técnicos do Curso de Engenharia civil )
	64 (alunos, professores, técnicos do curso de Química)
<b>Bloco II</b>	Alunos, professores, técnicos do Curso de Engenharia civil
<b>Total</b>	<b>857</b>

Fonte: Autor (2023).

Dessa maneira, foi adotado o consumo per capita de 30L/estudante por dia. Conforme valor encontrado por Marinoski e Ghisi (2008), Salla *et al.* (2013) e utilizados por Castro *et al.* (2021) em um estudo de caso para um bloco de salas de aula da Universidade Estadual do Pará, o consumo total de água chegou de 20 a 30 L/aluno por dia.

Nesse sentido, considerando o consumo per capita adotado, calculou-se então a demanda total de água do Bloco I e II, sendo tal valor multiplicado pelo número de alunos, resultando num consumo de água total de 25.710 L/dia.

Em uma escala mensal considerando 26 dias letivos mensais, desconsiderando o dia de domingo, que é sem expediente, a estimativa mensal de consumo de água pelos prédios analisados é de 668,46 L/mês.

#### 5.1.4 Reservatório de água da chuva

Os dados de entrada utilizados nas análises de simulação do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial para os dois padrões de edificações estão apresentados no Apêndice A e na Tabela 6.

Tabela 6: Dados de entrada no software Netuno.

<b>Dados de entrada</b>	<b>Bloco I e II</b>
Área de captação (m <sup>2</sup> )	2.067,00
Demanda total de água ( litros per capita/dia)	30
População (pessoas)	857
Percentual de demanda total a ser substituída por água pluvial (%)	50
Coeficiente de escoamento Superficial	0,9
Descarte do escoamento inicial (mm)	2
Período de precipitação diária	1989-2023

Fonte: Autor (2023).

Também como parâmetro de entrada, optou-se por utilizar um reservatório superior em um volume desejado de 5.000 litros, visto que é um volume padrão que pode ser facilmente encontrado em lojas de materiais de construção, e é um tamanho médio para atender a demanda não potável. Nesse sentido, com base nos produtos obtidos e com auxílio do software Netuno foram determinados os possíveis volumes de reservatório de água pluvial.

De acordo com os dados fornecidos, a ferramenta Netuno foi utilizada para calcular o potencial de economia de água potável em porcentagem (%) e o volume de água pluvial consumido diariamente em litros. Para alcançar essas informações, foi realizado um processo de variação do volume do reservatório inferior em incrementos de 2.500 litros, almejando-se encontrar o volume ideal. Desse modo, foi possível determinar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial.

Do total de água da chuva captado nas coberturas do Bloco I e II, 90% foram aproveitadas pelo SAAP na simulação, em função da superfície de captação ser metálica, e possuir menor adsorção em relação a outros materiais, gerando apenas 10% de perdas no processo de captação da água pluvial.

Para determinar a demanda de água pluvial consumida, o programa Netuno realiza o cálculo desse volume através da Equação 2. Os resultados obtidos para o dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior, com base na demanda diária de água pluvial, resultaram em diferentes potenciais de economia de água potável. Esses potenciais de economia estão representados na Tabela 7 e no Apêndice B, fornecendo informações relevantes sobre as possibilidades de aproveitamento da água pluvial como alternativa para reduzir o consumo de água potável.

Tabela 7: Relação dos volumes consumido de água pluvial e o potencial de economia proporcionado.

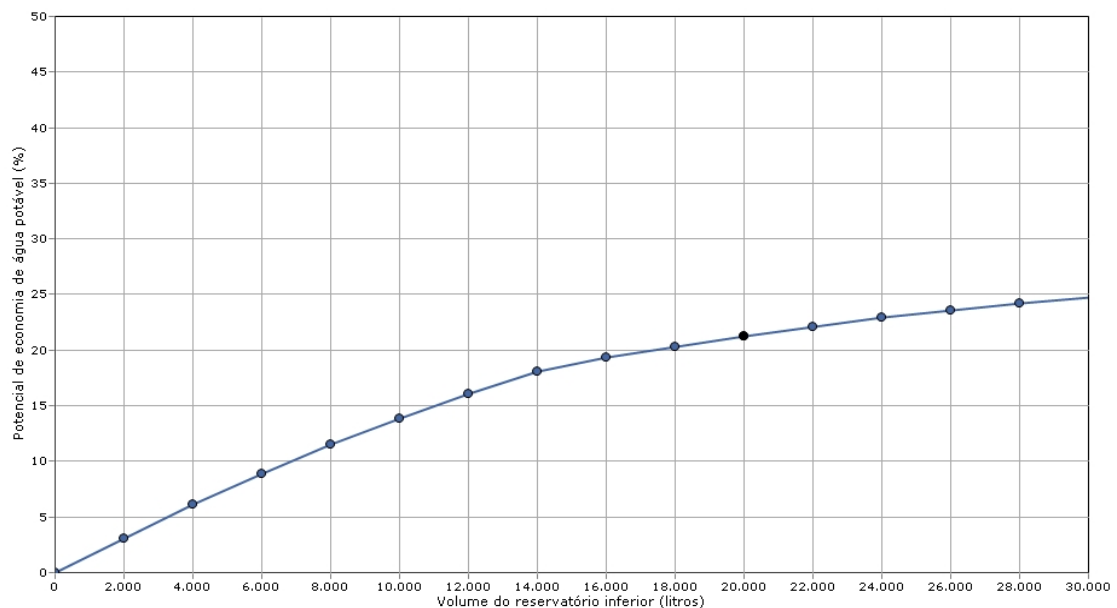
Volumes do reservatório inferior (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Volume consumido de água potável (litros/dia)
0	0,00	0,00	25.710,00
2.500	3,80	978,14	24.731,86
5.000	7,53	1936,93	23.773,07
7.500	10,90	2801,45	22.908,55
10.000	13,90	3573,53	22.136,47
12.500	16,62	4274,07	21.435,93
15.000	18,77	4825,79	20.884,21
17.500	20,09	5166,13	20.543,87
<b>20.000</b>	<b>21,27</b>	<b>5468,67</b>	<b>20.241,33</b>
22.500	22,32	5739,11	19.970,89
25.000	23,25	5978,64	19.731,36
27.500	24,04	6179,82	19.530,18
30.000	24,72	6356,47	19.353,53

Fonte: Autor (2023).

