

**ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA CIDADE
UNIVERSITÁRIA PROFESSOR ALDO VANNUCCHI**

RELATÓRIO TÉCNICO 01/2020

**JAIME RANULFO LEITE FILHO
NORBERTO ARANHA
DANIEL BERTOLI GONÇALVES**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS
TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS
UNIVERSIDADE DE SOROCABA - UNISO**

Sorocaba-SP, 2020

RESUMO

O presente documento apresenta o estudo de viabilidade técnica para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na Cidade Universitária Professor Aldo Vannucchi da Universidade de Sorocaba (UNISO). É apresentando, inicialmente, um estudo comparativo com outros casos semelhantes em que o sistema foi implantado. Na sequência são apresentados os dados levantados, e após, é apresentado o potencial de economia de água e indicando os cenários simulados. É apresentada uma estimativa do projeto e as premissas utilizadas para a elaboração destas estimativas. Tais informações visam fornecer subsídios técnicos e parâmetros para a tomada de decisão quanto à instalação de sistemas de aproveitamento de água de chuva nas edificações em questão. Este documento não contempla o projeto das instalações hidráulicas, seja de água não potável ou potável. O estudo foi realizado com o apoio do simulador de cálculo de reaproveitamento de águas pluviais da RainMap – Sistemas sustentáveis, Pró-reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Inovação da UNISO e do Departamento de Engenharia (DE/UNISO).

Palavras-chave: Aproveitamento de águas. Sustentabilidade Ambiental. Instalações Prediais e Recursos Hídricos.

ABSTRACT

This document presents the technical feasibility study for the implementation of a rainwater harvesting system in the University City Professor Aldo Vannucchi of the University of Sorocaba (UNISO). Initially, a comparative study is presented with other similar cases in which the system was implanted. In the sequence, the surveyed data are presented, and afterwards, the water saving potential is presented and indicating the simulated scenarios. An estimate of the project and the assumptions used to prepare these estimates are presented. Such information aims to provide technical subsidies and parameters for decision making regarding the installation of rainwater recovery systems in the buildings in question. This document does not contemplate the design of hydraulic installations, be it non-potable or potable water. The study was carried out with the support of RainMap's rainwater reuse calculation simulator - Sustainable Systems, Dean of Graduate Studies, Research, Extension and Innovation at UNISO and the Engineering Department (DE / UNISO).

Keywords: Harnessing water. Environmental Sustainability. Building Installations and Water Resources.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
SAAE	Sociedade Anônima de Água e Esgoto
CUPAV	Cidade Universitária Professor Aldo Vannucchi
DE	Departamento de Engenharia
ECV	Departamento de Engenharia Civil
GTSIG	Grupo de Trabalho em Sistema de Informações Geográficas
HIDROLABOR	Laboratório de Análise de Águas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
PET	Programa de Educação Tutorial
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial
SP	São Paulo
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UNISO	Universidade de Sorocaba

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	METODOLOGIA	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1	ESTUDOS DE CASOS SAAP EM UNIVERSIDADES	11
3.2	TRATAMENTO DE ÁGUA	14
3.2.1	Filtragem.....	14
3.2.2	Tratamentos complementares da água	19
3.2.3	Cuidados com a cisterna	23
3.2.4	Qualidade da água da chuva.....	24
4	PROJETO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	27
4.1	ÁREA DE ESTUDO	27
4.2	DADOS DE DEMANDA DE ÁGUA	28
4.2.1	Histórico de consumo	28
4.2.2	Demanda de água não potável.....	32
4.3	DADOS DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA	32
4.4	DADOS FÍSICOS E CONSTRUTIVOS	35
4.4.1	Abastecimento de água potável	35
4.4.2	Situação das coberturas e colunas pluviais.....	35
4.4.3	Escoamento superficial.....	38
4.4.4	Situação das tubulações.....	39
4.4.5	Reservatórios	40
4.4.6	Usos de água	43
4.5	DADOS DE MANUTENÇÃO	44
4.5.1	Limpeza das coberturas	44
4.5.2	Limpeza dos reservatórios de água.....	45
4.6	DADOS DE NÚMERO DE USUÁRIOS	45
5	ANÁLISE DE CENÁRIOS	48
5.1	POTENCIAL DE ECONOMIA	49
5.2	PREMISSAS DA ESTIMATIVA DO PROJETO	53

5.2.1	Normas técnicas.....	53
5.2.2	Fluxo do sistema	54
5.2.3	Sistema de coleta	55
5.2.4	Filtro.....	55
5.2.5	Dispositivo de descarte inicial.....	56
5.2.6	Reservatórios de água pluvial	57
5.2.7	Motobomba.....	59
5.2.8	Dispositivo de desinfecção	60
5.2.9	Tubulações, conexões, registros e hidrômetros	63
5.2.10	Instalações hidráulicas exclusivas.....	64
5.2.11	Limpeza e manutenção	65
6	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS.....	70
	ANEXO A – Consumo de água da cidade universitária	75
	ANEXO B – Análise de pré-viabilidade de aproveitamento pluvial – Bloco A	76

1 INTRODUÇÃO

Uma das temáticas mais importantes em relação à sustentabilidade é a água. Utilizar fontes alternativas de água, como por exemplo, a água da chuva aproveitada para finalidades que não exigem elevado grau de pureza, é uma alternativa eficaz que contribui para o uso racional da água. A ideia por trás do processo de aproveitamento da água de chuva é simples de ser compreendida: basicamente a água da chuva é coletada quando escoa pela área de captação (telhado ou outra superfície), e então armazenada em reservatórios e distribuída para um ponto de utilização. O esquema a seguir exemplifica um sistema de aproveitamento de água da chuva e descreve os seus componentes (Figura 1).

Figura 1 – Fluxo e componentes de um sistema de aproveitamento da chuva.



Fonte: <https://simulador.rainmap.com.br/>, 2020.

Figura 1 – Detalhamento dos componentes:

- Sistema de coleta: superfície utilizada para coletar a água da chuva, geralmente o telhado das edificações.
- Filtro: equipamento utilizado para remoção de partículas suspensas, coloidais e de microrganismos provenientes do ambiente.
- Dispositivo de descarte inicial: conjunto de mecanismos utilizados para descartar a água proveniente dos primeiros momentos da chuva, que “lava” a atmosfera e a área de captação e carrega impurezas.

- Reservatório inferior: localizado abaixo do nível de consumo, recebe e armazena, por gravidade, a água de chuva captada.
- Motobomba: equipamento utilizado para transpor a água da chuva do reservatório inferior para o reservatório superior (nem sempre é necessário).
- Reservatório superior pluvial: localizado acima do nível de consumo, recebe água da chuva do reservatório inferior (ou diretamente da cobertura, dependendo do caso) e abastece os aparelhos de consumo. Na falta de água de chuva, o reservatório superior é abastecido pelo reservatório de água da concessionária.
- Dispositivo de desinfecção (clorador): equipamento utilizado para a remoção ou destruição (inativação) de microrganismos patogênicos presentes na água.
- Consumo potável: para beber, cozinhas, lavatórios, chuveiros/banhos que necessitam de água tratada por questões sanitárias.
- Consumo não potável: equipamentos hidráulicos que utilizam água da chuva para o consumo final.

A sustentabilidade é um conceito fundamental que abrange as esferas sociais, econômicas e ambientais. Uma prática sustentável é aquela que menos agride o meio ambiente, preservando-o para gerações futuras, interage com o meio social, relacionando-se com as pessoas, e proporciona economia, garantindo sua viabilidade econômica. Atualmente, selos ambientais e certificações de construções sustentáveis incluem o uso mais eficiente de água como indicador-chave de sustentabilidade, propagando um incentivo ao uso racional de água em edificações (ZHANG *et al.*, 2009).

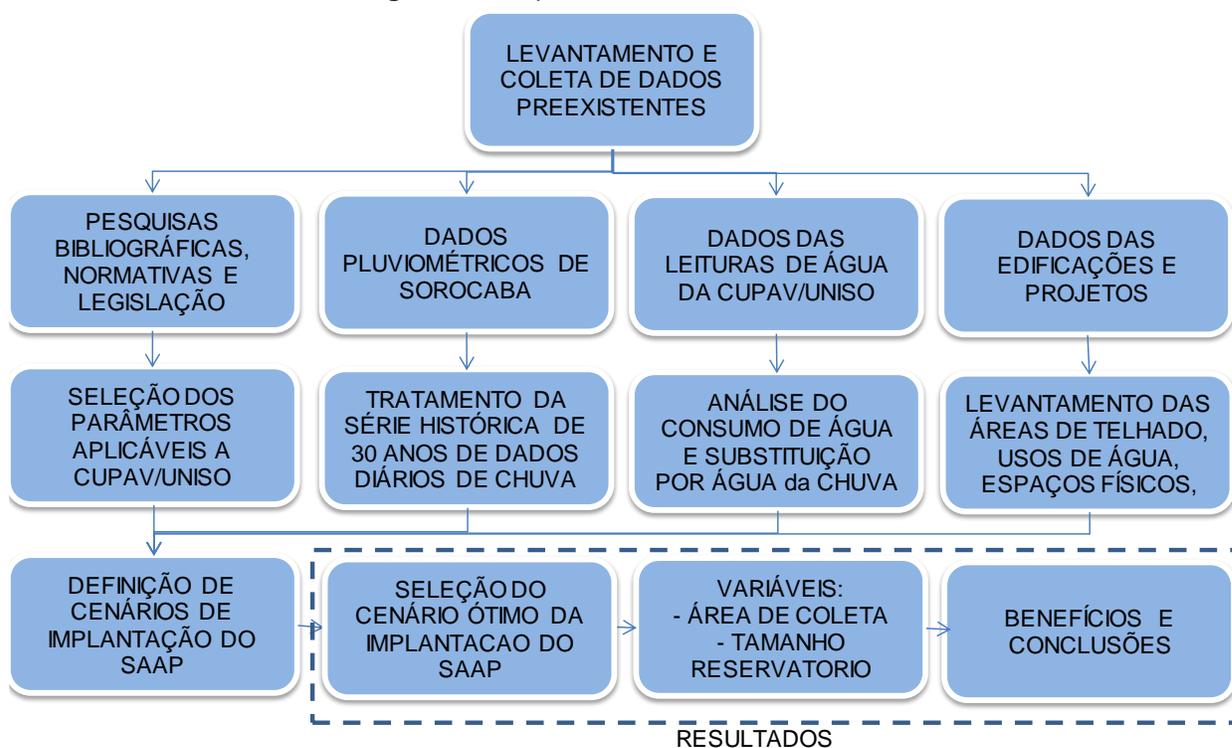
Uma das temáticas mais importantes em relação à sustentabilidade é a água, em especial o uso que fazemos deste recurso. A dependência deste bem é tamanha que abrange tanto ciclos de vida de seres vivos como atividades desenvolvidas pelos seres humanos. Tal importância faz com que se atribua a ela valores sociais, econômicos, culturais e principalmente ambientais. Tendo em vista a crescente prática de sustentabilidade em edificações, o aproveitamento da água de chuva e seu uso para fins não potáveis constitui uma estratégia eficaz e amplamente aceita como forma de disponibilizar água para edificação. Alguns dos benefícios do aproveitamento de água da chuva incluem:

- Auxiliar na preservação de mananciais superficiais e subterrâneos;
- Quando implantada em instituições de renome, como a UNISO, estimula fortemente ações sustentáveis em edificações;
- Com ampla adesão, reduz o excesso de água da chuva que escoava pela cidade, diminuindo inundações, erosão e o fluxo de drenagem;
- Reduzir gastos com água tratada e tratamento de esgoto da edificação; Reduzir a dependência das concessionárias de água tratada;
- Aumentar o potencial de uso dos reservatórios de água potável;
- Reduzir a necessidade de ampliação do sistema de abastecimento público.

2 METODOLOGIA

A implantação sistemas de aproveitamento de água da chuva (ou SAAP, Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial) no CUPAV, Cidade Universitária Professor Aldo Vannucchi, da UNISO, é uma prática que pode trazer benefícios tanto financeiros como para o meio ambiente. Para a análise de viabilidade de implantação de um SAAP na CUPAV/UNISO, o presente trabalho seguiu etapas que foram desde a coleta dos dados necessários para a simulação até a elaboração de diferentes cenários de implantação e obtenção da situação ótima para as edificações analisadas. O método de trabalho é ilustrado pela Figura 2.

Figura 2 – Esquema do método de trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para utilizar um sistema de aproveitamento de água pluvial (SAAP) é necessário o adequado dimensionamento dos componentes do sistema, de forma a se obter a melhor relação entre custo e benefício. Para um correto dimensionamento do sistema, alguns parâmetros específicos são necessários. De forma a embasar e justificar a escolha de alguns desses parâmetros, foi realizado um levantamento com ênfase em edifícios escolares.

Inicialmente, será apresentada uma revisão bibliográfica sobre a implantação de sistemas de aproveitamento da água de chuva em edificações escolares. Por meio de uma comparação dos casos estudados, foram verificadas as principais características de dimensionamento, parâmetros técnicos e desafios encontrados na implantação desses sistemas em nessa tipologia.

Além disso, foi realizada uma pesquisa paralela acerca de parâmetros de qualidade da água de chuva e requisitos de tratamento para diversas finalidades. O objetivo foi de orientar o desenvolvimento da estimativa do projeto a respeito dos níveis de tratamento necessários para utilizar a água da chuva de forma segura, de acordo com as finalidades de consumo previstas, além de disponibilizar opções de concepção do sistema. Os dados foram obtidos por meio da Legislação em relação à água em vigor no Brasil, bem como em estudos realizados previamente.

3.1 ESTUDOS DE CASOS SAAP EM UNIVERSIDADES

A presente seção discute e compara um compilado de quatro estudos de caso acerca do aproveitamento da água de chuva em edificações escolares brasileiras. Diferentes métodos, considerações de cálculo, estimativas de projeto e equipamentos foram observadas nos estudos que serviram como parâmetro das análises a serem realizadas para a CUPAV.

Para a comparação dos quatro casos avaliados, o Quadro 1 apresenta as principais diferenças nas considerações realizadas para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Quadro 1 – Comparação entre casos de SAAP em outras intuições de ensino no Brasil.

Parâmetros	Estudos de Caso			
	1	2	3	4
Autoria	Werneck, G.A.M.	Marinoski, A.K.	Ferraz, A.A.; Durante, L. C.; Nogueira, M.C.J.;A; Rosseti, K.A.C.; Callejas, I.J.A.	Araldi, B.; Nicolini, G.T.; Vieira, S.F.; Fernandes, J.S.
Localidade	Colégio Comercial Cândido Mendes	Centro de Tecnologia em Automação e Informática do SENAI/SC	Sistema modelo para escolas da rede pública	Intituto Federal Catarinense
Cidade	Barra do Pirai/RJ	Florianópolis/SC	Cuiabá/MT	Videira/SC
Ano Publicação	2006	2007	2012	2014
Usuários	935	565	900	1.327
Precipitação média	110,8 mm/mês (Calculada a precipitação mensal média de cada mês do ano. Dados de 1998 a 2005)	132,9 mm/mês (Calculada a precipitação mensal igual para ano todo. Dados de 2000 a 2006)	120,86 m ³ /mês (chuvoso) e 32,89 m ³ /mês (seco) (Precipitação mensal média para período chuvoso e seco. Dados de 1989 a 2009)	204,6 mm/mês (Precipitação mensal média igual para todo ano. Dados de 1971 a 2012)
Demanda de água total	130,9 m ³ /mês	201,25,0 m ³ /mês	Não informado	200,0 m ³ /mês
Demanda de água não potável	91,6 m ³ /mês (todo consumo de água não potável)	127,9 m ³ /mês (vaso sanitário, limpeza, lavação de carros e vidros e rega de jardim)	581,32 m ³ /mês (vaso sanitário, limpeza de pisos e rega de jardim)	10,5 m ³ /mês (limpeza e irrigação)
% de Substituição de água potável por pluvial	70%	63,5%	Não informado	5,3%
Coeficiente de escoamento superficial	80%	80%	Não informado	Não informado
Área de captação	1.284,68 m ²	3.300,68 m ²	1.365,27 m ²	1.675,00 m ²
Sistema de tratamento	Filtro	Filtro	Não informado	Filtro

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

É imprescindível levar em consideração a diferença dos usuários atingidos em cada dimensionamento, o que influencia diretamente na demanda de água pluvial, e também comparar os métodos de dimensionamento do reservatório, a área de coleta de chuva e os dados pluviométricos adotados. Vale destacar que as diretrizes de projeto e dimensionamento de um sistema de aproveitamento da água de chuva são prescritas

pela NBR 15.527/2007 - Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Tal norma apresenta 6 diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios: o método de *Rippl*, método da Simulação, método de Azevedo Neto, método prático Alemão, método prático Inglês e o método prático Australiano. A escolha pelo método a ser utilizado fica a critério do projetista e o volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia (ABNT, 2007).

O método de dimensionamento do reservatório de água pluvial, em todos os casos, foi baseado em médias mensais de precipitação. O Instituto Federal Catarinense de Videira (SC) baseou-se em uma simplificação da relação disponibilidade hídrica e demanda. O Colégio Comercial Cândido Mendes, na Barra do Piraí (RJ), e o sistema modelo para escolas de rede pública de Cuiabá (MT) basearam-se no Método de *Rippl*. O Centro de Tecnologia em Automação e Informática do SENAI/SC utilizou o método de simulação baseado em modelo comportamental (método mais complexo e avançado prescrito pela norma).