Para determinar o volume ideal do reservatório, é necessário que a diferença entre os potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial promova um aumento menor ou igual a 1%. Essa condição assegura que o aumento do volume do reservatório não resulte em efeitos consideráveis ou superiores aos limites estabelecidos.

Assim, analisou-se que os Blocos I e II, apresentaram um potencial de economia de água de 21,27%, resultando em um volume de reservatório inferior de 20.000 litros (Gráfico 2).

Gráfico 2: Potencial de economia de água potável para diferentes volumes de reservação referentes a UNIFAP.



Fonte: Autor (2023).

O volume consumido de água potável foi determinado em função da Equação 2, levando em consideração a diferença entre o volume total de água consumida pelo volume consumido de água pluvial, ou seja, o resultado do produto do consumo diário de água potável per capita pela população total da edificação e o percentual de água potável.

Foi possível determinar a demanda de água pluvial consumida de 5468,67 litros/dia, conforme demonstrado abaixo:

$$D_{\text{pluvial}} = C_{\text{diário per capita}} \times P \times AP$$

$$D_{\text{pluvial}} = 30 \text{ litros/per capita/dia} \times 857 \times 21,27\%$$

$$D_{\text{pluvial}} = 5.468,67 \text{ litros/dia.}$$

Após realizada a análise da capacidade de armazenamento do reservatório, averiguou-se como a demanda de água pluvial e potável é atendida durante os meses em que o potencial de economia de água potável foi estabelecido (Apêndice B; Tabela 8).

Tabela 8: Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável referentes à UNIFAP.

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Demanda de água pluvial é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)
Jan	25,67	6.598,58	19.111,42	36,21	25,40	38,39
Fev	34,35	8.831,70	16.878,30	54,48	24,48	21,04
Mar	34,84	8.956,31	16.753,69	54,36	25,81	19,83
Abr	34,67	8.914,45	16.795,55	51,86	28,92	19,22
Mai	32,69	8.405,42	17.304,58	48,77	27,80	23,43
Jun	28,64	7.362,23	18.347,77	40,00	29,41	30,59
Jul	23,16	5.955,18	19.754,82	32,26	24,76	42,98
Ago	13,55	3.482,56	22.227,44	16,51	18,79	64,71
Set	3,91	1.005,61	24.704,39	4,22	7,06	88,73
Out	3,26	837,55	24.872,45	3,70	5,12	91,18
Nov	6,42	1.649,73	24.060,27	7,75	8,92	83,33
Dez	15,00	3.855,23	21.854,77	20,4	17,17	62,43
Média	21,27	5.468,67	20.241,33	30,75	20,29	48,96
<b>Total</b>		<b>2,00E+06</b>	<b>7,39E+06</b>			

Fonte: Autor (2023).

De acordo com o exposto anteriormente e como podem ser observados na Tabela 8, aqui retratado pelos prédios estudados, os volumes mensais de água da chuva potencialmente aproveitados não são suficientes para suprir a demanda necessária para atendimento da demanda não potável total. À primeira vista pode significar um déficit entre o volume produzido

de água da chuva e a demanda por chuva mensal, no entanto, evidencia-se um percentual potencial de economia de água potável em alguns meses do ano.

Nos sete primeiros meses do ano, considerados os mais chuvosos, o potencial de utilização de água potável por meio do aproveitamento da água pluvial é superior a 32%, nos meses de fevereiro, março, abril e maio, enquanto nos meses de janeiro, junho e julho esse potencial é acima de 23%. No período subsequente, de agosto a dezembro, é quando a Tabela 8 indica escassez de chuvas, os valores percentuais do potencial de utilização diminuem drasticamente, atingindo a mínima de 3,26% e pico de 14,60%. Ressalta-se que o "Percentual da demanda total a ser substituída pela água da chuva" é de 50%, o que ainda requer a alimentação do reservatório de água potável para suprir a demanda não potável.

No entanto, durante os meses em que o potencial de aproveitamento de água pluvial alcançou seu pico máximo de 34%, aproximadamente 54% da demanda não potável foi totalmente atendida, cerca de 26% foi atendida parcialmente (com auxílio de outras fontes) e 20% não foi atendida (auxílio inteiramente de outra fonte). Esses números demonstram o impacto positivo do uso de água pluvial na redução da demanda de água potável, suprimindo uma parcela significativa das necessidades não potáveis.

É possível observar que, nos meses que correspondem ao período chuvoso na região são os que apresentam maior potencial de economia. Outro fato constatado foi que a alta taxa populacional nos prédios, onde a quantidade de água da chuva nos meses chuvosos não atendeu de forma satisfatória a demanda.

Embora o reservatório seja alimentado por duas superfícies de captação de água da chuva, provenientes de dois prédios, com uma área total de 2.067 m<sup>2</sup>, a redução na capacidade de atendimento por água pluvial se deve principalmente à grande densidade populacional. A presença de uma grande quantidade de pessoas na região aumenta significativamente o consumo de água para fins não potáveis, o que, por consequência, reduz o percentual do potencial de economia proporcionado pela utilização da água pluvial. Ainda que a capacidade do reservatório fosse majorada, o percentual de economia de água potável não elevaria substancialmente a ponto de modificar seu potencial de uso.

Na determinação dos locais para a instalação dos reservatórios, o critério primordial foi a busca pela proximidade máxima em relação aos prédios selecionados como fontes de captação, visando a redução dos custos associados às tubulações que conduzirão a água até os reservatórios.

Após uma análise detalhada do mapeamento da região e visita ao local, foi determinado que a área situada atrás do prédio de laboratório (Bloco II) e ao lado do edifício de engenharia

e arquitetura (Bloco II) (conforme a Figura 23) é a localização ideal para o reservatório. Essa área possui dimensões mais do que suficientes para abrigar o reservatório inferior, projetado para armazenar 20.000 litros/20m<sup>3</sup> de água.

Com base nesse cálculo, o reservatório, será do tipo enterrado de concreto armado, e terá aproximadamente 10m<sup>2</sup> (5m x 2m) de área de base e uma altura útil de 2,60m, totalizando um volume de 26m<sup>3</sup> e dimensões de (5m x 2m x 2,6m). Uma altura adicional de 60 cm é necessária para permitir a passagem adequada das tubulações. Dessa maneira, será um reservatório de 26m<sup>3</sup> com capacidade de armazenamento de 20m<sup>3</sup> de água.

O reservatório superior, composto será composto por um tanque de fibra de vidro com capacidade de 5.000litros/5m<sup>3</sup>, seria posicionado adjacente ao reservatório inferior, suspenso em uma torre de concreto. Ambas soluções foram propostas para minimizar a ocupação de espaço nas instalações.

Atualmente a área delimitada para implantação (Figuras 23 e 24) possui calçamento, no entanto não há circulação significativa de pessoas, por ser um ponto com menor facilidade de acesso. Além disso, os reservatórios não representam mudanças significativas no espaço (pouco espaço de ocupação), fluxo de pessoas, veículos ou máquinas pesadas, pois a posição escolhida é rente a construção do Bloco II, não obstruindo linhas de passagem.

Vale ressaltar que a viabilidade considerou as futuras construções previstas no Plano Diretor Participativo do Campus Marco Zero. Como não há previsões de construção no local determinado, esta escolha permanece viável.

Figura 23: Indicação espacial do local para implantação dos reservatórios.



Fonte: Autor (2023).

Figura 24: Indicação frontal da área para implantação dos reservatórios.



Fonte: Autor (2023).

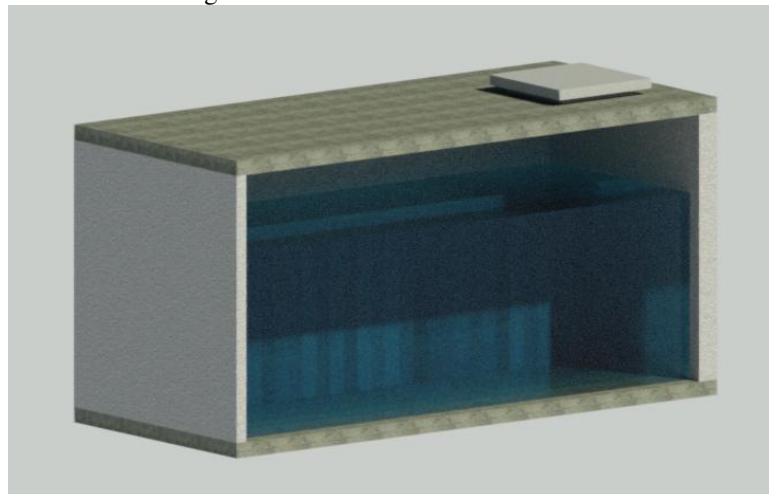
## 5.2 VIABILIDADE ECONÔMICA

### 5.2.1 Custos de implantação do SAAP

A análise econômica do reservatório inferior foi baseada em um reservatório de 26 m<sup>3</sup> com capacidade de armazenamento de 20 mil litros (Figuras 24 e 25), conforme os resultados de dimensionamento. Reservatório de concreto do tipo enterrado com as dimensões 5m x 2m x 2,60m.

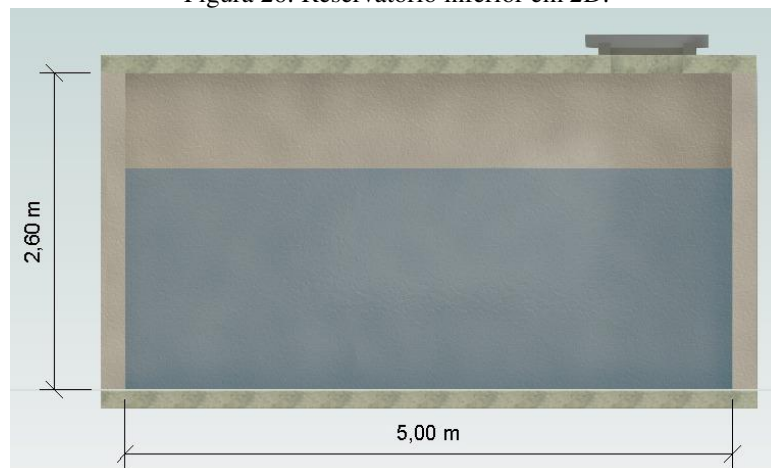
Considerou-se paredes de concreto com espessura de 15cm conforme a NBR:6118 (ABNT, 2014) para estruturas de concreto, além disso, 60 cm de folga na altura para passar tubulações.

Figura 25: Reservatório inferior em 3D.



Fonte: Autor (2023).

Figura 26: Reservatório inferior em 2D.



Fonte: Autor (2023).

Os itens necessários para estimativa de custo dos reservatórios estão listados na Tabela 9. Os custos indicados incluem também a mão-de-obra para a construção da cisterna e instalação do reservatório superior.

Três dos itens listados na Tabela 9 não constavam nas Tabelas de referências utilizadas neste trabalho e seus custos unitários foram obtidos a partir de uma loja especializada em equipamentos para sistema de aproveitamento de água da chuva, são eles: o kit ciclo 1.000 para áreas de captação de até 1.250 m<sup>2</sup>, conta com 01 filtro cujo modelo realiza o desvio do volume inicial de precipitação, 01 freio d'água, 01 sifão ladrão e 01 conjunto flutuante; somente o filtro ciclo 1.000, visto que será um filtro para cada cobertura; e o realimentador automático com solenoide e boia para interligação do reservatório de água potável existente, para alimentar o sistema de água pluvial caso ocorra falha ou escassez.

Além disso, é importante notar que o custo com tubulações e conexões utilizadas, inclusive internamente, foi estimado em 15% do custo total parcial, que se refere a implantação dos reservatórios e equipamentos auxiliares.

Tabela 9: Descrição dos custos para a construção dos reservatórios de água pluvial.