Além disso, é necessário destacar a diferença de dados pluviométricos. Observou-se que, tanto para a escola da Barra do Piraí (RJ) como para a escola de Cuiabá (MT), ocorrem períodos de estiagem. Porém, para as duas escolas, a precipitação média mensal foi determinada de maneiras diferentes. Para a primeira, considerou-se uma média de precipitação para cada mês, enquanto que, para a segunda, foi determinada uma média para a época de seca e outra para a época de chuva.

O Método de *Rippl* considera o maior volume de reservatório necessário para que a oferta de água não seja interrompida. É um método simples e muito utilizado no dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Entretanto, por considerar o maior volume necessário para o reservatório, sem levar em consideração a análise econômica, muitas vezes é necessário analisar volumes de reservatórios inferiores para obter um tempo de retorno menor.

O método de simulação baseado em modelo comportamental, portanto, considera uma relação mais verossímil, uma vez que trabalha com a relação entre demanda e disponibilidade hídrica, otimizando o volume do reservatório ideal.

O trabalho de Rupp, Munarim e Ghisi (2007), estudou as diferenças entre os métodos de dimensionamento propostos pela norma e concluiu que o método de simulação baseado em modelo comportamental resulta em valores de volume de reservatório mais otimizados, especialmente se utilizados dados diários de precipitação.

Para todos os dimensionamentos analisados não houve avaliação da qualidade da água da chuva local, sendo levados em consideração os filtros presentes no mercado ou então sem apresentar especificação do processo de tratamento que seria utilizado, como os casos de Videira (SC) e Cuiabá (MT).

Notou-se que, para os casos analisados, a demanda de água para fins não potáveis resultou entre cerca de 60% e 70% do consumo total, com exceção da escola de Cuiabá (MT), que não apresentou o dado, e para Instituto Federal Catarinense que optou por não fazer a substituição de todo o consumo não potável.

Através da presente pesquisa foi possível levantar alguns exemplos de critérios para dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial e conhecer a realidade de análises realizadas em outras instituições de ensino. Destaca-se a maior precisão do método de simulação, que utiliza o modelo comportamental para dimensionamento do reservatório, considerando base diária de dados pluviométricos. Ademais, para uma análise mais próxima da prática, destaca-se a importância de realização de uma análise econômico-financeira, considerando custos de instalação, operação e manutenção do sistema.

3.2 TRATAMENTO DE ÁGUA

A presente seção apresenta um conjunto de soluções voltadas ao tratamento de água pluvial, como filtros e métodos de desinfecção, e parâmetros normativos para o controle da qualidade da água.

3.2.1 Filtragem

Para o aproveitamento da água de chuva é importante adotar um sistema de coleta que evite a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no interior do

reservatório de armazenamento final, pois estes poderão se decompor e prejudicar a qualidade da água armazenada. Esses materiais podem ser removidos de forma simples, promovendo a sua retenção pelo uso de telas, grades e filtros.

No mercado existem alguns equipamentos destinados à filtragem das águas pluviais, desde a simples separação de grandes objetos até a retenção de impurezas mínimas (WERNECK, 2006).

3.2.1.1 Filtros VF2, VF6 e VF12

Os filtros industriais VF2, VF6 e VF12 são recomendados para áreas de captação de 750 m², 1.500 m² e 3.000 m², respectivamente. Eles precisam ser instalados dentro de poços técnicos de dimensões específicas, conforme apresentado no Quadro 2. O princípio de funcionamento deles é o mesmo, porém a malha que faz a filtragem tem dimensões diferentes, proporcionando capacidades diferentes. O Quadro 2 apresenta um resumo das características principais desses três filtros.

Quadro 2 – Especificações dos filtros industriais VF.

CARACTERÍSTICA	MODELO DO FILTRO		
	VF2	VF6	VF12
Área máxima de captação	Até 750 m ²	Até 1.500 m ²	Até 3.000 m ²
Capacidade máxima de miolo filtrante (volume filtrado por tempo)	3 L/s (10,8 m ³ /h)	9 L/s (32,4 m ³ /h)	18 L/s (64,8 m ³ /h)
Manutenções por ano	2 a 4	2 a 4	1 a 2

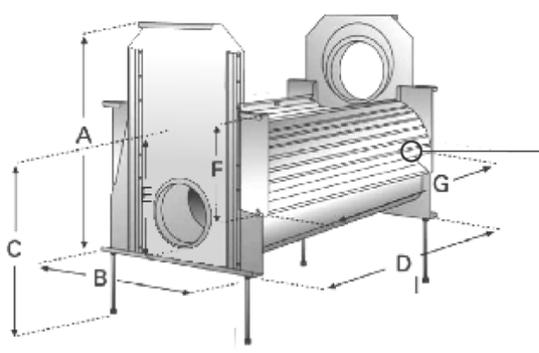
Fonte: 3P Technik (2016).

Conforme a empresa 3P *Technik* do Brasil Ltda (2016), o funcionamento do filtro acontece com uma "freada" na represa superior que a água da chuva sofre, sendo então conduzida para descer nas cascatas. A limpeza preliminar se dá pelo princípio das cascatas. A sujeira mais grossa (folhas, etc.) desce pelas cascatas e vai direto para a galeria pluvial/de esgoto. A água de chuva, já livre das impurezas maiores, passa pela tela (malhas de 0,26mm) abaixo das cascatas. Devido ao desenho especial da tela, ela conduz a sujeira fina retida também para a canalização, sendo autolimpante. Com isso,

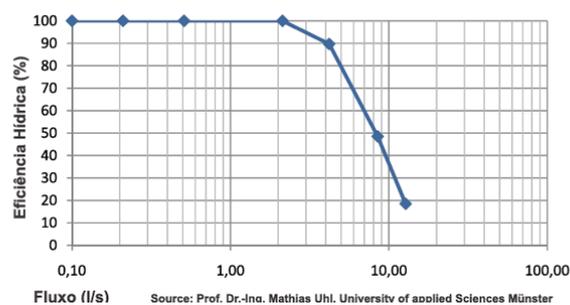
os intervalos para manutenção são maiores se comparados a outros modelos. A água limpa se encaminha para a cisterna e a sujeira vai para a canalização pluvial ou de esgoto. Apesar disso, é importante analisar-se a eficiência hídrica dos filtros mencionados. Na Figura 6 podemos observar que o Filtro VF2 mantém sua eficiência hídrica até um fluxo de 3L/s, a partir do aumento deste fluxo a eficiência começa a cair chegando a aproximadamente 20% em um fluxo em torno de 10L/s.

Figura 6 - Gráfico de Eficiência do Filtro VF2.

Filtro	Entrada água da chuva	Saída rede pluvial	Saída cisterna	A em mm	B em mm	C em mm	D em mm	E em mm	F em mm	G em mm	Malha de filtragem em mm	Diâmetro berço em mm
VF2	1 x DN 200	1 x DN 200	1 x DN 200	670	540	580	390	320	275	320	0,390 / 0,980	1000



Rendimento por volume de vazão

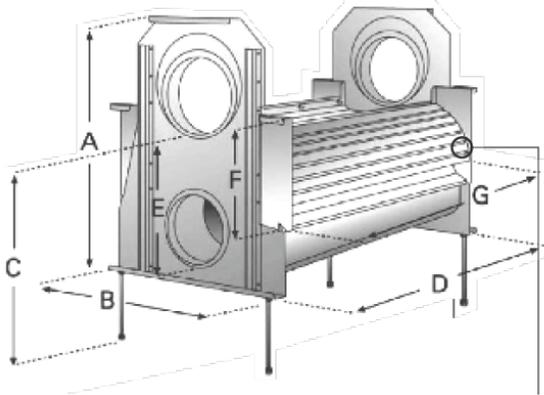
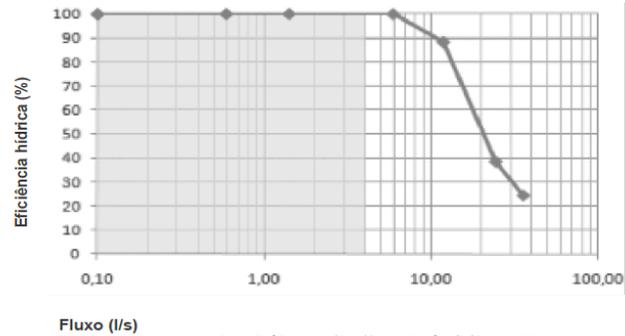


Fonte: <https://www.ecosustentavel.eng.br/filtro-vf2.html>, (2020).

Na Figura 7 podemos observar que o Filtro VF6 mantém sua eficiência hídrica até um fluxo de 9L/s, a partir do aumento deste fluxo a eficiência começa a cair chegando a aproximadamente 20% em um fluxo em torno de 50L/s.

Figura 7 - Gráfico de Eficiência do Filtro VF6

Filtro	Entrada água da chuva	Saída rede pluvial	Saída cisterna	A em mm	B em mm	C em mm	D em mm	E em mm	F em mm	G em mm	Malha de filtragem em mm	Diâmetro berço em mm
VF6	2 x DN 250	1 x 250	1 x DN 200	670	540	575	980	320	275	880	0.390 / 0.980	1200

**Rendimento por volume de vazão**

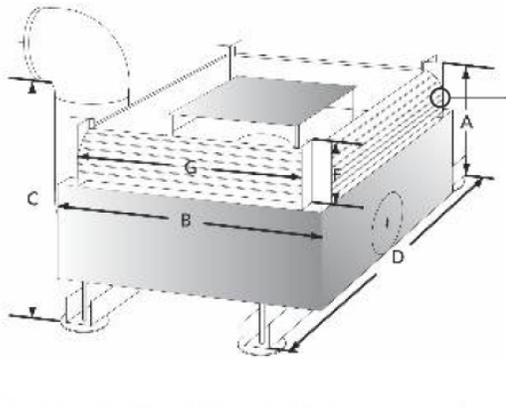
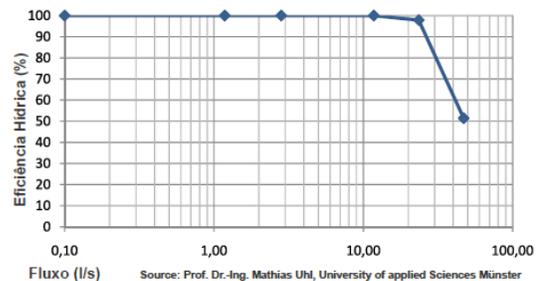
Source: Prof. Dr.-Ing. Mathias Uhl, University of applied Sciences Münster

Fonte: <https://www.ecosustentavel.eng.br/filtro-vf6.html>, (2020).

Na Figura 8 podemos observar que o Filtro VF12 mantém sua eficiência hídrica até um fluxo de 18L/s, a partir do aumento deste fluxo a eficiência começa a cair chegando a aproximadamente 50% em um fluxo em torno de 70L/s.

Figura 8 – Gráfico de Eficiência do Filtro VF12.

Filtro	Entrada água da chuva	Saída rede pluvial	Saída cisterna	A em mm	B em mm	C em mm	D em mm	E em mm	F em mm	G em mm	Malha de filtragem em mm	Diâmetro berço em mm
VF12	1 x DN 300	1 x DN 300	1 x DN 250	780	1070	780	1200	600	275	880	0.390 / 0.980	2000 a 2500

**Rendimento por volume de vazão**

Source: Prof. Dr.-Ing. Mathias Uhl, University of applied Sciences Münster

Fonte: <https://www.ecosustentavel.eng.br/filtro-vf12.html>, (2020).

3.2.1.2 Filtros VORTEX WFF

Produzidos pela *Wisy*, atendem a telhados com áreas máximas de 200 m² (WFF 100), de 500 m² (WFF 150) e de 3.000 m² (WFF 300) e diferentes vazões. Podem ser

instalados entre o telhado e a cisterna, expostos ou enterrados (WERNECK, 2006). Possuem um grau de eficiência de cerca de 90% e filtram partículas de até 0,28 mm, de acordo com (AQUASTOCK, 2020). São fabricados com uma carcaça de polipropileno com elemento filtrante em aço inox.

3.2.1.3 Filtros de descida FS e STFS

Os filtros de descida *Wisys* são instalados diretamente na tubulação de descida dos telhados. O princípio original é a filtração, separando da água de chuva as impurezas como folhas, galhos, insetos e musgos, que seguem pelo tubo normalmente. Filtra áreas de telhado de até 150 m², capta cerca de 90% da água, filtra partículas de até 0,28 mm, com fabricação em aço inox ou cobre (AQUASTOCK, 2020).

3.2.1.4 Filtros de descida 3P Rainus

O filtro de descida 3P *Rainus* atende a telhados com áreas máximas de 60 m² e vazões máximas de miolo filtrante de aproximadamente 0,6 L/s. É fabricado em PVC e deve ser instalado na tubulação de descida do telhado (ou tubo de queda). Serve a sistemas de aproveitamento da água de chuva e como separador de folhas, de lama, e de areia, evitando entupimentos em tubos verticais. Para manutenção, requer a limpeza da tela removível (WERNECK, 2006).

3.2.1.5 Filtro de sucção

Os filtros de sucção são utilizados na tomada de água da bomba que faz a captação da água do reservatório para alimentar os pontos de consumo. Filtram impurezas que porventura ainda estejam no reservatório. A água a ser retirada do reservatório não pode ser retirada do fundo, mas sim próxima à superfície. Para tanto, se usa boia de plástico, onde está afixado tubo de ¾ de polegada com o filtro de entrada para a sucção (TOMAZ, 2011). A NBR 15.527 (ABNT, 2007) orienta que o turbilhonamento da água deve ser minimizado, dificultando a ressuspensão de sólidos e

o arraste de materiais flutuantes. A norma ainda recomenda que a distância para a retirada de água do reservatório seja de 15 cm abaixo da superfície. Pode ser usado independente do pré-filtro, e também para água de reuso ou de poços. Filtra partículas de até 0,3 mm (AQUASTOCK, 2020).

3.2.2 Tratamentos complementares da água

Em se tratando de água da chuva, as exigências do tratamento dependem do destino de utilização e da qualidade inicial da água. Se a água é utilizada no exterior, para rega de jardim, as exigências são menos restritas, podendo se utilizar processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração (BERTOLO, 2006). No entanto, caso seja possível um contato humano ou animal, um tratamento mais específico é necessário, uma vez que diversas doenças são transmitidas pela água (MAY & PRADO, 2004). De acordo com Group Raindrops (2002) é possível separar o uso da água em quatro grupos distintos, assim como especificar a necessidade de tratamento requerida, de acordo com o Quadro 3.

Quadro 3 – Diferentes níveis de qualidades de água exigidos conforme o uso.

USO DA ÁGUA DA CHUVA	TRATAMENTO DA ÁGUA
Rega de Jardins	Não é necessário
Irrigadores, combate a incendio, ar condicionado.	Manter os equipamentos em boas condições.
Fontes, banheiros, lavação de roupa e carros.	Tratamento necessário.
Piscina, banho, beber e cozinhar.	Tratamento e desinfecção necessário

Fonte: Adaptado de Group Raindrops (2002).

A Vigilância Sanitária e Ambiental de Florianópolis (2019) também faz orientações quanto à necessidade de tratamento e desinfecção, apresentadas no Quadro 4. A desinfecção e demais tratamentos da água da piscina deve seguir a NBR 10.818/1989.

Quadro 4 – Especificação dos tratamentos necessários.

USO PRETENDIDO	TRATAMENTO
Descarga em bacia sanitária.	* Dispositivo para remoção de detritos; * Dispositivo para descarte das primeiras águas; * Dispositivo para a desinfecção.
Irrigação de jardins ornamentais e gramados (exclusivo).	* Dispositivo para a remoção de detritos.
Lavação de veículos	* Dispositivo para remoção de detritos; * Dispositivo para descarte das primeiras águas; * Dispositivo para a desinfecção.
Limpeza de calçadas e ruas.	* Dispositivo para remoção de detritos; * Dispositivo para descarte das primeiras águas; * Dispositivo para a desinfecção.
Lavação de contentores.	* Dispositivo para remoção de detritos; * Dispositivo para descarte das primeiras águas; * Dispositivo para a desinfecção.
Espelhos d'água.	* Dispositivo para remoção de detritos; * Dispositivo para descarte das primeiras águas; * Dispositivo para a desinfecção.
Lavação de roupas.	* Dispositivo para remoção de detritos; * Dispositivo para descarte das primeiras águas; * Dispositivo para a desinfecção.
Piscinas*.	* Dispositivo para remoção de detritos; * Dispositivo para descarte das primeiras águas;

Fonte: Adaptado de Florianópolis, 2019.

O uso da água de chuva requer um controle da qualidade e a verificação da necessidade de tratamento, objetivando preservar a saúde do usuário e garantir o funcionamento dos equipamentos componentes do sistema de aproveitamento (GIACCHINI, 2010). A desinfecção, quando necessária, deve ser feita após a pré-filtração, diretamente no reservatório, e pode ser feita de diversas maneiras diferentes (BERTOLO, 2006; MAY & PRADO, 2004) utilizando derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros (ABNT, 2007).

Para potabilização da água da chuva, recomenda-se a realização de processos de tratamento mais completos, como a filtração em filtros de areia ou de carvão ativado. Após passar por um processo de filtração, a água da chuva a ser utilizada para fins potáveis deverá passar por uma etapa de desinfecção, podendo ser realizada de forma

simples, através da fervura ou da cloração, ou de forma mais sofisticada por radiação ultravioleta (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

A desinfecção é necessária quando se recebe água de um sistema sem tratamento, como é o caso da água proveniente de chuva. Desinfetar uma água significa eliminar os organismos patogênicos presentes na mesma. Tecnicamente aplica-se a simples desinfecção como meio de tratamento para águas que apresentam boas características físicas e químicas a fim de garantir o aspecto bacteriológico.

3.2.2.1 Desinfecção por cloro

Para a cloração da água, deve-se usar entre 0,5 mg/L e 3 mg/L e tempo de contato de 30 minutos (AUSTRÁLIA, 1998 apud TOMAZ, 2011). Em Florianópolis/SC, esse parâmetro também é exigido pela Vigilância Sanitária (Florianópolis, 2019), como requisito para a aprovação do projeto hidrossanitário onde há aproveitamento de água de chuva para uso em descargas, lavação de roupas, veículos, calçadas, ruas e contentores, além de espelhos d'água. Como aproximação, precisa-se de 30 ml de cloro para cada 1000 L de água (cloro de concentração 12,5%) para uma efetiva desinfecção, conforme Austrália (1998 apud TOMAZ, 2011). Poderá ser usado hipoclorito de sódio ou de cálcio.

Segundo Jabur (2011), os cloradores podem ser do tipo flutuante com o uso de pastilhas de cloro. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado clorado. Ressalta-se que o hipoclorito de cálcio (cloro em pó, utilizado em piscinas), por conter sulfato de cobre, não é recomendável para desinfecção de água para o consumo humano e rega de jardins e hortas.

As desvantagens da cloração estão na formação de compostos organoclorados carcinogênicos bem como na toxicidade do cloro residual à biota aquática. Em 1974, a segurança do uso do cloro foi questionada quando se observou a formação de trialometanos¹ em águas de abastecimento cloradas (DANIEL, 1993). Em contrapartida,

¹ Trialometano é um composto químico, trissubstituído de metano, em que três dos quatro átomos de hidrogênio são trocados por átomos de halogênios. Muitos trialometanos são usados na indústria como solventes ou fluido refrigerante. THMs também são poluentes ambientais, e muitos são considerados cancerígenos.

a cloração é um método de desinfecção eficaz, simples, de fácil acesso e comercialização e barato. O residual deixado na água também possibilita a desinfecção da água armazenada por maiores períodos de tempo.

Atualmente, os cloros estabilizados ou cloros orgânicos estão ganhando mercado em relação aos produtos antigos (hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio) por apresentarem vantagens como menos resíduo insolúvel na água (HORIZONTE VERDE, 2017).

3.2.2.2 Desinfecção por ozônio

Em estudo experimental com ozonização aplicada como tratamento de água da chuva, foi confirmada a eficiência do ozônio principalmente na redução de metais pesados e coliformes. Para outros parâmetros esse tratamento não foi tão eficiente em virtude de algumas interferências, mas complementado com outros sistemas poderia garantir a segurança dos usuários na desinfecção da água pluvial (RIBEIRO et al, 2009).

O ozônio é um poderoso oxidante (1,5 vezes mais forte do que o cloro) e é mais rápido do que o cloro na inativação de bactérias. Não produz toxinas e decompõe-se em oxigênio. Em contrapartida consome energia para produzir-se e não permanece muito tempo na água o que exige a aplicação contínua no caso de armazenamento água por longos períodos de tempo.

3.2.2.3 Desinfecção por radiação UV

Naddeo *et al.* (2012) realizaram um estudo que focou em um sistema inovador descentralizado para coletar e tratar água da chuva para fim potável, utilizando a fase de filtração, seguida por adsorção em carvão ativado granulado e desinfecção por radiação ultravioleta (UV). Os autores obtiveram bons resultados. Bastos (2007) também avaliou este tipo de composição de sistema, alcançando eficientes remoções de turbidez e série de sólidos, e considerável remoção de 40 coliformes totais, somente na etapa de filtração lenta. Na etapa de desinfecção por radiação UV, uma inativação total dos microrganismos foi observada.

A radiação ultravioleta é uma forma de desinfecção que atua por meio físico que atinge os ácidos nucleicos dos microrganismos, promovendo uma reação que inativa vírus e bactérias. Usualmente é obtida por meio de lâmpadas especiais, geralmente com vapor de mercúrio ionizado de baixa e média pressão (DANIEL *et al.*, 2001). Assim, a célula não consegue se reproduzir e por isso, diz-se que ocorre a inativação e não a morte do organismo.

A desinfecção UV se dá por passagem contínua da água e não acrescenta resíduos na água como ocorre no caso do cloro. Por isso o sistema deve ser posicionado e acionado imediatamente antes do consumo da água a fim de garantir a eficácia da desinfecção. Como sua desinfecção é por passagem, não há desinfecção da água armazenada na cisterna, podendo acarretar a proliferação de microrganismos, odor e coloração à água armazenada. Além disso, a desinfecção por radiação UV exige energia elétrica permanente e necessita substituição periódica da lâmpada, de acordo com sua potência (troca anual da lâmpada de uso doméstico, com 8.000 h de uso, por exemplo).

3.2.3 Cuidados com a cisterna

Há em geral duas formas de armazenamento da água da chuva captada. Uma delas é a cisterna subterrânea, que por não ter tanta incidência de luz e calor, retarda a ação das bactérias. Em geral, qualquer material impermeável e não tóxico pode ser usado: fibra de vidro, tanques de polietileno, aço inox ou concreto. As cisternas maiores são normalmente feitas de concreto (TOMAZ, 2003).

Segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2007) os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a NBR 5.626 (ABNT, 1998). A NBR 15.527 (ABNT, 2007) também orienta que o volume não aproveitável da água de chuva pode ser lançado na rede de galerias pluviais, na via pública ou ser infiltrada total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático, a critério da autoridade local competente. Quando enterrados, estes reservatórios devem ser assentados sobre camada de areia e o espaço entre o solo e o reservatório também deve ser preenchido com areia, para evitar o contato

das pedras existentes no solo. O Quadro 5 discrimina as vantagens e desvantagens das cisternas enterradas e não enterradas.

Quadro 5 – Vantagens e desvantagens das cisternas não enterradas e enterradas.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Cisternas Não Enterradas	
Facilita a verificação de rachaduras e vazamentos.	Necessita de espaço externo.
A retirada de água pode ser feita pela gravidade.	Custo de aquisição.
Pode ser elevada para aumentar a pressão de água.	Está sujeita a ação de intempéries e por isso danifica mais rapidamente.
Cisternas Enterradas	
Custo de aquisição menor.	Custo de instalação maior.
Não requer muito espaço.	Mais difícil de esvaziar.
A água se mantém numa temperatura mais baixa.	Difícil de detectar vazamentos e corrigí-los.

Fonte: Adaptado de Costa (2007).

3.2.4 Qualidade da água da chuva

A água de chuva pode ser utilizada tanto para beber, cocção, higiene pessoal ou também para pontos de abastecimentos, como vasos sanitários, regas entre outros (MANO & SCHMITT, 2004). A qualidade da água é muito importante no processo de captação de água da chuva e está relacionado tanto com a área quanto o meio de captação, além das impurezas que possam ser advindas do telhado.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os parâmetros da qualidade da água devem ser definidos pelo projetista, segundo a legislação. Entretanto, para consumo mais restritivo, a ABNT (2007) apresenta alguns parâmetros que devem ser levados em consideração, que são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Parâmetros da água para consumo.

PARÂMETRO	PERIODICIDADE DA ANÁLISE	VALORES DE REFERÊNCIA
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor Aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH
pH (Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário).	Mensal	6 a 8 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.

Fonte: ABNT (2007).

Além disso, a ABNT (2007) estabelece classes de uso para água de reuso não potável, mas sanitariamente segura. As classes são:

Classe 1: águas destinadas à lavação de carros e outros usos que requerem do contato direto usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes;

Classe 2: águas destinadas à lavação de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;

Classe 3: uso nas descargas dos vasos sanitários;

Classe 4: uso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos por meio do escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Porém, caso o projetista defina que o aproveitamento seja para água potável, deve-se seguir os padrões de potabilidade de água exigidos pelo Ministério da Saúde.

3.2.4.1 Potabilidade da água

A água potável é definida como a água para consumo humano em que os parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos estejam de acordo com o padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde. O Controle da qualidade da água deve ser feito conforme recomendado pela Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde, que regulamenta os padrões de potabilidade para água de consumo

humano no Brasil. Para utilização da água de chuva como potável, devem ser utilizados processos de filtração e cloração, que segundo Perdomo (2004) pode ser feito com um equipamento simples. A água potável deve ter sabor e odor agradável isto é, não objetáveis, ter baixas unidades de cor aparente e turbidez, ausência de *Escherichia coli* ou coliformes termo tolerantes (em 100 ml) e não conter substâncias químicas e metais em concentrações que possam causar mal à saúde humana.

3.2.4.2 Solução alternativa coletiva de abastecimento de água

A água potável, ou seja, a água para consumo humano pode ser proveniente de um sistema ou de uma fonte alternativa de abastecimento de água, em relação à rede pública de abastecimento. Para implementação de uma solução alternativa coletiva de abastecimento de água potável, deve-se requerer junto à autoridade municipal de saúde pública a autorização com a apresentação de alguns documentos como: a nomeação de um responsável técnico habilitado pela operação, à outorga de uso, emitida por órgão competente, quando aplicável, e o laudo de análise dos parâmetros de qualidade da água.

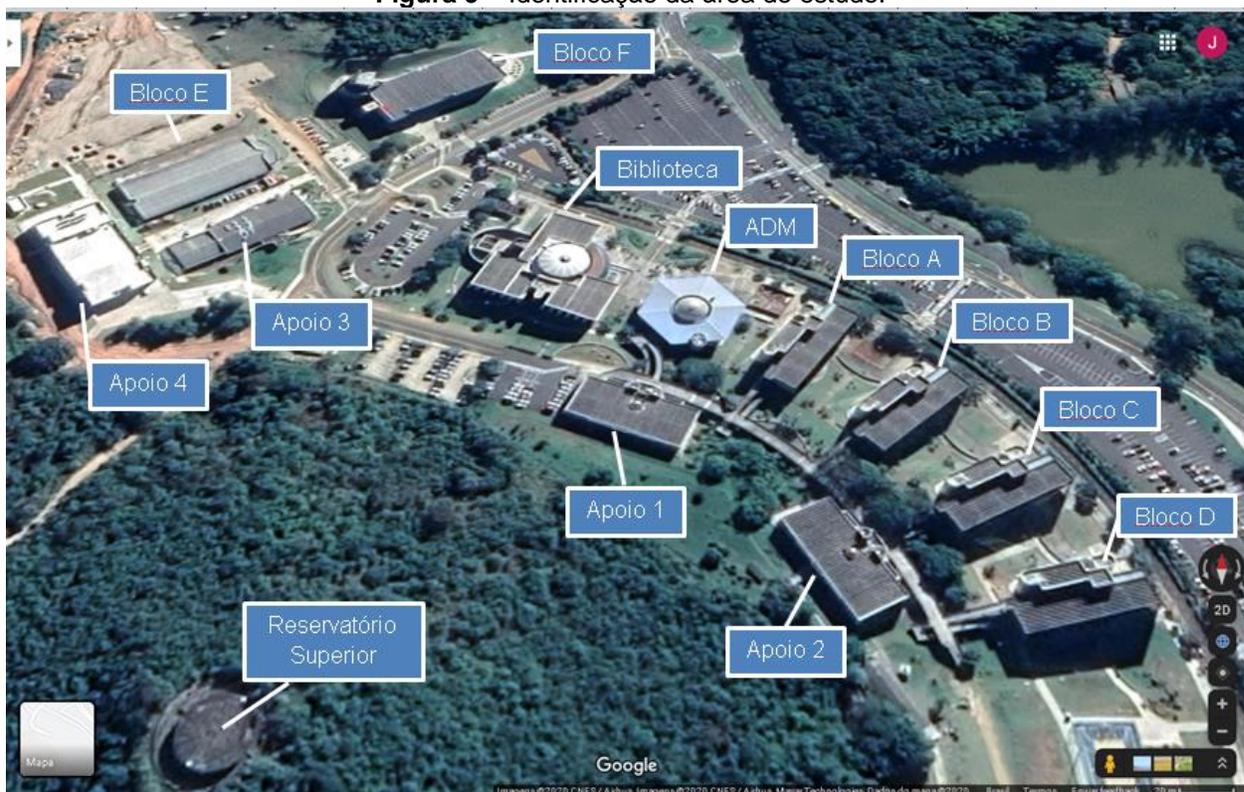
O estudo de Silva *et al.* (2015) teve como objetivo a captação e tratamento de água pluvial para fins potáveis, a partir da construção de um sistema de captação e tratamento de águas pluviais. Após tratamento, foram alcançados os valores de potabilidade exigidos pela legislação, o que confirma que é uma solução alternativa eficiente e possível de ser implementada. No entanto, o responsável por esta alternativa deve exercer o controle de qualidade da mesma, garantir a operação e a manutenção desse sistema e manter uma avaliação sistemática sob a perspectiva dos riscos à saúde. Esse controle deve ser feito semestralmente através da coleta de amostras de água bruta no ponto de captação para análise exigida (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011). Além disso, toda a água utilizada para consumo humano deve passar por processos de desinfecção ou cloração e não poderá ser misturada com a água da rede de distribuição. Cabe também ao responsável, notificar a autoridade e informar a população caso haja algum problema que possa oferecer risco à saúde.

4 PROJETO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O Campus Professor Aldo Vannucchi, doravante CUPAV-UNISO, em sua região central é composto por 12 blocos (A, B, C, D, E, F, APOIO 1, APOIO 2, APOIO 3, APOIO 4, BIBLIOTECA E ADMINISTRAÇÃO) interligados por passarelas. Na parte mais elevada do terreno está localizado o reservatório de água potável. Os locais de demandas de água não potável, como banheiros e torneiras de limpeza se encontram nas áreas inferiores do terreno. Os demais blocos são divididos entre salas de aula, auditórios e laboratórios. A identificação dos blocos da CUPAV-UNISO pode ser acompanhada na Figura 9.

Figura 9 – Identificação da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Google Maps (2020).

As informações de área de projeção de cobertura são apresentadas na Tabela 2, as quais foram extraídas das plantas dos edifícios disponibilizadas pelo Departamento de Engenharia da UNISO (DE/UNISO).

Tabela 2 – Áreas de projeção das coberturas dos blocos da CUPAV

PRÉDIOS	ÁREA DE COBERTURA (m ²)	ÁREA CONSTRUÍDA (m ²)	CAPACIDADE DE OCUPAÇÃO	MATERIAL DA TELHA	INCLINAÇÃO (%)	MATERIAL DA CALHA
ADMINISTRAÇÃO	950	3,050.4	250	METAL	22%	SEM CALHA
BIBLIOTECA	1,300	5,723.0	550	CONCRETO	1%	CONCRETO
BLOCO A	840	3,828.5	1,750	CONCRETO	1%	CONCRETO
BLOCO B	840	3,828.5	1,750	CONCRETO	1%	CONCRETO
BLOCO C	840	3,828.5	1,750	CONCRETO	1%	CONCRETO
BLOCO D	840	3,828.5	1,750	CONCRETO	1%	CONCRETO
BLOCO E	1,500	1,537.3	700	FIBROCIMENTO	15%	METAL
BLOCO F	1,500	7,487.4	2,400	CONCRETO	1%	CONCRETO
APOIO 1	800	1,934.8	520	CONCRETO	1%	CONCRETO
APOIO 2	800	1,934.8	500	CONCRETO	1%	CONCRETO
APOIO 3	1,000	1,030.8	300	FIBROCIMENTO	15%	METAL
APOIO 4	1,350	2,491.0	390	LAJE (IMPERM)	3%	CONCRETO

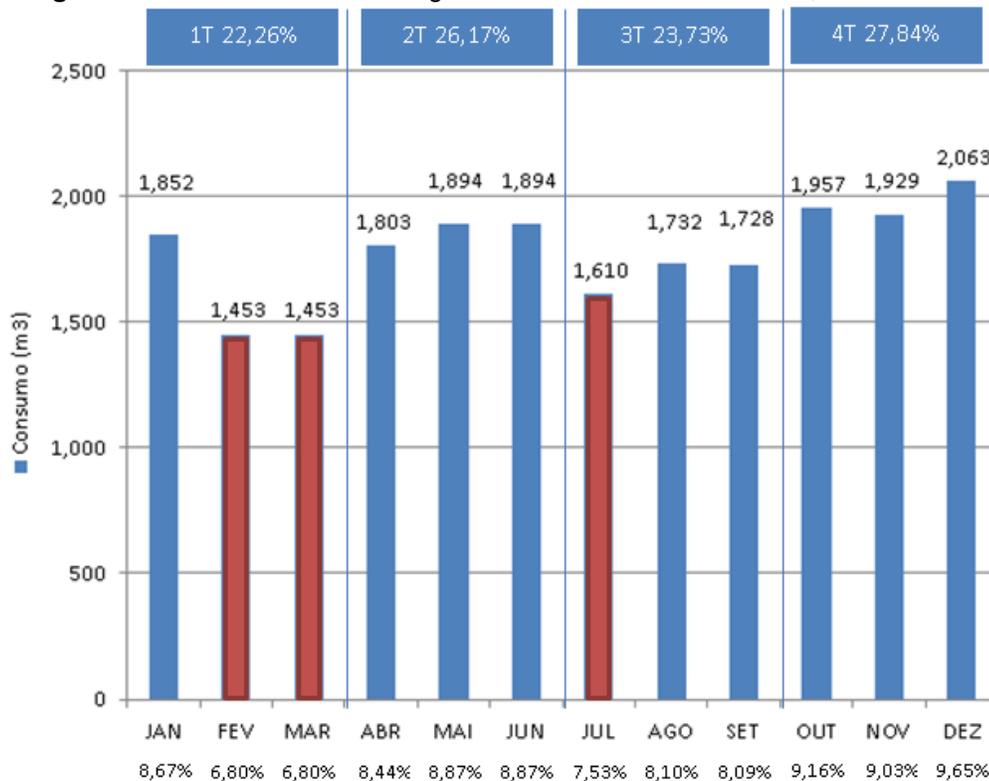
Fonte: DE/UNISO

4.2 DADOS DE DEMANDA DE ÁGUA

4.2.1 Histórico de consumo

Com base nos dados das faturas de água coletados junto ao DE/UNISO, foi possível analisar características como a grandeza, sazonalidade, periodicidade e comportamento do consumo de água dos edifícios em estudo da CUPAV-UNISO. A Figura 10 foi elaborada com base na média do histórico do consumo de água de janeiro de 2016 a dezembro de 2018. Ressalta-se que, no eixo das abcissas, os meses se referem aos períodos de controle/leitura realizada pela concessionária de água, Sociedade Anônima de Água e Esgoto (SAAE), não necessariamente iniciando no primeiro dia do mês.