Item	Descrição	Unid.	Quant.	Custo Unitário (R\$)	Custo Total
<b>RESERVATÓRIO SUPERIOR</b>					<b>8.356,35</b>
10203 (ORSE)	Reservatório elevado c/ caixa d'agua em fibra de vidro de 5.000 litros apoiado em estrutura pré-moldada concreto, composta de capitel p/apoio da caixa e pilar cilíndrico c/altura útil = 6,00m, incluso frete e montagem no local, exceto inst. Hidráulica.	Un.	1	8.356,35	8.356,35
<b>RESERVATÓRIO INFERIOR</b>					<b>26.953,39</b>
20216 (SBC)	Escavação manual solo 1a. Categoria de 1,50m até 3,00m.	m <sup>3</sup>	36,95	82,77	3.058,35
83534 (SINAPI)	Lastro de concreto, preparo mecânico, inclusos aditivo impermeabilizante, lançamento e adensamento.	m <sup>3</sup>	0,50	953,80	476,90
30148 (SBC)	Forma tabuas de madeira para concreto em piscinas.	m <sup>2</sup>	73,40	121,46	8.915,16
030870 (SBC)	Concreto estrutural 25Mpa com bombeamento.	m <sup>3</sup>	8,40	751,05	6.308,82
040225 (SBC)	Aço ca-60 8,0mm com corte e dobra-colocado em formas.	kg	504,00	12,71	6.406,27
120300 (SBC)	Argamassa cimento/areia 1:5 com aditivo impermeabilizante.	m <sup>2</sup>	56,40	29,98	1.690,87
74073/001 (SINAPI)	Alçapão em ferro 60x60cm, incluso ferragens.	Un.	1	97,01	97,01
<b>EQUIPAMENTOS AUXILIARES</b>					<b>9.637,18</b>
77209 (SBC)	Bomba centrifuga Schneider bc-98 1/3 CV 220v monofásica.	Un.	2	854,59	1.709,18
PRÓPRIO	Kit chuva ciclo 1000 - atende até 1.250m <sup>2</sup> de área para captação: 01 filtro ciclo 1000; 01 freio d'água 200mm; 01 sifão ladrão 200mm; 01 conjunto flutuante.	Un.	1	4.599,00	4.599,00
PRÓPRIO	Filtro Ciclo 1000 para água da chuva.	Un.	1	2.899,00	2.899,00
PRÓPRIO	Realimentador automático - com Válvula Solenoide e boia.	Un.	1	430,00	430,00
<b>SPHS</b>					<b>7.176,89</b>
PRÓPRIO	Tubulações, conexões.	-	1	15% do custo tot.	7.176,89
<b>TOTAL</b>					<b>52.123,81</b>

Fonte: Elaborado a partir dos dados da ORSE (2023), SBC (2023) e SINAPI (2023).

Na ausência do projeto detalhado, a área de aço foi estimada com base no reservatório de Lima *et al.* (2017) para uma instituição de ensino, 60 kg de aço a cada 1 m<sup>3</sup> de concreto.

Desse modo, a estimativa do custo de construção dos reservatórios de água pluvial e compra dos equipamentos auxiliares e tubulações é de R\$ 52.123,81.

### 5.2.2 Custos de mão de obra para operacionalizar o SAAP

Após os reservatórios estarem prontos e materiais do sistema comprados, os custos de mão de obra para a operacionalização do SAAP, que consistem em: quebras na alvenaria para conexões hidráulicas, instalações hidráulicas e elétricas, instalação dos equipamentos e etc., foram estimados a partir dos custos de referência estabelecidos pelo SINAPI/Caixa para a cidade de Macapá no mês de julho de 2023, indicados na Tabela 10.

Nesse sentido, considerou-se que uma equipe com um pedreiro, encanador e auxiliar de encanador realizam o serviço no período de dez dias, com uma jornada de trabalho de oito horas diárias. A instalação ainda deve contar com um eletricista, mas, apenas nos últimos dias de serviço, para ligação e verificação dos sistemas elétricos, para este profissional foram considerados três diárias.

Tabela 10: Descrição dos custos de mão de obra para operacionalizar do SAAP.

Item	Descrição	Unid.	Quant.	Custo Unitário (R\$)	Custo Total
<b>Mão de obra</b>					
4750 (SINAPI)	Pedreiro (horista)	h	80	19,31	1.544,80
2696 (SINAPI)	Encanador ou bombeiro hidráulico (horista)	h	80	19,31	1.544,80
246 (SINAPI)	Auxiliar de encanador ou bombeiro hidráulico (horista)	h	80	15,34	1.227,20
2436 (SINAPI)	Eletricista (horista)	h	24	21,12	506,88
<b>TOTAL</b>					<b>4.823,68</b>

Fonte: Elaborado a partir dos dados do SINAPI (2023).

Assim, o custo total estimado da mão-de-obra para operacionalizar o sistema corresponde a R\$ 4.823,68.

### 5.2.3 Custos de manutenção

Para avaliar a viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial proposto, foram realizadas estimativas dos custos de implantação e manutenção do sistema. A implementação desse sistema teria um custo de R\$ 56.947,49 para a instituição dos quais R\$

52.123,81 seriam destinados exclusivamente à construção dos reservatórios e aquisição dos equipamentos auxiliares, e R\$ 4.823,68 referente a mão de obra para operacionalizar o sistema.

Em relação aos custos anuais de manutenção, foi considerado um valor equivalente a 20% do investimento total no sistema, durante sua vida útil de 20 anos, resultando em um custo anual de R\$ 569,48.

#### 5.2.4 Economia de água potável e período de retorno do investimento

Para estimar o período de retorno do investimento realizado no sistema de aproveitamento de águas pluviais, foi comparado o custo de sua implantação ao impacto econômico na conta de água causado pela redução no consumo de água potável.

A média mensal de economia de água potável proporcionada pelos reservatórios dimensionados foi de 21,27 % para o consumo total. Sendo assim, esse percentual de economia foi aplicado a estimativa do consumo mensal médio de água potável, a fim de obter o consumo médio de água potável com o aproveitamento de águas pluviais, conforme a Tabela 11, abaixo:

Tabela 11: Economia de água potável gerada pela implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

	Consumo médio mensal de água potável (m <sup>3</sup> )	Consumo anual (m <sup>3</sup> )	Economia média (%)	Economia mensal (m <sup>3</sup> )	Economia anual (m <sup>3</sup> )
Sem aproveitamento de água pluvial	668,46	8.021,52	-	-	-
Com aproveitamento de água pluvial	526,28	6.315,34	21,27	142,18	1.706,18

Fonte: Autor (2023).

É importante ressaltar que o consumo mensal foi estimado a partir de 25.710 L/dia, considerando 26 dias letivos mensais, desconsiderando o dia de domingo, que é sem expediente, a estimativa mensal de consumo de água pelos prédios analisados é de 668,46 L/mês.

Além disso, estrutura tarifária da concessionária local para a um (prédio público), estabelece o custo de R\$ 251,08 para os primeiros 10 m<sup>3</sup> mensais (cota mínima), e R\$ 12,04 para cada metro cúbico excedente (CSA, 2023). Para este cálculo, também se considerou o custo de manutenção anual obtido de R\$ 569,48 ou R\$ 47,45 mensal.

A partir desses dados, a Tabela 12 apresenta um comparativo entre o custo médio atual da conta de água e o custo estimado com o uso de água da chuva para fins não potáveis, indicando a economia gerada:

Tabela 12: Economia financeira gerada pela implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

	<b>Consumo médio mensal de água potável (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo médio mensal (R\$)</b>	<b>Custo médio anual (R\$)</b>	<b>Economia mensal (R\$)</b>	<b>Economia anual (R\$)</b>
Sem aproveitamento de água pluvial	668,46	8.178,94	98.147,26	-	-
Com aproveitamento de água pluvial	526,28	6.514,54	78.174,49	1.664,40	19.972,77

Fonte: Autor (2023).

Como o custo de implantação do sistema é de R\$ 56.947,49 e o valor da economia anual média gerada por ele é de R\$ 19.972,77, define-se o período de retorno como aproximadamente 2,86 anos, ou seja, 2 anos, 10 meses e 10 dias.

Dessa maneira, considerando a vida útil de 20 anos para o SAAP, a implantação seria financeiramente e ambientalmente viável.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto à proposta de análise apresentada nesse trabalho, considera-se que o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis é viável técnico e economicamente, como forma de garantir um abastecimento de água mais inteligente e sustentável, além de contribuir com o desempenho de drenagem no Campus Marco Zero. É aplicável, garantindo grande potencial para o uso de recursos hídricos equilibrado com o desenvolvimento sustentável.

O trabalho em questão introduz e aponta a utilização de uma solução sustentável de prática bastante explorada no território nacional. Todavia, ainda pouco evidente na dinâmica atual do estado do Amapá. Ressalta-se, que muitas outras técnicas podem ser usadas combinadas com o Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) simulado, como o reuso de águas residuais, infraestrutura verde, drenagem efetiva e outras técnicas sustentáveis, algumas já presentes na universidade. Tais mecanismos podem contribuir concomitantemente com a proposta, minimizando a problemática relacionada ao abastecimento de água e drenagem em sua origem.

Observando-se o objetivo principal deste trabalho, os resultados demonstraram que a metodologia adotada se mostrou apropriada no tratamento dos dados coletados para a avaliação do potencial de economia de água potável e para viabilidade econômica ao longo do tempo.

O dimensionamento do reservatório realizado no programa computacional Netuno para um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial (SAAP), que abrange duas edificações padrões da Universidade Federal do Amapá demonstrou um volume ideal de 20m<sup>3</sup> para o reservatório inferior. Associado ao reservatório superior, inserido no software com um volume já definido de 5m<sup>3</sup>, essa simulação resultou em um potencial de economia de água potável de 21,27%.

A análise da viabilidade econômica da implantação do sistema de captação, armazenamento e distribuição de água de chuva levou em consideração as estimativas de custo dos reservatórios, da mão de obra, manutenção e das tubulações e conexões. Esse valor calculado foi de R\$ 56.947,49. Desse modo, com base na economia anual de água potável gerada, estimada em 1.706,18 m<sup>3</sup> e/ou R\$ 19.972,77, foi definido o período de retorno do investimento na instalação do sistema em 2 anos, 10 meses e 10 dias, garantindo benefícios financeiros a curto prazo, considerando uma vida útil de 20 anos para o SAAP.

As vantagens trazidas pela possível implantação desse sistema no campus não se limitam ao impacto financeiro, mas também têm grande destaque por possibilitar a redução dos

efeitos das precipitações capazes de causar alagamentos no interior da edificação, já que parte desse volume será armazenado. Desse modo, a captação de águas pluviais pode também melhorar o bem-estar e as condições de funcionamento das edificações da universidade nessas situações extremas.

Além disso, os benefícios são ambientais e culturais. Com a redução do consumo de água potável, a Universidade se torna exemplo na redução da demanda sobre a rede pública de abastecimento e, conseqüentemente, nos mananciais; além de ajudar na formação de estudantes mais conscientes sobre o seu papel na conservação e no uso racional da água. Dessa maneira, é importante que este estudo possa servir como referência para projetos e iniciativas futuras na Universidade Federal do Amapá e no Estado.

Desse modo, este estudo exerce um papel ativo tanto na comunidade científica quanto no local, ao inaugurar uma incursão inicial em direção a projetos pouco explorados na dinâmica do estado do Amapá. No âmbito científico, a metodologia adotada é esperançosamente capaz de pavimentar novos caminhos para a investigação dessa problemática e de outros temas correlatos. Para a comunidade local, a perspectiva é que no futuro este estudo possa ser efetivamente implementado, oferecendo benefícios tangíveis.

Contudo, é crucial dispor de mais dados confiáveis para projetos de aproveitamento de água pluvial na região, abrangendo tanto a demanda total de água das edificações quanto os registros de precipitação. Uma análise mais precisa da demanda de água seria viável caso a universidade contasse com hidrômetros para monitorar o consumo. No que se refere aos dados pluviométricos, as Plataformas Automáticas de Coleta de Dados (PCDs) são escassas na região e frequentemente apresentam falhas. Nesse contexto, a análise em uma estação dentro da própria Universidade seria a opção ideal.

Com vistas a futuras pesquisas, sugere-se uma abordagem mais aprofundada na adoção predominante de água pluvial para fins de abastecimento e consumo humano, mantendo-se em conformidade com as normas de potabilidade. Isso pressupõe uma concentração de esforços na avaliação da qualidade da água pluvial captada nas superfícies das edificações.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Onde está a água no Brasil?**. Disponível em: <<https://www.ebc.com.br/especiais-agua/agua-no-brasil/>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Água no mundo**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>>. Acesso em: 21 jun. 2023. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Disponível em: <[https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo\\_livro.pdf](https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf)>. Acesso em: 21 jun. 2023. 2017b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Divisões hidrográficas do Brasil**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/panorama-das-aguas/divisoes-hidrograficas>>. Acesso em: nov. 2023. 2018a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil / Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <[https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana\\_manual\\_de\\_usos\\_consuntivos\\_da\\_agua\\_no\\_brasil.pdf](https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf)>. Acesso em: jun. 2023. 2019b.