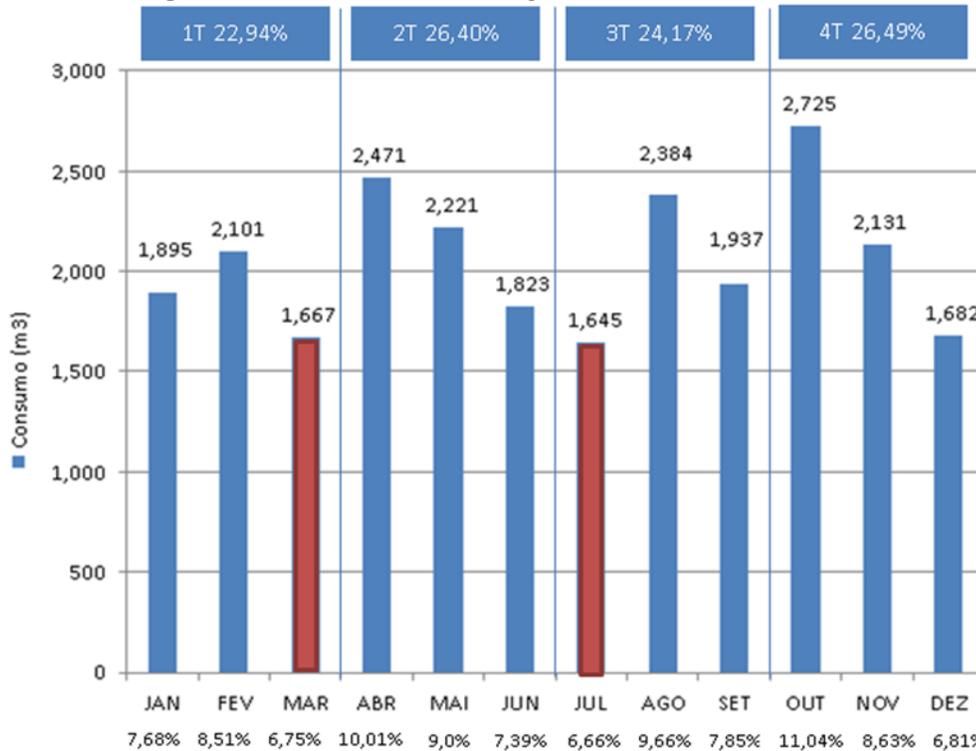
Figura 10 – Consumo médio de água na CUPAV/UNISO em 2016, 2017 e 2018.



Fonte: Faturas de água na CUPAV, hidrômetro 131.307-85/SAAE, de Jan./2016 a Dez./2018.

Por meio da Figura 10, é possível verificar que os meses de menor consumo se referem a fevereiro, março e julho, totalizando 21,13% do consumo anual de água da CUPAV-UNISO, enquanto que os meses de maior consumo concentram-se entre outubro, novembro e dezembro, totalizando 27,84%. Um segundo pico de consumo pode ser observado entre os meses de abril a junho, totalizando 26,17% do consumo total anual. Percebe-se que o consumo trimestral segue a seguinte ordem: 1T, 3T, 2T e 4T. O consumo anual médio de água da CUPAV-UNISO equivale a 21.368 m³/ano e o consumo mensal médio 1.780,69 m³/mês.

Complementarmente, a fim de entender o comportamento do consumo de água da CUPAV-UNISO atualmente, a Figura 11 apresenta os dados de consumo em relação ao último ano de leituras disponível, de janeiro de 2019 a dezembro de 2019.

Figura 11 – Consumo atual de água na CUPAV/UNISO 2019.

Fonte: Faturas de água na CUPAV, hidrômetro 131.307-85/SAAE, de Jan./2019 a Dez./2019.

Conforme a Figura 11, percebe-se que no início do ano no segmento 1T (janeiro, fevereiro e março) há um baixo consumo de água em relação aos demais meses, apresentando uma nova queda de consumo em 3T (julho, agosto e setembro), comportamento esse similar à média apresentada na Figura 10, constatou-se também que o consumo trimestral seguiu o mesmo comportamento dos anos anteriores: 1T, 3T, 2T e 4T. O consumo do último ano totalizou 24.682 m³/ano e o consumo mensal médio 2057 m³/mês. Percebe-se um aumento do consumo de água na CUPAV-UNISO em relação à média dos últimos 3 anos, na ordem de 15,52%.

Por serem os dados mais atuais e possivelmente representarem melhor a atualidade de reformas e adaptações dos banheiros e demais pontos de consumo da CUPAV-UNISO, utilizou-se os dados do último ano de consumo de água (conforme Figura 11) como dados de entrada nas simulações realizadas, uma vez que a CUPAV-UNISO está em constante evolução e além de progressivo aumento na população.

Como as leituras da concessionária não ocorreram no primeiro dia do mês e a demanda por água durante a semana é diferente dos finais de semana, realizou-se o

ajuste dos dados de consumo diário de água da seguinte maneira: Consumo dividido no período entre as leituras (conforme Tabela 3); Para cada semana do período, foi considerado que 95% do consumo semanal ocorrem entre segunda e sexta-feira (19% para cada dia), 3,5% aos sábados e 1,5% aos domingos.

Tabela 3 – Período de leitura e consumo das faturas dos últimos 12 meses na CUPAV-UNISO.

ANO	MES	CONSUMO (M3)	DATA INICIO	DATA FIM
2019	Janeiro	1.895	23/dez/2018	22/jan/2019
2019	Fevereiro	2.101	23/jan/2019	22/fev/2019
2019	Março	1.667	23/fev/2019	21/mar/2019
2019	Abril	2.471	22/mar/2019	15/abr/2019
2019	Mai	2.221	16/abr/2019	15/mai/2019
2019	Junho	1.823	16/mai/2019	14/jun/2019
2019	Julho	1.645	15/jun/2019	14/jul/2019
2019	Agosto	2.384	15/jul/2019	13/ago/2019
2019	Setembro	1.937	14/ago/2019	20/set/2019
2019	Outubro	2.725	21/set/2019	21/out/2019
2019	Novembro	2.131	22/out/2019	23/nov/2019
2019	Dezembro	1.682	24/nov/2019	23/dez/2019

Fonte: Faturas de água da CUPAV, hidrômetro 131.307-85/SAAE, de Jan./2019 a Dez./2019.

Para automatizar o cálculo do volume consumido em cada dia do período considerado (fatura), foram utilizadas as seguintes relações:

$$C_U = \frac{19C}{19N_U + 3,5N_S + 1,5N_D}$$

$$C_S = \frac{3,5S}{19N_U + 3,5N_S + 1,5N_D}$$

$$C_D = \frac{1,5D}{19N_U + 3,5N_S + 1,5N_D}$$

Sendo: C_U , C_S e C_D , os consumos diários calculados para dias úteis, sábados e domingos, respectivamente.

- *C* o consumo total de água informado na fatura;
- *Nu* o número de dias úteis (segunda a sexta-feira) do período da fatura;
- *Ns* o número de sábados do período da fatura;
- *ND* o número de domingos do período da fatura;

4.2.2 Demanda de água não potável

Com base nas pesquisas realizadas e apresentadas no capítulo 3, estima-se que na CUPAV-UNISO cerca de 70% do total da água potável consumida é utilizada para fins não potáveis, podendo, portanto, com devido tratamento, ser substituída por água da chuva. Esta substituição representa o consumo referente a descargas nos vasos sanitários e mictórios e consumo com limpeza geral. Evidencia-se aqui que o consumo referente a lavatórios, bebedouros e chuveiros não pode ser substituído por água da chuva sem um tratamento mais completo, a nível terciário, de forma que a água da chuva possa ser considerada potável. Desta forma, será recomendado no presente trabalho, conforme prescrição da Norma Brasileira NBR 15.527, apenas o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

Outras edificações escolares pesquisadas apresentaram demandas não potáveis de 70% (WERNECK, 2006), 63,5% (MARINOSKI, 2007), 82% (TOMAZ, 2003) e entre 68,46% e 82,69% (YWASHIMA, 2005). O percentual de substituição de 70% adotado no estudo de caso da CUPAV-UNISO teve como referência os estudos de caso mencionados e conversas com especialistas da área.

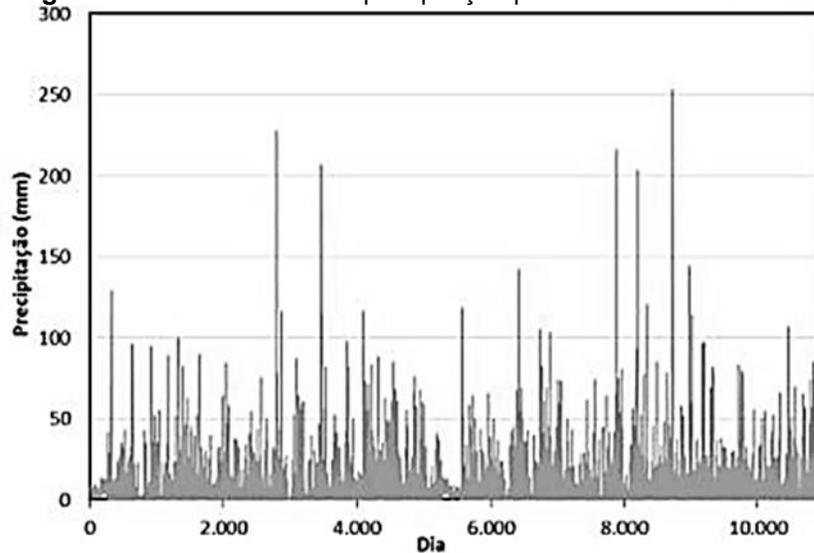
4.3 DADOS DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A disponibilidade hídrica é dada pela intensidade pluviométrica, que é uma característica da região analisada. A intensidade pluviométrica é o conjunto de observações contínuas de volumes de precipitação, em uma determinada localidade de referência, em intervalos de observações estabelecidos. O SI (Sistema Internacional de unidades) denomina o termo de medida de precipitação como sendo pluviosidade, com

sua unidade expressa em milímetros. Uma pluviosidade de um milímetro é equivalente ao acúmulo de um litro de precipitação pluviométrica em uma superfície de um metro quadrado (BRASIL, 2004).

No caso de Sorocaba, utilizou-se uma série de registros de janeiro de 1989 até dezembro de 2019, obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA), na estação 2347243 (Brigadeiro Tobias), que possui registros diários de pluviosidade. Os 30 anos de dados brutos foram tratados, tendo suas falhas de dados (informações vazias e dados perdidos) preenchidas por regionalização. A Figura 12 apresenta a variabilidade do volume de precipitação pluviométrica ao longo de 30 anos de dados coletados na referida estação, que representa Sorocaba.

Figura 12 – Variabilidade de precipitação pluviométrica em Sorocaba

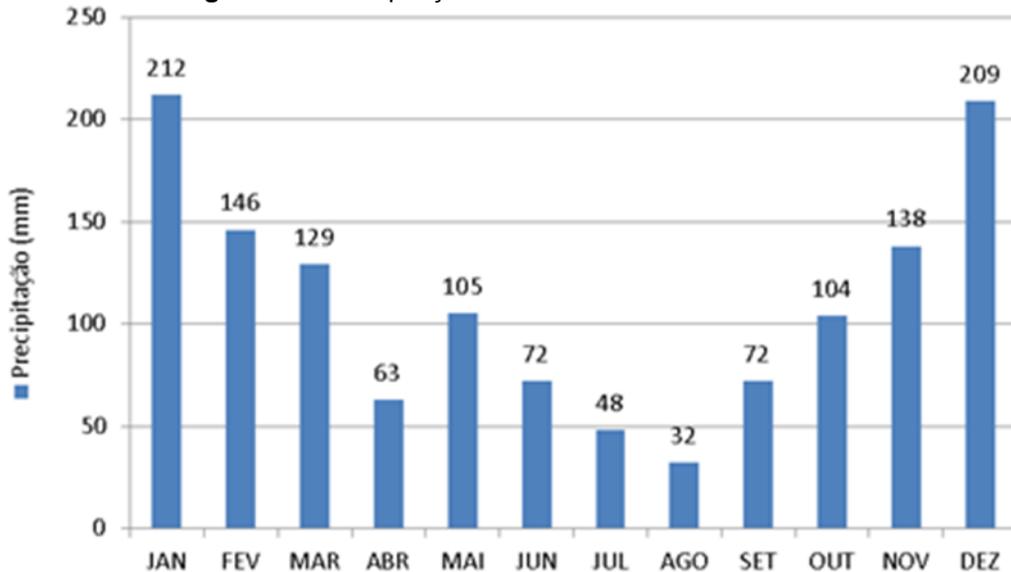


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020. Dados ANA, estação 2347243 (Brigadeiro Tobias), de Jan/1989 a Dez/2019.

Observando-se o gráfico de variabilidade diária da precipitação pluviométrica, é possível observar que o regime pluviométrico ao longo dos anos em Sorocaba tem periodicidade constante, excetuando-se os valores próximos dos dias 2.800, 3.500, 7.900, 8.200, 8.700. O ciclo anual é basicamente uniforme, com presença de precipitação durante todos os meses do ano.

A caracterização anual, portanto, pode ser observada na Figura 13, que apresenta as médias mensais da precipitação obtidas pelos dados do mesmo período. Dessa forma, é possível notar o regime de chuva característico na região ao longo do ano.

Figura 13 – Precipitação mensal média em Sorocaba/SP.



* Os dados apresentados representam o comportamento da chuva ao longo do ano. As médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados. É possível identificar as épocas mais chuvosas/secas de uma região.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020. Dados (CLIMATEMPO, 2020) de Jan/1989 a Dez/2019.

É possível observar que os meses mais chuvosos são os meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro enquanto que o trimestre mais seco abrange julho, agosto e setembro. Resultado coincidente com a pluviosidade mensal média disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), para o período de 1961 a 2009. A precipitação média anual para Sorocaba, com base nos dados analisados, é 1.330 mm/ano. O índice de sazonalidade para a região, calculado conforme proposto por Jenkins (2007), é 0,28. Este índice mensura a diferença entre as médias mensais de precipitação e compara-os com a distribuição uniforme da precipitação anual. O valor nulo representa a homogeneidade da precipitação ao longo do ano (sazonalidade nula), e quanto maior este índice, maior a presença de sazonalidade na série de precipitação. Nota-se, portanto, que Sorocaba possui baixa sazonalidade, sem elevada diferença de precipitação entre os meses, apesar de existente.

4.4 DADOS FÍSICOS E CONSTRUTIVOS

4.4.1 Abastecimento de água potável

Todos os prédios da CUPAV/UNISO, com exceção da clínica veterinária, que possui poço e fossa própria, são atendidos por um reservatório superior de concreto localizado no ponto mais elevado do campus. Esse reservatório pode ser abastecido tanto pela concessionária de saneamento local, SAAE, quanto pela estação elevatória existente na entrada do campus, que recebe água através de um poço artesiano que fica ao lado. A medição do abastecimento a priori não é feita por meio do hidrômetro 131.307-85, nomenclatura conforme consta na fatura de água da SAAE, mas sim pelo hidrômetro instalado no poço artesiano, conforme mapeamento interno realizado pelo DE/UNISO, localizado na entrada principal do campus, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 – Localização do Hidrômetro 131.307-85 na CUPAV.



Fonte: Google Maps (Adaptado).

4.4.2 Situação das coberturas e colunas pluviais

No dia 22/01/2020, com o apoio da equipe do departamento de engenharia da CUPAV-UNISO e sob a supervisão do Eng. Dawilson Menna Junior, foi realizada uma visita de campo para levantamento das informações referente às coberturas dos prédios, onde feita pesquisa em loco nos telados dos BLOCOS B e E, para observação do

funcionamento do sistema de coleta de águas pluviais. Cada parcela de telhado é composta, em geral, por duas águas, com telhas de fibrocimento levemente inclinadas no sentido da menor dimensão do telhado, para recolhimento nas calhas laterais e condução às colunas verticais, para, então serem conduzidas pelo solo até a drenagem pluvial e sua disposição final.

As colunas pluviais estão localizadas, em geral, nas quinas de cada edificação. Nas passarelas que interligam os blocos entre si, as colunas verticais recebem a água drenada do piso das passarelas, além da água da cobertura, conforme exemplificado na Figura 16.

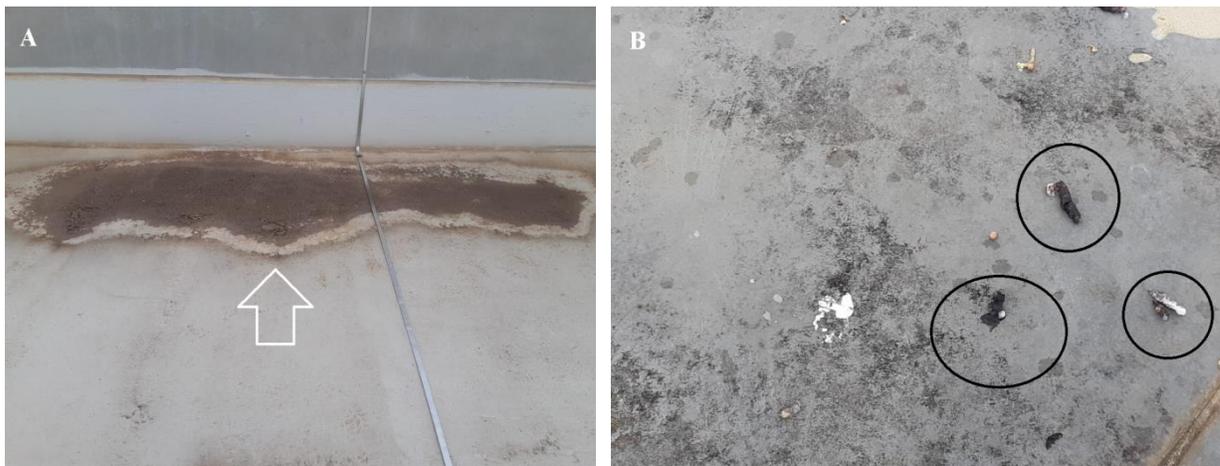
Figura 16 – Colunas verticais e coleta de água das passarelas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A respeito dos resíduos nas coberturas, foi verificada a presença de terra e excrementos de pássaros, o que sugere que possam existir ninhos de pássaros na cobertura ou proximidades. O acúmulo de material orgânico se concentra nas laterais da cobertura. (Figura 17).

Figura 17 – (A) Acúmulo de terra na cobertura e (B) material orgânico detectado.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A Figura 18 apresenta o telhado de coleta da água pelas calhas que se destina à coluna vertical. A presença de resíduos foi identificada o que interfere na qualidade da água.

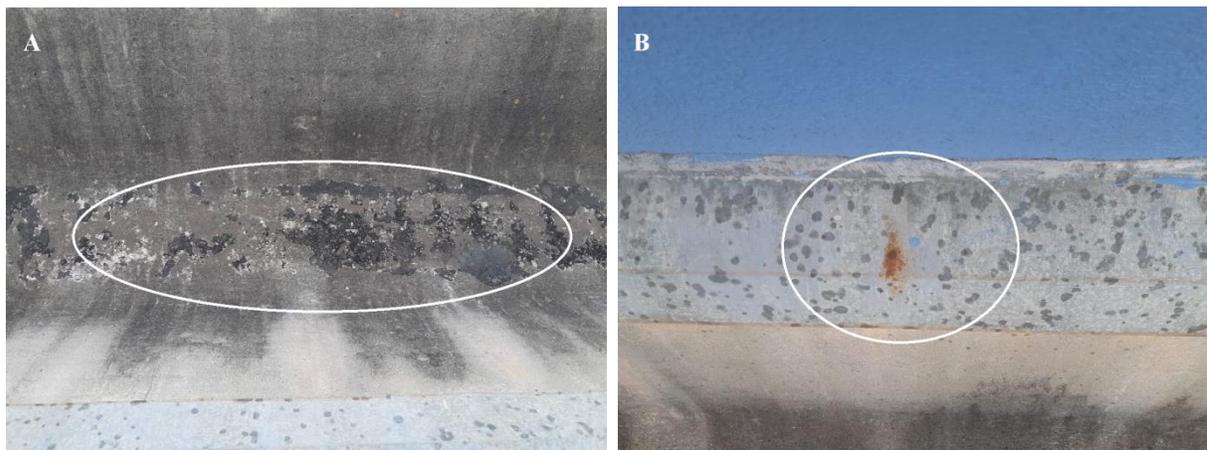
Figura 18 – (A) Telhado e (B) Telha - Destaque para água parada na telha.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Foi constatada a presença de musgos (Figura 19a) e peças metálicas enferrujadas (Figura 19b).

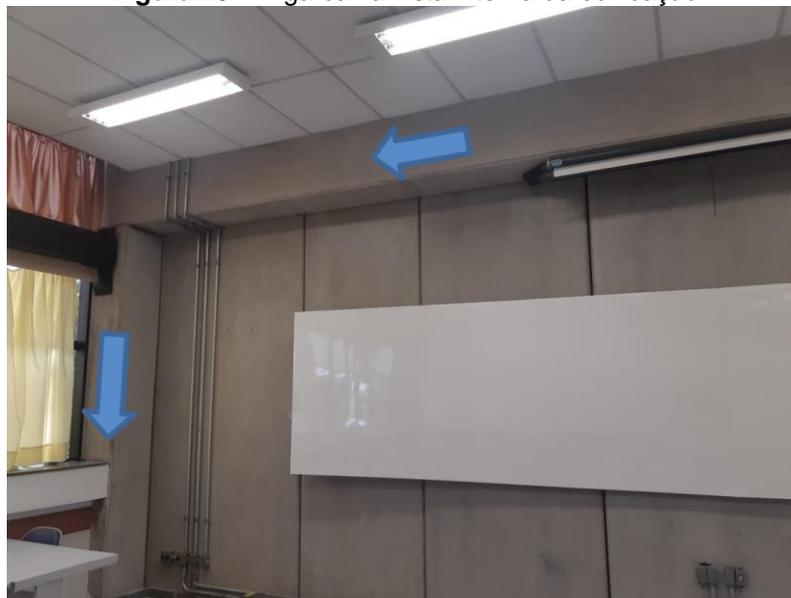
Figura 19 – (A) Musgos no telhado e (B) Presença de ferrugem da cobertura.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A figura 20 apresenta a viga-calha vista do lado interno da edificação. Nela podemos verificar a direção da condução da água dos telhados para as caixas de passagem localizadas no térreo.

Figura 20 – Viga-calha vista interna da edificação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.4.3 Escoamento superficial

O escoamento superficial é uma consideração de cálculo que é utilizada para descontar a parcela de água que é perdida por fenômenos ocorridos em contato com a

superfície de coleta. Essa perda ocorre por evaporação e absorção no momento que a água da chuva atinge esta superfície. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) define o escoamento superficial como sendo o quociente entre o volume total de água que escoou pela superfície de coleta e o volume de chuva total precipitado, variando conforme o tipo de superfície. Dessa forma, o escoamento superficial é considerado por meio de um coeficiente de eficiência aplicado à precipitação. A Tabela 4 apresenta uma referência de coeficientes de escoamento superficial para diversos tipos de superfícies.

Tabela 4 – Exemplos de coeficientes de escoamento superficial, segundo a certificação Leed V4.

SUPERFÍCIE	COEFICIENTE
Telhados e coberturas	75% - 95%
Pavimentos	
Asfalto	70% - 95%
Concreto	80% - 95%
Bloco	70% - 85%
Telhado verde, solo arenoso (> 85% areia)	
Plano, até 2%	5% - 10%
Médio, entre 2 e 7%	10% - 15%
Íngreme, maior que 7%	15% - 20%
Telhado verde, solo argiloso (> 40% argila)	
Plano, até 2%	13% - 17%
Médio, entre 2 e 7%	18% - 22%
Íngreme, maior que 7%	25% - 35%

Fonte: Adaptado de USGBC, 2017.

No presente caso, a área de coleta é dada pela cobertura dos edifícios. Por recomendação de outras bibliográficas (TOMAZ, 2003; GHISI e FERREIRA, 2007; RUPP, MUNARIM E GHISI, 2007), para uma área de coleta semelhante à do caso aplicado, adotou-se um coeficiente de escoamento superficial de 80%.

4.4.4 Situação das tubulações

As instalações hidráulicas dos banheiros dos Blocos seguem a seguinte configuração: uma coluna de água para cada banheiro (uma para os banheiros femininos

e outra para os banheiros masculinos), atendendo a todos os aparelhos dos banheiros, tanto para fins potáveis, como os lavatórios, como para fins não potáveis, como os vasos sanitários e mictórios. Com exceção do BLOCO E, que possui tubulação separada para água potável e para não potável (pluvial), o que permite mais facilmente futura implementação.

4.4.5 Reservatórios

Conforme verificado in loco, atualmente existe um reservatório superior de concreto armado com capacidade de 1.200 m³ que armazena água potável, localizado na parte mais alta do terreno conforme ilustrado na figura 9 e na figura 21.

Figura 21 – Reservatório superior da CUPAV-UNISO



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Foi identificado também um reservatório inferior, acoplado a uma estação elevatória, com capacidade de armazenamento para 70 m³, dotado de duas bombas de 40 CV para bombeamento da água para o reservatório superior. Conforme ilustrado pela Figura 22.

Figura 22 – Reservatório inferior da CUPAV-UNISO (estação elevatória)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Além dos reservatórios de superfície foi identificado na CUPAV-UNISO um poço artesiano com capacidade de vazão de $9,5 \text{ m}^3/\text{h}$, com outorga de 20h/dia. Esse poço artesiano abastece a estação elevatória e por consequência o reservatório superior. Conforme ilustrado pela Figura 23.

Figura 23 – Poço artesiano da CUPAV-UNISO

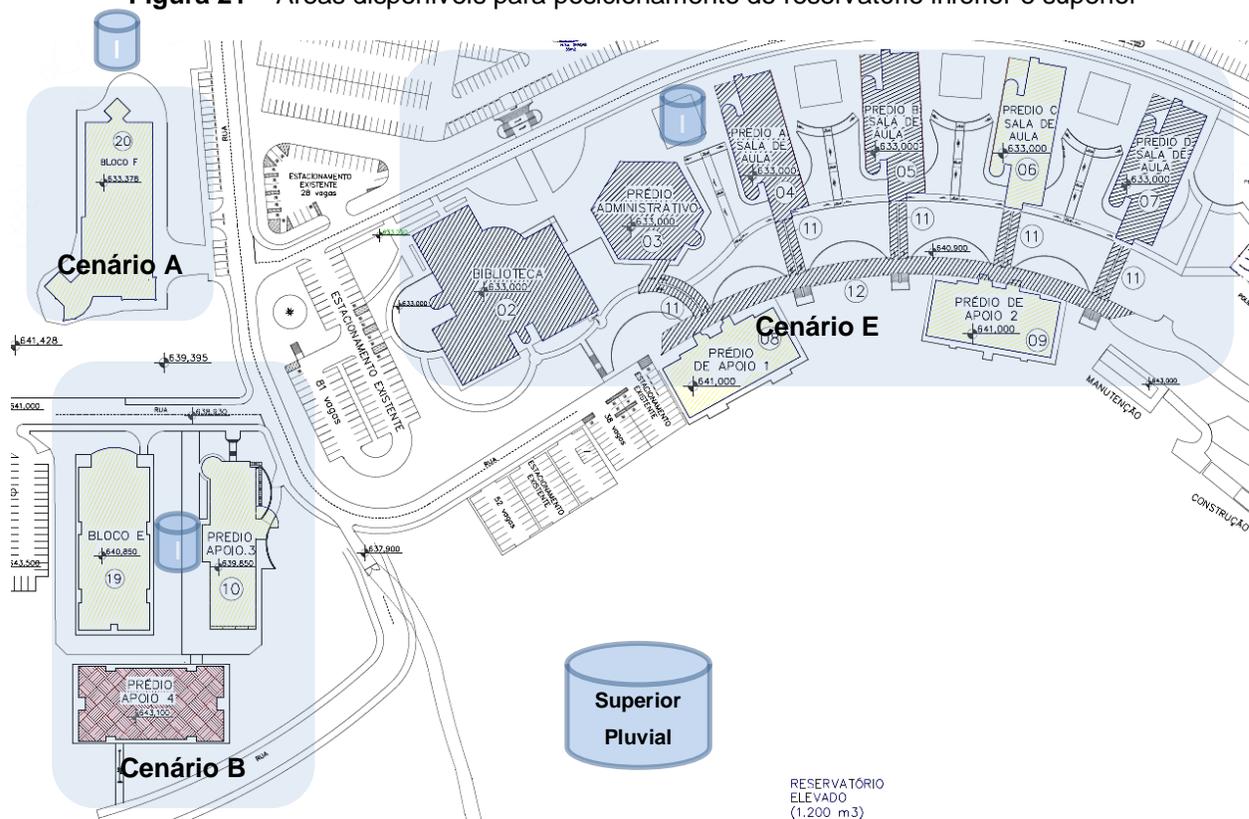


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Para o posicionamento de um reservatório inferior de água pluvial, foram avaliadas três regiões. Entre o Bloco A e o prédio Administrativo existe uma área, onde poderia ser abrigado um reservatório, ficando visível às pessoas por ter interface com o transito de pessoas. O local possui dimensões suficientes para instalação do reservatório. Nesta região existem algumas caixas de inspeção e uma calçada no terreno e as suas posições foram levantadas conforme está apresentado da Figura 20 e 21.

Figura 20 – Disposição das caixas de inspeção e calçada

Figura 21 – Áreas disponíveis para posicionamento do reservatório inferior e superior



Fonte: Levantamento planimétrico GTSIG/ECV/UNISO (Adaptado).

4.4.6 Usos de água

A partir de visita in loco e de informações obtidas junto à administração dos edifícios da CUPAV, a água pluvial poderá ser direcionada para os seguintes fins não potáveis da CUPAV: descargas dos vasos sanitários e mictórios dos banheiros dos prédios, em tanques e em torneiras utilizadas especificamente para a limpeza dos ambientes.

Foram quantificados os pontos de uso de água nos banheiros, presentes apenas no Bloco A. Na Tabela 5 são apresentadas as quantidades de lavatórios e vasos sanitários de cada banheiro, com diferenciação de acordo com o tipo de acionamento, que influencia no volume de água consumido por descarga. Todas as torneiras dos lavatórios são de acionamento manual e fechamento automático, assim como as válvulas de descarga dos mictórios.

Tabela 5 – Pontos de consumo de água nos banheiros – bloco A

APARELHO	WC FEMININO	WC MASCULINO	TOTAL
1o. Pavimento			
Lavatórios	5	5	10
Vasos sanitários com válvula de descarga de acionamento único	8	5	13
Vasos sanitários com caixa acoplada e descarga <i>dual flush</i>	-	-	0
Mictórios	-	6	6
Bebedouro	1	1	2
2o. Pavimento			
Lavatórios	5	5	10
Vasos sanitários com válvula de descarga de acionamento único	8	5	13
Vasos sanitários com caixa acoplada e descarga <i>dual flush</i>	-	-	0
Mictórios	-	6	6
Mictórios	1	1	2
3o. Pavimento			
Lavatórios	5	5	10
Vasos sanitários com válvula de descarga de acionamento único	8	5	13
Vasos sanitários com caixa acoplada e descarga <i>dual flush</i>	-	-	0
Mictórios	-	6	6
Mictórios	1	1	2
Totais	42	51	93

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Além desses pontos de água mencionados que contemplam usos de fins potáveis (lavatório) e não potáveis (vaso sanitário e mictório), existem outros usos que requerem água potável, como bebedouros e copas. Também há instalações hidráulicas em alguns laboratórios, mas a princípio nenhum deles consome um volume significativo de água individualmente, se comparado ao consumo total das edificações.

4.5 DADOS DE MANUTENÇÃO

4.5.1 Limpeza das coberturas

Atualmente não se efetua nenhum tipo de limpeza nas coberturas dos prédios, nem mesmo varrer com vassouras para remoção de folhas e ou outros materiais acumulados. No entanto na hipótese de implantação de um SAAP, a limpeza das

coberturas poderá passar a ser considerada no plano de manutenção predial do DE, Departamento de Engenharia.

4.5.2 Limpeza dos reservatórios de água

A limpeza dos reservatórios de água potável da CUPAV-UNISO é responsabilidade do DE, Departamento de Engenharia.

Segundo o Engenheiro responsável pela manutenção predial e de infraestrutura, a limpeza é feita semestralmente, em julho e em janeiro. O procedimento inicia-se com a interrupção da alimentação do reservatório superior e controla-se o nível no reservatório. O esvaziamento se dá pelo consumo normal dos banheiros. A limpeza é feita, quando o restante da água é descartado (segundo o diretor é um nível de cerca de 40 cm). O procedimento é realizado por um funcionário que entra no reservatório e limpa as paredes com cloro. Nos reservatórios inferiores de cada prédio são realizadas inspeções mensais, com exceção do APOIO 4, que é inspecionado três vezes por semana. Adicionalmente são realizadas duas inspeções por semana no reservatório superior e de recalque.

4.6 DADOS DE NÚMERO DE USUÁRIOS

Foi avaliada a ocupação dos prédios da CUPAV-UNISO a fim de se poder comparar o número de usuários com o consumo faturado de água. Essa ocupação se dá de maneira diferente entre as edificações. Foi fornecida pela administração dos edifícios da CUPAV-UNISO a capacidade de cada bloco quando estão ocupados, conforme a Tabela 6.