AGRA FILHO, S. S; BORJA, P. C; MORAES, L. R. S; SOUZA, D. N. **Desigualdade no acesso à água de consumo humano: uma proposta de indicadores**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. n17. Setembro, 2010.

ALMEIDA, R.; BECCANI, F.; MOTTA, B. L. S.; CAMPOS, J. F. Diagnóstico ambiental de uma instituição de ensino técnico, integrado e superior. **Revista gestão & Sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 3, pp. 223-243, 2017.

AMAPÁ. Lei nº 1.997, de 21 de março de 2016. Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de práticas e métodos sustentáveis na construção civil do Estado do Amapá e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Amapá**, Macapá, nº 6162, de 21 de mar. de 2016.

AMAPÁ. Lei nº2.003, de 22 de março de 2016. Dispõe sobre o Poder Executivo, através do órgão responsável, inserir nos projetos arquitetônicos dos órgãos do Estado do Amapá a

instalação de sistema de coleta para captação da água de chuva. **Diário Oficial [do] Amapá**, Macapá, AM, nº 6163, de 22 de mar. de 2016.

AMARAL, Júlio César Santos. **Uso de técnicas de drenagem sustentável em zona urbana de Macapá**: estudo de caso do campus Marco Zero da Universidade Federal do Amapá. Orientador: Adenilson Costa de Oliveira. Coorientador: Luís Henrique Rambo. 2022. 117 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Campus Marco Zero, Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Macapá, 2022.

ANAND, C.; APUL, D. S. Economic and environmental analysis of standard, high efficiency, rainwater flushed, and composting toilets. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 3, p. 419–428, mar. 2011.

ARAÚJO, E. P. *et al.* Indicadores de abastecimento de água e doenças de transmissão hídrica em municípios da Amazônia Oriental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 6, p. 1059–1068, dez. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10844** - Instalações prediais de águas pluviais. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-10844-1989-instalac3a7c3b5es-prediais-de-c3a1guas-pluviais.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527:2007** - Água da Chuva. Disponível em: <<https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-estadual-de-campinas/sistemas-prediais-hidraulicos-e-sanitarios/abnt-nbr-15527-2007-agua-da-chuva/14302642>>. Acesso em: 6 jul. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527:2019** - Engenharia Ambiental. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/89037848/nbr-15527-2019>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527:2019b** - Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis | Assis Engenharia. Disponível em: <<https://asisengenharia.com.br/index.php/2019/10/18/nbr-155272019-aproveitamento-de-agua-de-chuva-de-coberturas-para-fins-nao-potaveis/>>. Acesso em: 27 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118:2014** – Projeto de Estruturas de Concreto. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5591979/mod\\_resource/content/1/10%20NBR%206118.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5591979/mod_resource/content/1/10%20NBR%206118.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2023.

BRAGA, G. I. **Aproveitamento de água da chuva em edificação multifamiliar Florianópolis-SC**. 2017. 109 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

BRASIL, 2020. **Proposta isenta imóvel com poço artesiano de tarifa de recursos hídricos**. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/706067-proposta-isenta-imovel-com-poco-artesiano-de-tarifa-de-recursos->



CONNOR, R. *et al.* (França). UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019**: não deixar ninguém para trás, fatos e dados. [S.I.]: WWAP, 2019. 11 p. Acesso em: 31 maio. 2023.

CONNOR, R. *et al.* (França). UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023**: parcerias e cooperação para a água; fatos, dados e exemplos de ação. [S.I.]: WWAP, 2023. 15 p. Acesso em: 31 maio. 2023.

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

DISTRITO FEDERAL. Larissa Ane Lima. Secretaria de Estado de Economia do Distrito Federal. **Um Panorama das Águas no Distrito Federal**. Distrito Federal: Maurício Suda, 2020. 31 p.

European Environment Agency (EEA). **Water use and environmental pressures**. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/themes/water/european-waters/water-use-and-environmental-pressures/water-use-and-environmental-pressures>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

GHISI, E.; COLASIO, B. M.; GERALDI, M.; TESTON, A. **Rainwater Harvesting in Buildings in Brazil: A Literature Review. Proceedings**, v. 186, n. 2, pp. 1-20, 2018.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4 - Manual do usuário**. Florianópolis, 2014. Disponível em: <[https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4\\_Junho2014.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2023.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2007.

GOU, R; GOU, Y. Stochastic modelling of the hydrologic operation of rainwater harvesting systems. **Journal of Hydrology**. v.562, p30-39 julho 2018.

Governo do Estado do Sergipe. **Orçamento de Obras de Sergipe - ORSE**. Disponível em: <<http://orse.cehop.se.gov.br/>>. Acesso em: 31 jul. 2023.

HOSS, C. *et al.* (Santa Catarina). Embrapa. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves**. V Seminário sobre água e desenvolvimento regional: análises e propostas para a gestão das águas no território do Alto Uruguai Catarinense. Mafra: UNC, 2022. p. 74-91.

HOSS, C. **Potencial do aproveitamento de água da chuva na produção de suínos e aves na bacia hidrográfica do rio Jacutinga e bacias contíguas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

IBGE. **Amapá, Piauí, Rondônia e Pará tinham menos de 30% dos seus domicílios urbanos conectados à rede de esgoto em 2022 | Agência de Notícias**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37179-amapa-piaui-rondonia-e-para-tinham-menos-de-30-dos-seus-domicilios-urbanos-conectados-a-rede-de-esgoto-em-2022>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

INÁCIO, A. R.; DINIZ, A. F.; CANDIA, M. M.; OLIVEIRA, T. M.; CHAGAS, R. K. Dimensionamento de um sistema de captação de água pluvial para uso doméstico em São Bernardo do Campo - SP. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 8, n.2, pp. 1-23, 2013.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 31 jul. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA (IPT). **Uso de água de chuva**. Disponível em: <[https://www.ipt.br/noticias\\_interna.php?id\\_noticia=892](https://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=892)>. Acesso em: 26 jun. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2023**: Trata Brasil (RELATÓRIO COMPLETO). Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

IPCC, 2022: **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

KIM, K; YOO, C. Hydrological Modeling and Evaluation of Rainwater Harvesting Facilities: Case Study on Several Rainwater Harvesting Facilities in Korea. **Journal hydrology Engineering**. 14 (6), p 545-561. 2009.