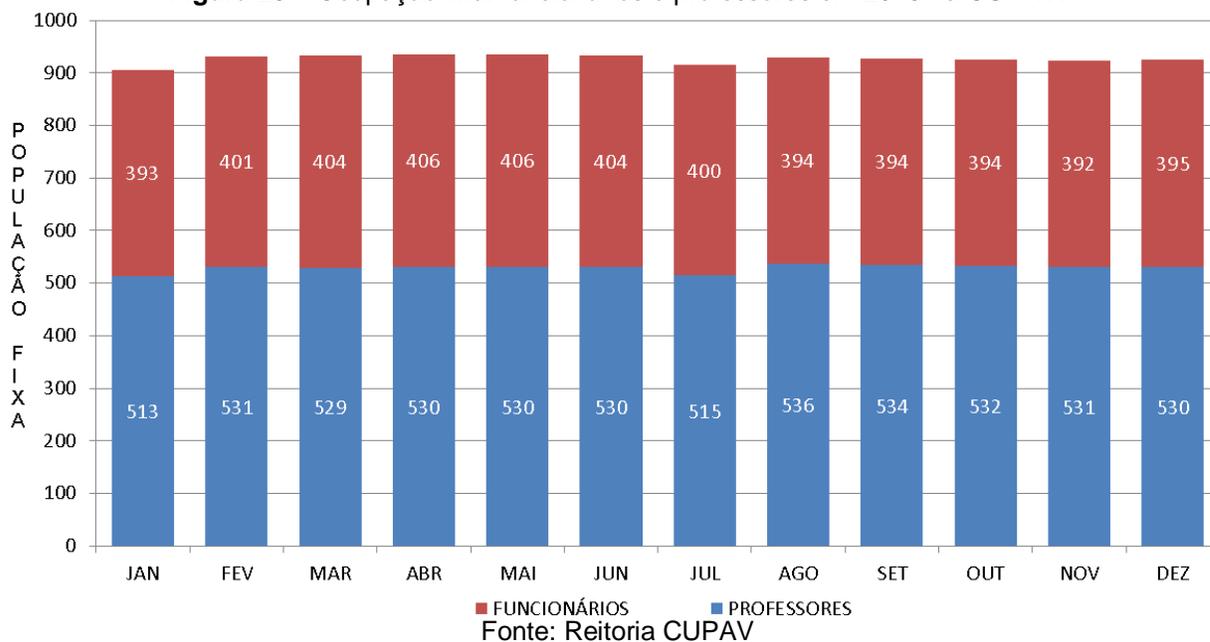
Tabela 6 – Ocupação das salas de aula.

PRÉDIOS	CAPACIDADE DE OCUPAÇÃO
ADMINISTRAÇÃO	250
BIBLIOTECA	550
BLOCO A	1,750
BLOCO B	1,750
BLOCO C	1,750
BLOCO D	1,750
BLOCO E	700
BLOCO F	2,400
APOIO 1	520
APOIO 2	500
APOIO 3	300
APOIO 4	390

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

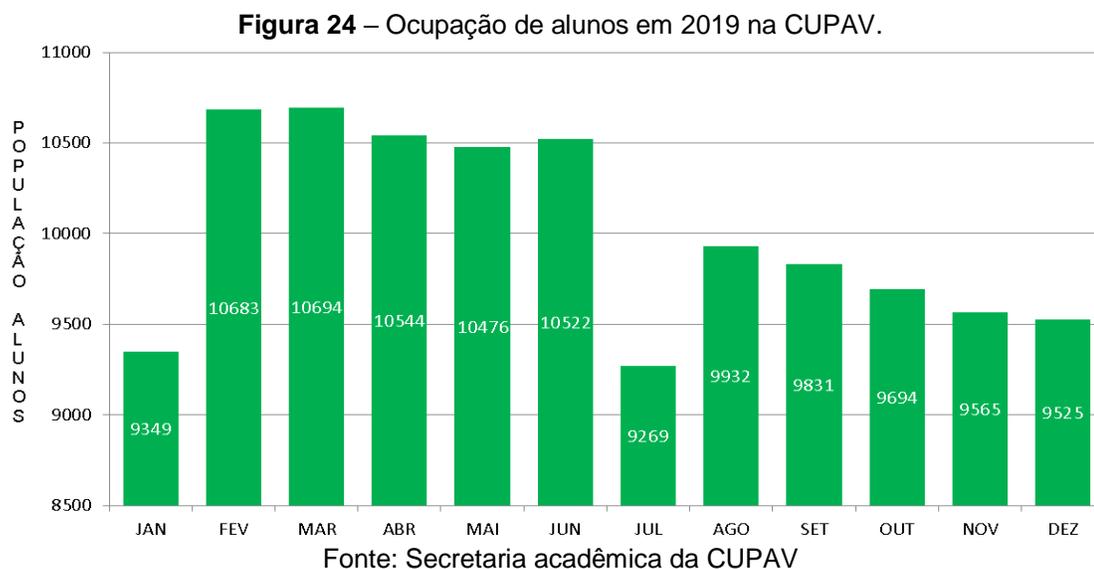
A respeito da quantidade de usuários fixos da CUPAV, foram solicitados dados à área de Recursos Humanos, que forneceu os dados mensalmente, possibilitando a análise do consumo de m³ de água/mês versus o tamanho da população fixa/mês. Estes dados podem ser observados na Figura 23.

Figura 23 – Ocupação fixa: funcionários e professores em 2019 na CUPAV.

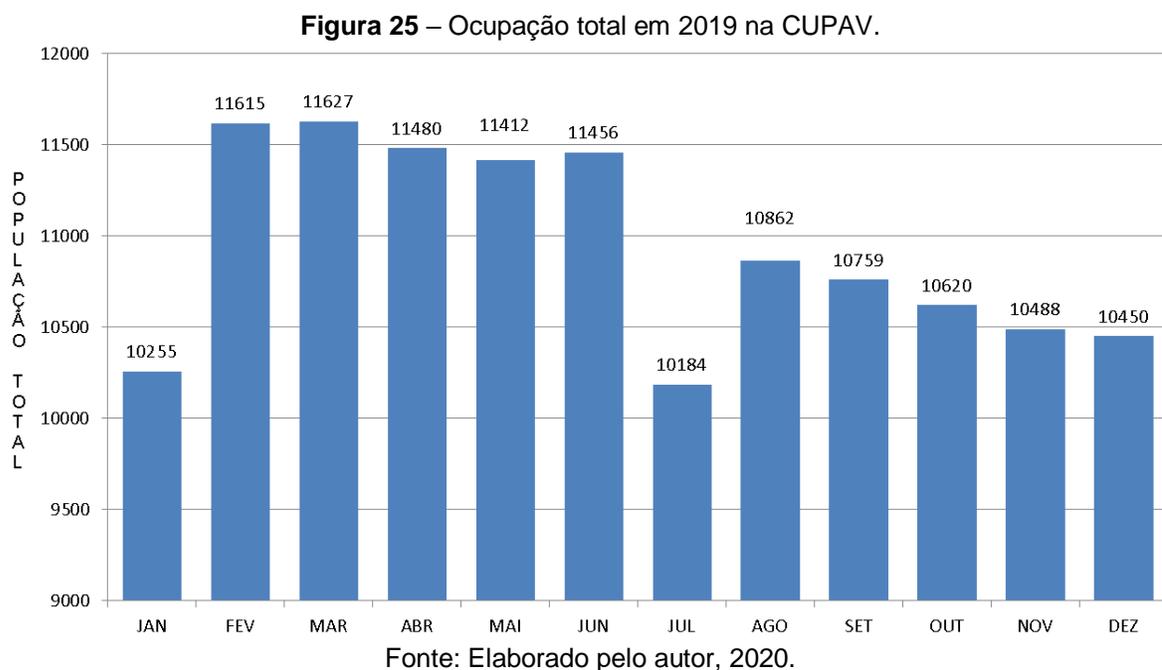


A respeito da quantidade de usuários com permanência parcial na CUPAV, no caso os alunos, foram solicitados dados à secretaria acadêmica, que forneceu os dados

mensalmente, possibilitando a análise do consumo de m³ de água/mês versus o tamanho da população alunos/mês. Estes dados podem ser observados na Figura 24.



A respeito da quantidade total de usuários com permanência parcial e fixa na CUPAV, foi elaborada a tabela abaixo, possibilitando a análise do consumo de m³ de água/mês versus o tamanho da população total/mês. Estes dados podem ser observados na Figura 25.



5 ANÁLISE DE CENÁRIOS

O potencial de economia do sistema de aproveitamento de água da chuva varia em função da dimensão do reservatório pluvial, que por sua vez é função da demanda de água e disponibilidade hídrica, que é dependente tanto da precipitação quanto da área de coleta. Existem diversos métodos para o dimensionamento do reservatório, sejam preconizados pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) ou utilizados internacionalmente, que fazem uso desde equações empíricas e de considerações simples até procedimentos mais robustos. Atualmente, o método considerado mais adequado é o da simulação computacional baseada em modelo comportamental, uma vez que possibilita a realização de uma análise mais completa e verossímil. Este método resulta em volumes de reservatórios otimizados, pois considera um equilíbrio entre dados de demanda e dados de disponibilidade hídrica, simulados periodicamente.

A simulação é realizada de forma iterativa, abrangendo-se diversas variáveis e ponderando-se os critérios para escolha do volume ideal do reservatório. A partir da simulação, é possível obter uma relação do potencial de economia em função do volume do reservatório inicialmente escolhido.

Dessa forma, para maior precisão da análise de implantação de um SAAP no CUPAV-UNISO, optou-se pela adoção do método de simulação baseado em modelo comportamental para dimensionamento do reservatório, considerando os dados pluviométricos em base diária. Os parâmetros adotados para a simulação do SAAP no Centro Tecnológico estão apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Parâmetros de dimensionamento.

PARÂMETRO	VALOR
Dados de precipitação	Pluviosidade diária de Sorocaba (ver item 4.3)
Descarte inicial	2 mm
Área de captação	Variável de acordo com o bloco
Demanda de água (m ³ /mês)	Variável mensalmente (ver item 4.2.1)
Percentual de substituição	70% (ver item 4.2.2)
Coefficiente de escoamento superficial	80% (ver item 4.4.3)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os requisitos para o aproveitamento da água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis devem seguir a NBR 15.527 (ABNT, 2007). Conforme orientação normativa, o presente estudo prevê que, após tratamento adequado, a água de chuva poderá ser aproveitada para usos não potáveis, como: descargas em vasos sanitários, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavação de veículos e limpeza de calçadas, ruas e pátios.

5.1 POTENCIAL DE ECONOMIA

A implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva nos edifícios do CUPAV-UNISO conceitua uma intervenção em edificações existentes. Os edifícios em estudo fazem parte de um complexo com 12 blocos.

A fim de se encontrar a melhor combinação de área de coleta de água da chuva entre os edifícios existentes e tamanho de reservatório necessário, diferentes cenários de captação foram avaliados. Após uma triagem preliminar considerando as áreas de cobertura disponíveis e suas combinações, 7 cenários de implantação foram selecionados, a partir da combinação da área de cobertura de dos blocos existentes, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Cenários avaliados e combinação das áreas de coleta.

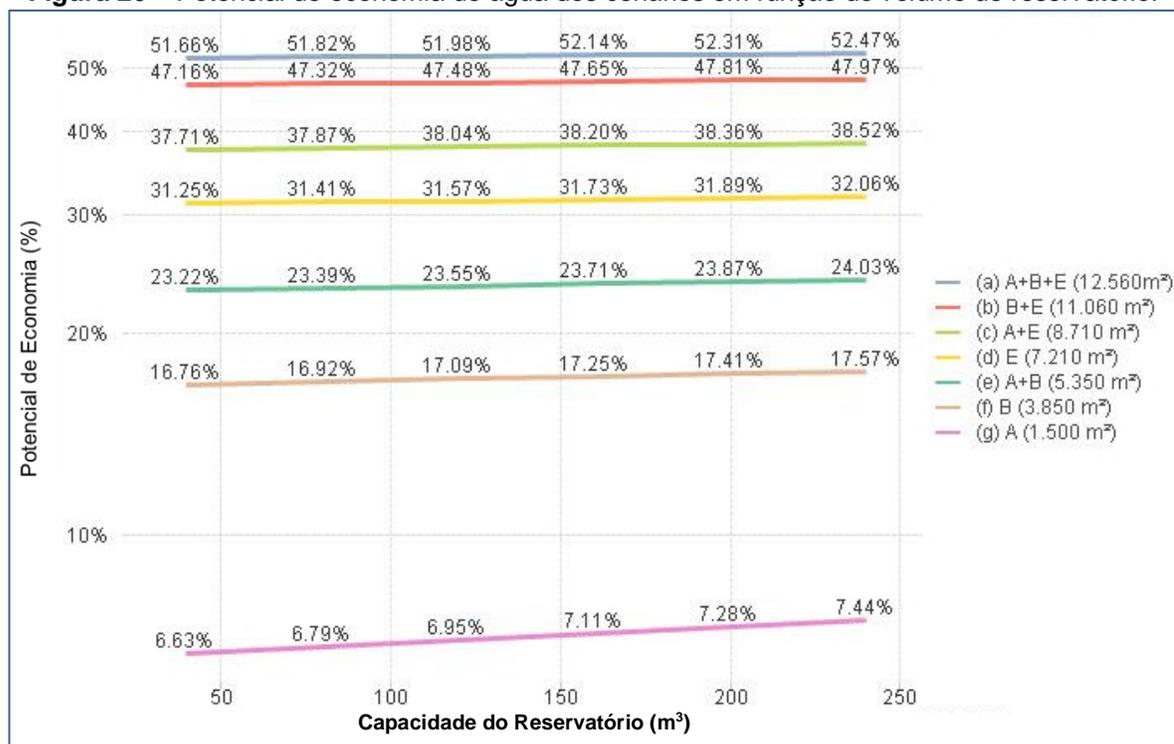
CENÁRIO	ÁREA DE COLETA (m ²)
A	1,500
B	3,850
E	7,210
A+B	5,350
A+E	8,710
B+E	11,060
A+B+E	12,560

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Dessa forma, os cenários foram simulados, variando-se a área de coleta para diversos volumes de reservatório de água de chuva, desde 40.000 L até 240.000 L, em incrementos de 40.000 L.

A Figura 26 apresenta uma relação entre potencial de economia de água potável por volume de reservatório, para cada cenário.

Figura 26 – Potencial de economia de água dos cenários em função do volume de reservatório.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Por meio da Figura 26, é possível perceber que não há um crescimento do potencial de economia de água potável significativo conforme se aumenta o volume do reservatório, permanecendo praticamente estável. A Tabela 9 apresenta a diferença de potencial de economia total obtida com o aumento de volumes de reservatório para o cenário A+B+E, por exemplo, de 40.000 a 240.000 L. Percebe-se que, com o aumento do volume do reservatório, a diferença fica sempre na faixa de 0,16%.

Tabela 9 – Diferença de potencial de economia total entre volumes de reserva – Cenário A+B+E.

Volume Reservatório (m3)	Potencial Economia (%)	Diferença do Potencial Economia em relação ao Potencial Anterior (%)
40	51.66%	
80	51.82%	0.16%
120	51.98%	0.16%
160	52.14%	0.16%
200	52.31%	0.17%
240	52.47%	0.16%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Adotou-se como reservatório ideal o volume de 200.000 L. Esse volume pode ser justificado como uma opção técnica viável, pois CUPAV-UNISO possui um reservatório superior de água potável de 1.200.000 L.

Adotando um reservatório inferior de 40.000 L, pode-se compor o sistema de aproveitamento com 240.000 L de total de reserva de água de chuva. A partir da análise da intensidade pluviométrica da região, apresentada na seção 4.3, e do levantamento de vazões de motobomba disponíveis no mercado, o volume inferior de 40.000 L foi considerado adequado para o recebimento da água captada nas coberturas e bombeamento para o reservatório superior.

Continuando a análise da Figura 26, é possível notar também um crescimento do potencial de economia com o aumento da área da coleta de água da chuva e uma estabilização do crescimento do potencial de economia conforme aumenta a área de captação. Essa redução fica mais clara na Tabela 10, em que são apresentados os incrementos do potencial de economia ao se escolher um cenário ao invés de um outro (por exemplo, o incremento de economia ao se escolher o cenário B ao invés do A, denominado A->B), e o incremento de área de captação ao se escolher um cenário ao invés de um outro. A relação desses incrementos é definida como o fator de eficiência (Δ cenário), expresso em %/m². Utilizou-se a transição de cenário A para o cenário B como referência (Δ A->B). Dessa forma, comparou-se os demais fatores de eficiência com o caso de referência.

Tabela 10 – Comparação do aumento de área de coleta e potencial de economia entre os cenários.

CENÁRIO	A->B	B->E	E->A+B	E->A+E	A+E->B+E	B+E->A+B+E
Área de captação (m ²) a esquerda da seta (A)	1,500	3,850	7,210	7,210	8,710	11,060
Área de captação (m ²) a direita da seta (B)	3,850	7,210	5,350	8,710	11,060	12,560
Aumento da área de captação (m ²) (B-A)	2,350	3,360	-1,860	1,500	2,350	1,500
Aumento potencial de economia média (%)	156.66%	87.27%	-25.80%	20.80%	23.98%	13.56%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Notou-se que o fator de eficiência sofre redução em relação à primeira mudança de cenário ($\Delta\text{cenário}/\Delta A \rightarrow B$), e em relação aos demais, podendo estabelecer um parâmetro de comparação.