LEGNER, C. Água da chuva: Onde, como e porque utilizá-la - Especializada em tratamento de água e efluentes. **Revista TAE**, ed. 72, 2023.

LIMA, K. L. B. DE A.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. DA. Análise da viabilidade de implantação de captação de águas pluviais em escola pública no Recife-PE. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 5, n. 36, 10 dez. 2017.

LIRA, A. 2022. **Estudantes sofrem com falta de água na UNIFAP**. Disponível em: <<https://selesnafes.com/2022/10/estudantes-sofrem-com-falta-de-agua-na-unifap/>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

MALCHER, J. A. S.; BRITO, D. C.; CARVALHO, T. P.; SANTOS, J. O.; PENHA, E. C. M.; GUEDES, J. N.; CUNHA, A. C. Qualidade da água para abastecimento público em municípios com menos de 50 mil habitantes na Amazônia. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.7, p.284-304, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0025>.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino**: estudo de caso em Florianópolis-SC. 2007. 118 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MARINOSKI, A. K., GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008.

MENEZES, Cristina Edilaine Pamplona. **Avaliação da qualidade da água da chuva em sistema de aproveitamento de água de chuva implantado na Universidade Federal do Pará**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2016.

MORAIS, Jerônimo Wallage Araújo de. **Viabilidade Técnica/econômica no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas**. 2017. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

NAIME, Roberto. **Stress hídrico**. 2019. Inclusão na lista de distribuição do Boletim Diário da revista eletrônica EcoDebate, ISSN 2446-9394. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2019/01/08/stress-hidrico-artigo-de-roberto-naime/>. Acesso em: 04 jul. 2023.

NUNES, L. G. C. F. **Indicadores de consumo de água, em uma escola estadual de Recife – PE**. 2015. 70 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.

OLIVEIRA, L. H. de, Ilha, M. S. de O., Gonçalves, O. M., & Reis, L. Y. R. P. A. (2007). **Projeto Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável – Levantamento do estado da arte: Água**. São Paulo: USP.

OLIVEIRA, O. C.; MORAES, S. C. DE. Desafios para a sustentabilidade na gestão dos serviços de abastecimento de água na Amazônia: aspectos socioambientais e econômicos do sistema de abastecimento de água na cidade de Macapá-AP. **Revista ESPACIOS**, v. 38, n. 22, 8 maio 2017. Acesso em: 31 maio. 2023.

OLIVEIRA, P. A. *et al.* (Santa Catarina). Embrapa. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves**. Concórdia: [S.I], 2012. 38p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79687/1/Doc-157.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2023.

PALHARES, J. C. P. (São Paulo). Embrapa. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal**. São Carlos: [S.I], 2016. 31p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1050541>. Acesso em: 27 jun. 2023.

PEIXE, C. R. da S. **Águas pluviais para usos não potáveis em escolas municipais: estudo de caso na região da baixada de Jacarepaguá, RJ**. 2012. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012

PELAK, N; PORPORATO, A. Sizing a rainwater harvesting cistern by minimizing costs. **Journal of Hydrology**. v.541-part B, p1340-1347, Outubro, 2016.

PERIUS, C. F. **Variáveis de projeto e sua influência no desempenho e dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água da chuva**. 2016. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2019.

PROENÇA, L. C. (2007). **Usos finais de água em edifícios de escritórios localizados em Florianópolis**. Relatório de Iniciação Científica. Laboratório de Eficiência Energética em

Edificações – LabEEE, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

RIBEIRO, K. M.; MARINOSKI, L. Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 53–66, 2020. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n2.53-66. Acesso em: 26 jun. 2023.

RIO DE JANEIRO. **Lei nº 9164 DE 28/12/2020**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=407102#:~:text=Regulamenta%20os%20procedimentos%20para%20armazenamento>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

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

Salla, M. R., Lopes, G. B., Pereira, C. E., Neto, J. C. M., & Pinheiro, A. M (2013). Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade (2013). **Rev. Ambiente Construído**, 13.

SAMPLE, D. J.; LIU, J.; WANG, S. Evaluating the Dual Benefits of Rainwater Harvesting Systems Using Reliability Analysis. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 18, n. 10, p. 1310–1321, out. 2013.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 1846, 20 dezembro de 2018**. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/sc/decreto-n-1846-2018-santa-catarina-regulamenta-o-servico-de-abastecimento-de-agua-para-consumo-humano-no-estado-de-santa-catarina-e-estabelece-outras-providencias>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SCHEWE, J. *et al.* **Multimodel assessment of water scarcity under climate change**. PNAS, v. 111, n. 9, pp. 3245-3250, 2014.

SEABRA, Maxlânia. **O direito fundamental de acesso à água e a necessidade de aprimoramento da normatização do reuso e do aproveitamento no meio urbano: os aspectos socioambientais na sociedade hiperconsumista**. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade de Caxias do Sul, 2018.

SILVA, A. C. *et al.* Análise de viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma instituição de ensino federal em Pernambuco. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 78, 4 abr. 2019.

SILVA, A. **Caracterização e tratamento de águas pluviais visando seu aproveitamento em edificações**. 2018. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2019.

**Sistema Boletim de Custos (SBC)**. Disponível em: <<https://www.informativosbc.com.br/>>. Acesso em: 31 jul. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico Temático Serviços de água e Esgoto: Visão Geral**. Disponível em: <<http://antigo.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SOUZA, Bruno Amorim de. **Análise comparativa da qualidade da água de chuva escoada por um telhado convencional e percolada por um sistema vegetado**. 2020. 109 f. Dissertação

(Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2020.

SOUZA, J. F. *et al.* Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 9, n. 1, p. 35, 3 out. 2016.

TAVARES, F; MATOS. 2022. **UNIFAP sem água**: abastecimento no Campus Marco Zero não é suficiente para a demanda da comunidade. Disponível em: <<https://www.jornalismoagcom.com/post/unifap-sem-%C3%A1gua-abastecimento-no-campus-marco-zero-n%C3%A3o-%C3%A9-suficiente-para-a-demanda-da-comunidade>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

TAVARES, Lígia Conceição. **Análise da potencialidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva em municípios de pequeno porte do Rio Grande do Sul**. 2019. 301 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Porto Alegre, 2019.

TOMAZ, PLÍNIO. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2011, 4ª ed., 208p.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. São Paulo: Plínio Tomaz, 2010. 486 p.

TUGOZ, J. E.; BERTOLINI, G. R. F.; BRANDALISE, L. T. **Captação e Aproveitamento da Água das Chuvas: O Caminho para uma Escola Sustentável**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 6, n. 1, p. 26–39, 1 abr. 2017.

UNIFAP - Universidade Federal do Amapá. **Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI 2020-2024**, c2019. Disponível em: < <https://www2.unifap.br/pdi/files/2020/01/PDI-2020-2024-Consulta-P%C3%BAblica.pdf> >. Acesso em: 31 jul. 2023.

UNIFAP. **Plano Diretor Participativo – Campus Marco Zero UNIFAP**. Disponível em: <<http://sites.unifap.br/planodiretor/>>. Acesso em: 6 jul. 2023. 2021b.

UNIFAP. Universidade Federal do Amapá. **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB): Município de Amapá/AP**. Prospectiva e planejamento Estratégico. Macapá: UNIFAP, 2021. Acesso em: 31 maio. 2023.

VERIATO, M.K.L; BARROS, H.M.M; SOUZA, L.P; CHICO, L.R; BAROSI, K.X.L. Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, v. 10 n. 5. 2015.

WATER SCIENCE SCHOOL. **How Much Water is There on Earth?** Disponível em: <<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-there-earth>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

WEILLER, G. C. B.; SANTOS, L. R. DOS. Viabilidade no aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis: estudo de caso em instituição de ensino de Londrina-PR. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 935, 21 fev. 2020.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Dados de entrada na interface do software Netuno

Netuno 4

Simulação Ajuda Citação Validação Sobre

Carregar simulação previamente salva

Carregar dados de precipitação	FAZENDIHA.csv
Número de registros	12419
Data inicial (dd/MM/yyyy)	31/01/1989
Descarte escoamento inicial (mm)	2

Área de captação (m<sup>2</sup>)  
2067

Demanda total de água (litros per capita/dia)  
30 Variável...

Número de moradores  
857 Variável...

Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial  
50%

Coefficiente de escoamento superficial  
0,9 (90% de aproveitamento)

Observações

Reservatório superior

Reservatório inferior

Simulação para reservatório com volume conhecido

Simulação para reservatórios com diversos volumes

Intervalo da simulação

Volume máximo (litros)  
30000

Intervalo entre volumes (litros)  
2500

Indicar volume ideal para o reservatório inferior

Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m<sup>3</sup>)  
1

Simular

Salvar simulação atual Limpar campos

Análise Econômica

Reservatório superior

Reservatório superior

Volume igual à demanda diária média de água pluvial

Entrar com volume desejado

Não utilizar reservatório superior

Volume do reservatório superior (litros)  
5000

Volume no reservatório superior abaixo do qual há recalque (litros)  
0

Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque  
0

Concluir

## APÊNDICE B – Resultados do dimensionamento do reservatório no software Netuno

Planilha de dados

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Volume extravasado (litros/dia)	Demanda de água pluvial é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m³)
0,0	0,00	0,00	25710,00	12629,43	0,00	0,00	100,00	0,00
2500,0	3,80	978,14	24731,86	11651,29	0,00	39,14	60,86	3,04
5000,0	7,53	1936,93	23773,07	10692,51	0,00	39,14	60,86	2,98
7500,0	10,90	2801,45	22908,55	9827,98	0,00	39,14	60,86	2,69
10000,0	13,90	3573,53	22136,47	9055,90	0,00	39,14	60,86	2,40
12500,0	16,62	4274,07	21435,93	8355,37	0,00	39,14	60,86	2,18
15000,0	18,77	4825,79	20884,21	7803,66	27,86	22,05	50,09	1,72
17500,0	20,09	5166,13	20543,87	7463,32	29,20	21,27	49,53	1,06
20000,0	21,27	5468,67	20241,33	7160,79	30,75	20,29	48,96	0,94
22500,0	22,32	5739,11	19970,89	6890,35	32,77	19,17	48,06	0,84
25000,0	23,25	5978,64	19731,36	6650,82	36,41	17,42	46,17	0,75
27500,0	24,04	6179,82	19530,18	6449,66	40,52	15,58	43,90	0,63
30000,0	24,72	6356,47	19353,53	6273,01	41,54	15,15	43,31	0,55

Exportar para CSV

Resultado mensal da simulação

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	25,67	6598,58	19111,42	9013,88	36,21	25,40	38,39	1,75
Fevereiro	34,35	8831,70	16878,30	14822,91	54,48	24,48	21,04	2,37
Março	34,84	8956,31	16753,69	14747,83	54,36	25,81	19,83	2,39
Abril	34,67	8914,45	16795,55	14382,00	51,86	28,92	19,22	2,39
Maiο	32,69	8405,42	17304,58	10061,61	48,77	27,80	23,43	2,24
Junho	28,64	7362,23	18347,77	7585,84	40,00	29,41	30,59	1,95
Julho	23,16	5955,18	19754,82	5168,78	32,26	24,76	42,98	1,58
Agosto	13,55	3482,56	22227,44	1893,18	16,51	18,79	64,71	0,91
Setembro	3,91	1005,61	24704,39	407,08	4,22	7,06	88,73	0,26
Outubro	3,26	837,55	24872,45	951,02	3,70	5,12	91,18	0,22
Novembro	6,42	1649,73	24060,27	2225,21	7,75	8,92	83,33	0,43
Dezembro	15,00	3855,23	21854,77	5281,16	20,40	17,17	62,43	1,01
<b>Média</b>	<b>21,27</b>	<b>5468,67</b>	<b>20241,33</b>	<b>7160,79</b>	<b>30,75</b>	<b>20,29</b>	<b>48,96</b>	<b>1,45</b>
<b>Total ano</b>		<b>1,99606E6</b>	<b>7,38809E6</b>	<b>2,61369E6</b>				