Desta forma, é possível concluir que a captação de chuva usando uma combinação com área de cobertura maior que 11.060 m² (cenário B+E) não se apresentou vantajosa, uma vez que um grande acréscimo de área resulta em um pequeno acréscimo no potencial de economia (atendimento da demanda por água não potável, apenas 13,56%).

Complementarmente, é possível perceber que nos cenários apresentados não atingem os 70% de substituição de água potável por água pluvial intencionados para fins não potáveis. Na melhor das simulações foi atingido apenas 52,47%, conforme a tabela 9. Isso ocorre porque a demanda por água para fins não potáveis é maior do que a captação e armazenamento da chuva. Conforme o gráfico da Figura 26, tendo em vista a redução do ganho de potencial de economia com o aumento do volume do reservatório, é possível perceber que somente um reservatório excessivamente grande possibilitaria um potencial de economia próximo de 70% (totalidade do consumo não potável. Além do grande espaço físico necessário para um reservatório que possibilite um potencial máximo de economia (70%), os custos de implantação e manutenção também aumentariam, não justificando a escolha da solução.

A partir dessa primeira análise de potencial de economia, 4 cenários foram selecionados para realização de estudos mais aprofundadas com relação a viabilidade técnica, conforme apresentado na seção a seguir.

5.2 PREMISSAS DA ESTIMATIVA DO PROJETO

Para se determinar uma estimativa de custos futura, realizou-se uma estimativa de escopo de projeto. Para isso, algumas premissas e parâmetros foram adotados. Na confecção do projeto básico, executivo, implantação e execução do sistema, essas premissas deverão ser aprofundadas. Os valores estimativos apresentados por este relatório são correlatos às premissas adotadas. Desta forma, caso haja mudança de alguma premissa ou parâmetro, o potencial de economia e demais valores correlatos serão diferentes.

Inicia-se apresentando as normas que o projeto e execução devem atender, e que serviram de norte para o desenvolvimento da estimativa de projeto. Em seguida, são apresentadas as premissas de funcionamento do SAAP, seus elementos e funcionalidades que devem ser atendidas. Por fim, são apresentadas considerações de inspeção, limpeza e manutenção, indicando periodicidades e orientações normativas para tal.

5.2.1 Normas técnicas

Dentre as normas técnicas brasileiras mais relevantes que nortearam o desenvolvimento desta estimativa de projeto de instalações de aproveitamento de águas pluviais, destacam-se:

NBR 5.626/1998 – Instalação predial de água fria (ABNT, 1989);

NBR 5.688/2010 – Tubos e conexões de PVC-U para sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação – Requisitos (ABNT, 2010);

NBR 10.844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento (ABNT, 1989);

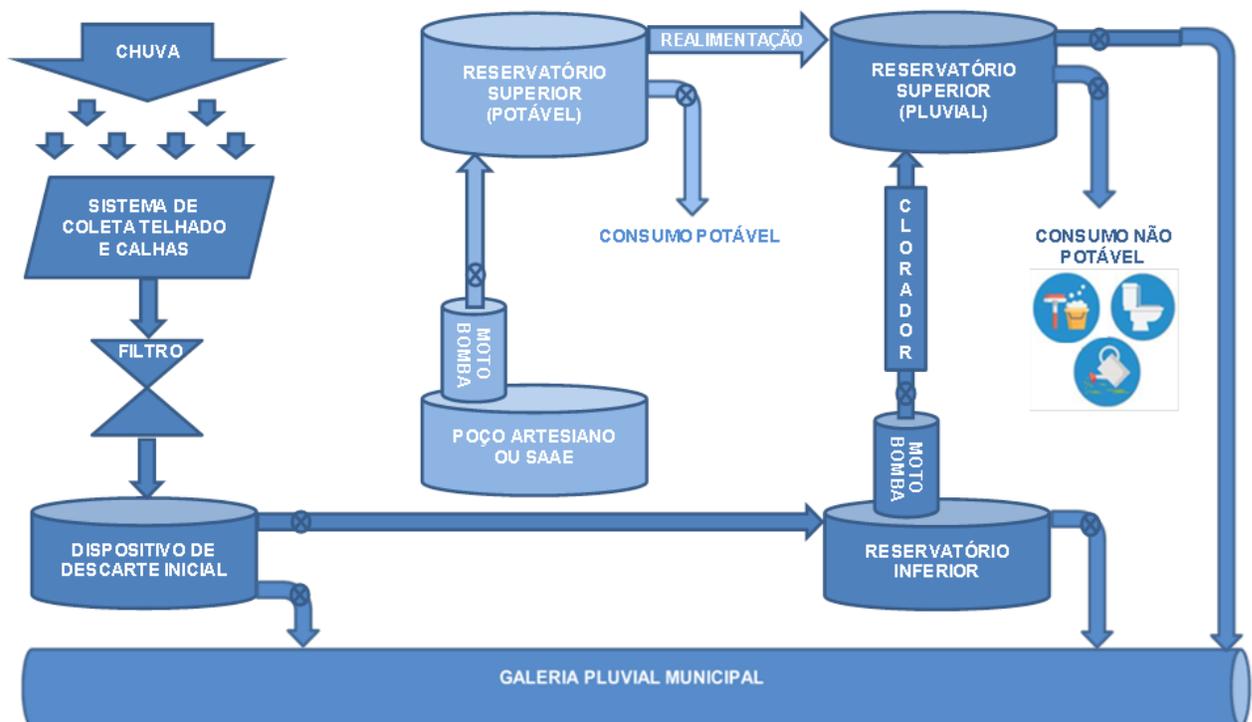
NBR 15.527/2007 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2007);

NBR 12.213/1992 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público – Procedimento (ABNT, 1992).

5.2.2 Fluxo do sistema

As águas provenientes da precipitação serão captadas e armazenadas em um reservatório inferior, para serem recalçadas para o reservatório superior e utilizadas nos vasos sanitários, mictórios e torneiras de jardim e limpeza. O sistema de alimentação dos dispositivos de uso hidráulico deve ser feito de forma que a água pluvial não esteja em contato com a água potável advinda da concessionária ou com o usuário final. Para melhor compreensão da dinâmica, a Figura 30 apresenta o fluxo do sistema.

Figura 30 – Esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

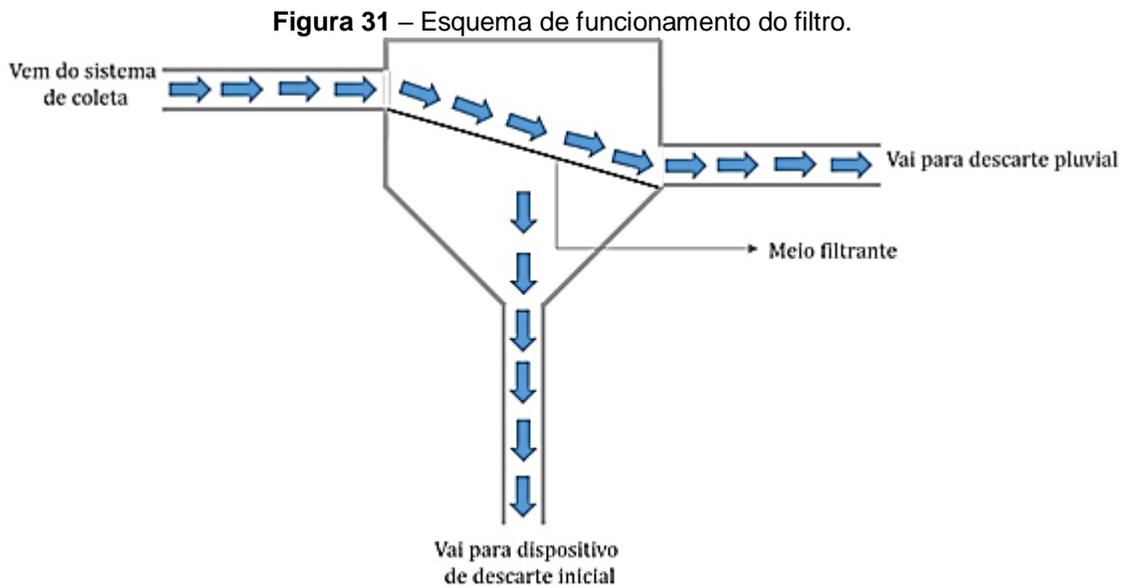
5.2.3 Sistema de coleta

O sistema de coleta existente nas edificações (cobertura, calhas, condutores verticais) pode ser mantido para o sistema de aproveitamento, necessitando de algumas modificações. Como o objetivo do sistema de coleta de água de chuva é de direcionar toda a água coletada para um único ponto de reserva, foram previstos custos com adequações de calhas e condutores horizontais para esta finalidade.

Os condutores verticais (ou tubos de queda) estão presentes, basicamente, em todas as quinas de todos os blocos. Para direcionar a água desses pontos até a região onde será posicionado o reservatório inferior, seriam necessários condutores horizontais levemente inclinados que percorreriam distâncias muito grandes. A fim de evitar essas interferências nas fachadas e para direcionar a água para a região desejada, foi estimada a inversão do sentido de algumas calhas. Os custos foram estimados com base na colocação de novas calhas nesses locais. Também foram previstas as tubulações de recolhimento das águas de cada bloco, passando por baixo das passarelas até o reservatório inferior. Essas estimativas levaram em conta o dimensionamento desses elementos, contudo, os diâmetros de tubulação e as dimensões das calhas deverão ser especificados no projeto executivo.

5.2.4 Filtro

O filtro é o dispositivo que separa a água dos detritos sólidos advindos da superfície de coleta. O princípio de funcionamento segue uma filtragem contínua, onde as partículas são retidas em um meio filtrante, geralmente metálico e poroso. A Figura 31 apresenta uma ilustração deste princípio de funcionamento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A manutenção do filtro deve ser feita por meio de limpeza, a partir da retirada do núcleo filtrante, lavagem e limpeza completa, e reposição do núcleo filtrante na estrutura do filtro.

5.2.5 Dispositivo de descarte inicial

Conforme a orientação da Vigilância Sanitária de Sorocaba (SOROCABA, 2016), o dispositivo de descarte inicial é o dispositivo que promove o descarte das primeiras águas escoadas na área de captação, ou seja, aquelas que promovem a limpeza da cobertura, permitindo que seja direcionada ao reservatório uma água pluvial com menor concentração de sólidos dissolvidos e de organismos patogênicos. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) e a Vigilância Sanitária de Sorocaba (SOROCABA, 2016) recomendam que o dispositivo de descarte das primeiras águas seja instalado após o de remoção de detritos e o volume das primeiras águas a ser descartado deve ser referente a uma precipitação inicial de 2 mm. A parcela de água descartada deve ser direcionada ao sistema público de drenagem pluvial ou infiltrada no solo na área do imóvel.

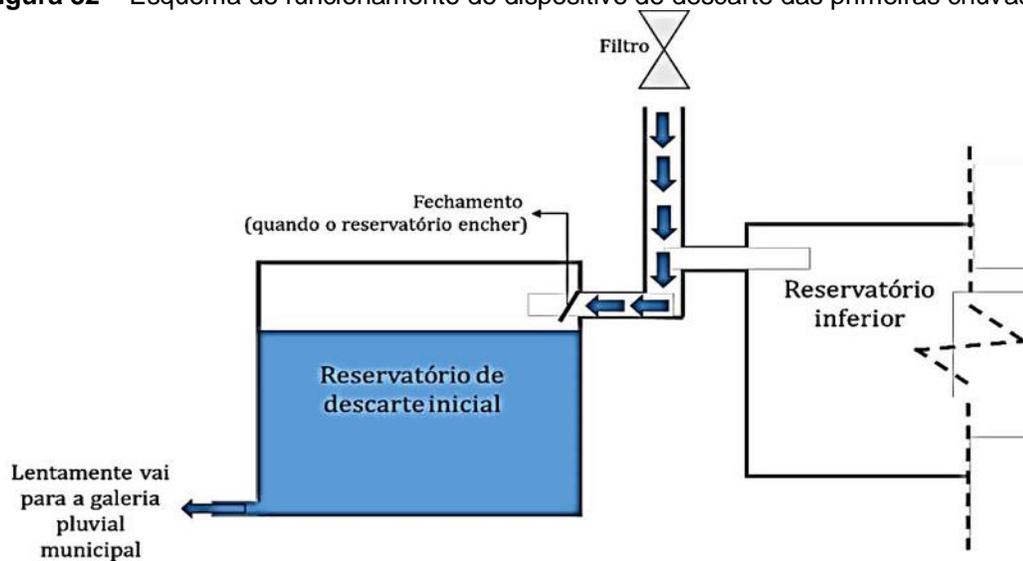
O dispositivo para descarte inicial do CUPAV-UNISO foi estimado com reservatório de 4.000 L, e, após a coleta deste volume, o excedente da precipitação é redirecionado para o reservatório inferior. Devido ao elevado volume a ser descartado,

recomenda-se que a parcela de água descartada seja direcionada ao sistema público de drenagem pluvial.

A água reservada no dispositivo pode ser descartada com uma válvula semiaberta, de forma que o fluxo de entrada de água no dispositivo seja significativamente menor que o fluxo de saída ou de descarte. Recomenda-se que este fluxo de descarte ocorra no máximo a cada 24h. Conforme a Vigilância Sanitária de Sorocaba (SOROCABA, 2016), o sistema de extravasamento deve ser automático e de fluxo contínuo (gotejamento sem torneira).

Existem diversas maneiras de se fazer o redirecionamento do fluxo, podendo ser de forma manual ou automática (mecânico ou digital). A concepção de redirecionamento de fluxo fica a critério da execução de projeto do sistema de aproveitamento de água da chuva, de acordo com o contexto do projeto executivo. A Figura 32 apresenta um esquema de funcionamento mecânico idealizado para fins de exemplo.

Figura 32 – Esquema de funcionamento do dispositivo de descarte das primeiras chuvas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

5.2.6 Reservatórios de água pluvial

Conforme ilustrado na Figura 32, após a filtragem e o descarte das primeiras águas, o excesso de água coletada é direcionado para o reservatório inferior, onde é armazenado e posteriormente recalcado para o reservatório superior para então ser destinado ao consumo.

5.2.6.1 Reservatório inferior

O dimensionamento do volume ótimo da cisterna foi objeto da seção 5 deste documento, uma vez que esta análise é fruto de uma tomada de decisão multicritério, que envolve uma comparação entre demanda, disponibilidade hídrica, custos e opções de cenários. Foi considerada uma solução técnica utilizando 40.000 L de reservatório inferior para receber a água captada e bombear para o reservatório superior.

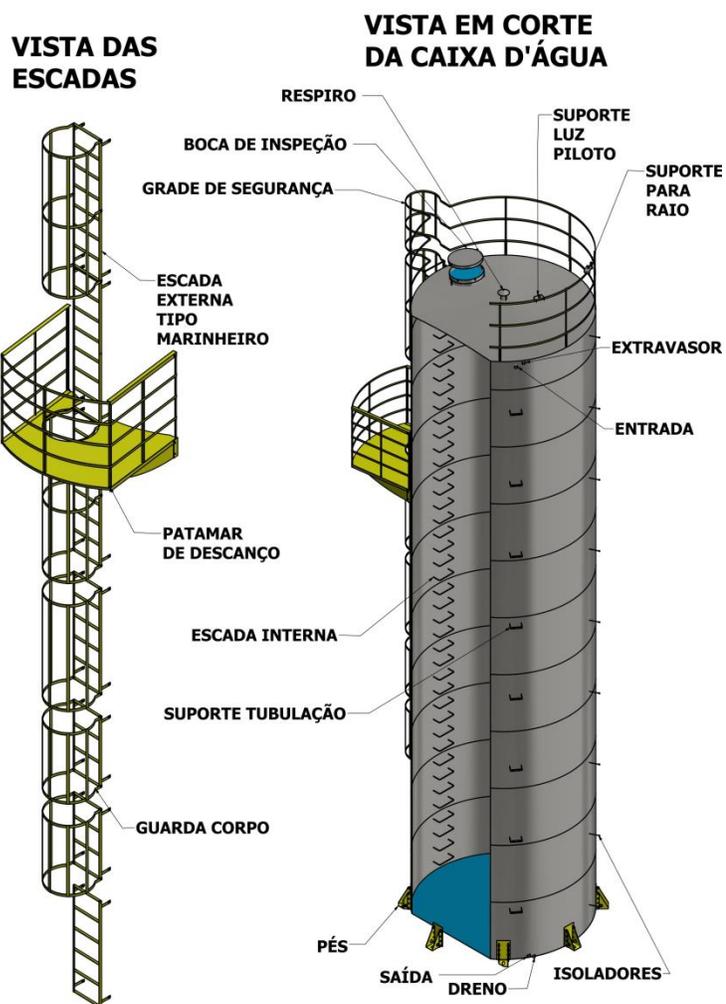
Conforme verificado na seção 3, 4 e 5 quando enterrados, estes reservatórios devem ser assentados sobre camada de areia e o espaço entre o solo e o reservatório também deve ser preenchido com areia, para evitar o contato das pedras existentes no solo. Para o projeto do CUPAV, foi prevista uma laje de concreto armado no solo para estabilizar e suportar o reservatório inferior.

5.2.6.2 Reservatório Superior

O reservatório superior para água de chuva foi estimado utilizando parte da capacidade do reservatório de água potável existente.

Nesta estimativa de projeto, previu-se uma divisão do reservatório superior existente com alvenaria e impermeabilização. A Figura 33 apresenta uma previsão da solução proposta.

Figura 33 – Vista em corte do reservatório superior.



Fonte: <https://www.fazforte.com.br/img/tubular.jpg>.

Dessa forma, o reservatório superior seria construído/instalado com uma capacidade de 200.000 L para água não-potável.

5.2.7 Motobomba

A água armazenada no reservatório inferior, então, deve ser direcionada para o reservatório superior de água não potável, por meio de uma motobomba de recalque. Para estimativa de projeto, foi dimensionado um sistema de motobombas composto por duas unidades idênticas, que trabalharão em paralelo. A potência estimada foi de 40 cv,

e foi adotada essa potência para fins de estimativa de custos. Devem ser utilizados sensores de nível elétricos, para automatizar o funcionamento da motobomba.

5.2.8 Dispositivo de desinfecção

Apesar de ser considerada intuitivamente uma água pura, a água de chuva faz contato com diversos meios poluentes desde a sua precipitação até o armazenamento. Os principais meios poluentes são a atmosfera, que contém gases poluentes, e a superfície de captação, que mesmo geralmente sendo o telhado, pode conter poeira, material orgânico deixado por animais, folhas, galhos e outros detritos. Por isso, a água de chuva não é considerada potável em primeira instância.

É necessário filtrá-la e destiná-la a usos finais que não requerem potabilidade. Em países mais desenvolvidos nesse tema, como Austrália, um tratamento mais avançado, com uso de desinfecção, é realizado para deixar a água de chuva potável e utilizada para todas as finalidades como cozinhar, tomar banho, beber, lavar roupa, descarga de vaso sanitário, rega de jardim e limpeza de calçadas. A norma brasileira NBR 15.527 (ABNT, 2007) estabelece os parâmetros e valores aos quais a água de chuva deve se enquadrar, mesmo para fins não potáveis. O Quadro 8 apresenta essa consideração da norma.

Quadro 8 – Parâmetros de qualidade da água.

PARÂMETRO	PERIODICIDADE DA ANÁLISE	VALORES DE REFERÊNCIA
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor Aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH
pH (Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário).	Mensal	6 a 8 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.

* No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

Fonte: Adaptado de ABNT (2007).

No caso do presente estudo, as medidas adotadas no sistema para que a água de chuva se enquadre nos parâmetros indicados, e para as finalidades não potáveis indicadas, serão: o uso de equipamento para descarte inicial das primeiras chuvas (first flush), filtro/gradeamento para retirada de sólidos e sistema de cloração para desinfecção. Além disso, recomenda-se a verificação dos parâmetros por meio de ensaios técnicos, conforme relacionado pelo Quadro 8.

Como já mencionado, o meio mais influente no grau de pureza da água de chuva coletada é a superfície de captação. O Quadro 9 apresenta a classificação de grau de pureza de acordo com o tipo de área de coleta e seus usos aconselháveis.

Quadro 9 – Classificação do grau de pureza d'água da chuva de acordo com o tipo de área de captação.

CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE PUREZA	TIPO DE ÁREA DE COLETA	USOS ACONSELHÁVEIS
A	Telhados não utilizados por animais ou pessoas.	Sanitários e regas de jardim. Se purificadas, podem ser consumidas.
B	Telhados utilizados por animais ou pessoas.	Sanitários e regas de jardim. Não podem ser consumidas.
C	Estacionamentos e jardins artificiais.	Sanitários e regas de jardim. Não podem ser consumidas e é necessário um tratamento mais avançado.
D	Superfícies pavimentadas (estradas, rodovias, ruas e ferrovias)	Sanitários e regas de jardim. Não podem ser consumidas e é necessário um tratamento mais avançado.

Fonte: Adaptado de Fendrich; Oliynik (2002).

No caso deste estudo, em que a área de captação é o telhado não utilizado por animais ou pessoas, o grau de pureza da água de chuva é classificado como A, podendo ser utilizada em sanitários, jardins e até ser consumida, se purificada.

Destaca-se ainda a influência do entorno das edificações na qualidade da água. Há fontes que emitem poeiras, partículas, elementos tóxicos e gases que irão depreciar a qualidade da água (EMBRAPA, 2016). O descarte da primeira chuva e a limpeza periódica das instalações de cobertura, condução, filtragem e armazenamento de água, auxiliam a reduzir o impacto de eventuais fontes poluentes, como áreas descobertas e movimentação de solo, por exemplo.

Numa ampliação futura do sistema, caso haja um tratamento adequado, a água poderá ser utilizada para consumo inclusive nos fins em que a potabilidade é exigida.

Neste caso, o Quadro 10 apresenta os métodos de tratamento, locais de instalação ou de atuação do processo e o resultado de tratamento desejado para que se possa proporcionar o melhor e mais adequado tratamento da água coletada, e que se tenha a possibilidade de utilizá-la em consumos potáveis.

Quadro 10 – Tipos de tratamento nas etapas do aproveitamento.

MÉTODO	LOCAL	RESULTADO
Telas e grades	Calhas e tubos de queda	Previne entrada de resíduos sólidos como folhas e galhos
Sedimentação *	No reservatório	Sedimenta matéria particulada
Filtração: na linha de água	Após bombeamento	Filtra sedimentos
Filtração: carvão ativado	Na torneira	Remove cloro
Filtração: osmose reversa	Na torneira	Remove contaminantes
Filtração: camadas mistas	Tanque separado	Captura material particulado
Filtração: filtro lento	Tanque separado	Captura material particulado
Desinfecção: fervura/destilação	Antes do uso	Elimina micro-organismos
Desinfecção: tratamento químico (cloro ou iodo)	No reservatório ou no bombeamento	Elimina micro-organismos e deixa residual na água, prolongando a durabilidade da desinfecção.
Desinfecção: radiação ultravioleta	Após passagem por filtro	Elimina micro-organismos
Desinfecção: ozonização	Antes da torneira	Elimina micro-organismos

* A fim de favorecer a sedimentação, o dispositivo de freio aerador é instalado na entrada de água, evitando o turbilhonamento da água.

Fonte: Adaptado de Texas (2005).

Conforme o documento de orientações técnicas da Vigilância Sanitária de Sorocaba (SOROCABA, 2016), os métodos mais usuais de desinfecção das águas pluviais são por meio da cloração, ozonização ou por radiação ultravioleta, a critério do projetista. Dessa forma, a opção adotada na estimativa de projeto do CUPAV-UNISO é tratar a água de chuva por meio de cloração, utilizando uma bomba dosadora, que injeta hipoclorito de sódio (cloro líquido) na tubulação ao ser acionado o sistema de recalque entre o reservatório inferior e o superior, conforme esquemático apresentado na Figura 30. A cloração foi recomendada também em conversa com profissionais do Laboratório de Água HIDROLABOR em Sorocaba, uma vez que, além da desinfecção, o método

possibilita a existência de um residual de cloro na água, assegurando a manutenção da qualidade microbiológica, e sua oxidação acaba por clarear a água, evitando manchas nas louças.

Conforme orientado pela Vigilância Sanitária de Sorocaba (SOROCABA, 2016), no caso de uso de cloração como método de desinfecção, deve-se garantir o tempo de contato mínimo de 30 minutos.

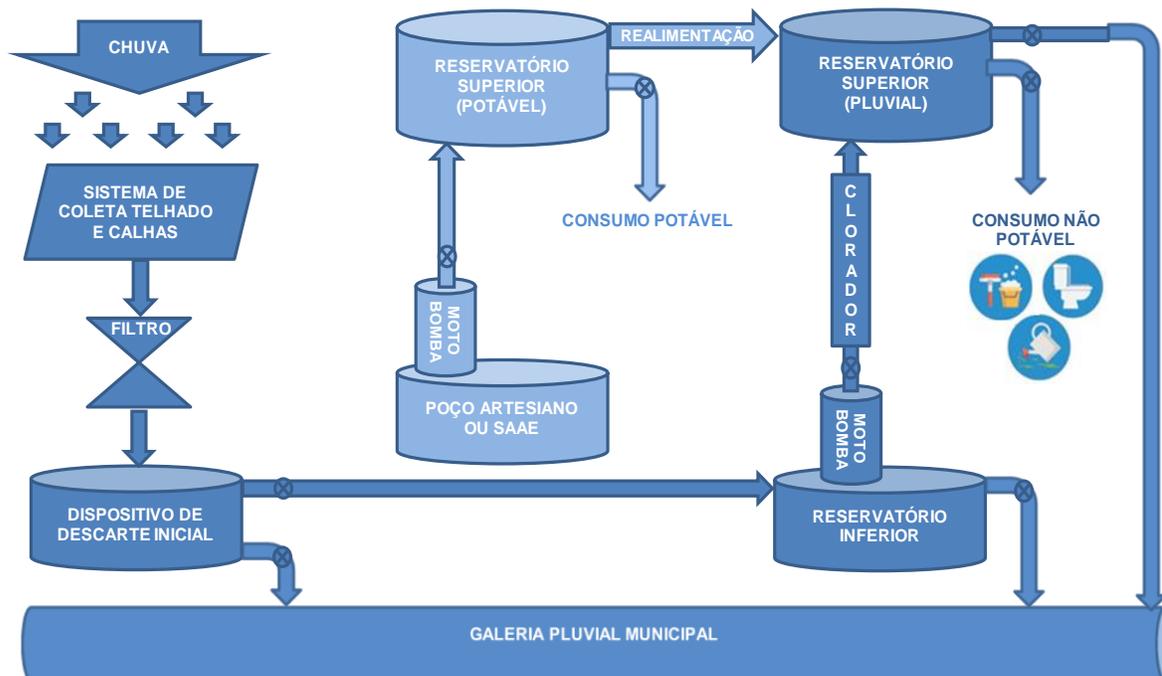
5.2.9 Tubulações, conexões, registros e hidrômetros

Foram estimadas tubulações e conexões (tês, joelhos de 90°, joelhos de 45°, luvas de conexão e buchas de redução) de PVC rígido, soldável, classe 15, com diâmetro variável. Foram estimados veda juntas, para conexões roscáveis, pasta e fita adesiva. Foram estimados os registros de gaveta, que devem ser usados como registro de manutenção, e não como controle do fluxo ou instalações em fim de rede. Devem sempre trabalhar totalmente abertos ou fechados.

Sugere-se a instalação de hidrômetros para mensurar a quantidade de água pluvial e água da SAAE utilizadas. Assim, a fim de possibilitar estudos futuros do aproveitamento da água de chuva e o conhecimento e controle do uso efetivo da água de chuva, sugere-se a instalação de hidrômetro nos seguintes pontos (que podem ser acompanhados também por meio da Figura 34 conforme a numeração):

1. Entrada do filtro;
2. Saída do filtro;
3. Saída do dispositivo de descarte inicial para rede pluvial;
4. Saída do dispositivo de descarte inicial para o reservatório de água pluvial inferior;
5. Saída do reservatório de água pluvial inferior para o reservatório de água pluvial superior;
6. Extravasador do reservatório de água pluvial inferior;
7. Saída do reservatório de água da SAAE para reservatório de água pluvial superior;
8. Saída do reservatório de água pluvial superior para alimentação predial;
9. Extravasador do reservatório de água pluvial superior.

Figura 34 – Previsão de hidrômetros. 



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

5.2.10 Instalações hidráulicas exclusivas

Deve ser realizada a diferenciação entre sistemas de distribuição de água fria, sendo um para água potável e outro para água não potável, evitando a conexão cruzada e obedecendo a NBR 5.626 (ABNT, 1998). Os pontos de consumo, como por exemplo, uma torneira de jardim, devem ser identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição “água não potável” e advertência visual destinada a pessoas que não saibam ler e a crianças, conforme exemplificado pela Figura 35.

Figura 35 – Exemplo de placa de advertência.



Fonte: ABCCAMP (2017).

5.2.11 Limpeza e manutenção

A limpeza e manutenção periódica do sistema de coleta e aproveitamento da água de chuva é essencial para garantir a qualidade da água e bom funcionamento do sistema. Desta forma, o presente item apresenta recomendações normativas, bibliográficas e de fornecedores de SAAP com relação a manutenção e limpeza mínimas do sistema.

Conforme recomendação normativa, o construtor deve entregar a instalação predial de água fria em condições de uso (ABNT, 1998). A limpeza e manutenção das tubulações e reservatórios devem seguir as recomendações normativas da NBR 5.626 (ABNT, 1998) e NBR 15.527 (ABNT, 2007).

A NBR 15.527 (ABNT, 2007) recomenda a realização de manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva, conforme exposto no Quadro 11.

Quadro 11 – Frequência de manutenção dos componentes do SAAP.

COMPONENTE	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte de chuva inicial	Limpeza mensal Ou após chuva de grande intensidade (TOMAZ, 2009)
Calhas, condutores verticais e horizontais	Manutenção semestral
Dispositivo de desinfecção	Manutenção mensal
Bombas	Manutenção mensal
Reservatório	Limpeza e deseinfecção anual

Fonte: Adaptado de ABNT (2007).

Buzeti (2016) complementa que o aumento da periodicidade de limpeza e desinfecção dos reservatórios de água de chuva para duas vezes por ano contribuiria para melhorar a qualidade da água armazenada.

Conforme a NBR 15.527 (ABNT, 2007), os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a NBR 5.626 (ABNT, 1998). O volume não aproveitável da água de chuva pode ser

lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático, a critério da autoridade local competente. A descarga de fundo pode ser feita por gravidade ou por bombeamento.

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

Conforme Embrapa (2016), os diversos tipos de telha (zinco, cerâmica, etc.) irão influenciar de forma diferente na qualidade da água, pois ao longo do tempo os materiais que compõem a telha poderão ser dissolvidos na água. Independentemente do tipo de telha, a correta instalação, manutenção e consideração da vida útil do material são essenciais para manter a água com qualidade. Os materiais utilizados na fixação do telhado, como pregos e chapas também podem influenciar na qualidade da água devido ao desgaste e à corrosão. Esses devem ser mantidos em bom estado de conservação e substituídos quando necessário. Deve-se conhecer os elementos presentes na tinta utilizada na pintura das telhas, optando-se por tintas que não contenham substâncias que prejudiquem a saúde de humanos e dos animais.

A manutenção e a limpeza das coberturas e calhas são obrigatórias. Recomenda-se a limpeza dessas instalações a cada seis meses. Esse período pode ser reduzido em certos casos como: após estiagens, queimadas e intensa movimentação dos solos ao redor da propriedade, em que o acúmulo de poeiras nas instalações será elevado e, quando houver grande acúmulo de excrementos de animais no telhado (EMBRAPA, 2016).

Embrapa (2016) ainda recomenda que a água armazenada na cisterna seja monitorada mensalmente e que mesmo nas épocas de estiagem a água armazenada deve ser monitorada. Para se realizar a coleta da amostra de água é preciso o conhecimento de técnicas de amostragem. Amostra má coletada significa resultado não confiável e gasto de tempo e dinheiro.

Algumas ações para inspeção e manutenção do SAAP da norma alemã DIN 1989-1:2001-10 estão apresentadas no Quadro 12.

Quadro 12 – Medidas de inspeção e manutenção de SAAP.

PARTE DO SISTEMA	MEDIDA	EXECUÇÃO	PERIODICIDADE
Drenos do telhado	Inspeção	Verificar se há obstrução dos drenos (também transbordamentos), a estanqueidade contra vazamentos, locais onde a sujeira possa se acumular.	6 meses
Calhas / tubos de queda	Inspeção	Verificar a estanqueidade contra vazamentos, limpeza, os encaixes/conexões, a limpeza das telas	6 meses
sistemas de filtros	Inspeção	Verificar as condições do filtro	1 ano
sistemas de filtros	Manutenção	Limpeza do filtro	1 ano
Reservatório	Inspeção	Checar a limpeza, a estanqueidade contra vazamentos, a estabilidade.	1 ano
Reservatório	Manutenção	Extravasamento / esvaziamento do reservatório. Limpeza do interior do reservatório, remoção de sedimentos se aplicável.	10 anos
Bomba	Inspeção	Verificação visual da operação / funcionamento do sistema e da estanqueidade contra vazamentos.	6 meses
Bomba	Manutenção	Teste: Os seguintes itens devem ser checados antes, durante e após os testes: Proteção do fusível da motobomba Pressão mínima admissível Ajuste do anel de vedação da motobomba Estanqueamento do ruído da motobomba Limpeza do sistema Proteção contra corrosão Aferição da estanqueidade e firmeza das peças do sistema.	1 ano
Tubulações	Inspeção	Verificação de todas as tubulações visíveis, suas condições, estanqueidade, conexões e corrosão externa (quando aplicável)	1 ano
Hidrômetro	Inspeção	Verificar o funcionamento do hidrômetro (capacidade e estanqueidade)	1 ano

Fonte: Adaptado de DIN 1989-1 (2001).

6 CONCLUSÃO

A utilização de água da chuva para fins não potáveis em edificações vem se tornando cada vez mais uma alternativa às fontes convencionais de água. Além de ser uma forma de combater a escassez de água, contribui para a preservação do meio ambiente na forma da conservação dos corpos hídricos. A redução de picos de alagamentos também é uma ação importante desta prática, bem como a redução dos riscos de erosão, uma vez que há a retenção de um volume que seria dispensado na rede ou no ambiente. A implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, em particular em edifícios públicos, pode gerar uma economia financeira ao proporcionar redução nas despesas públicas com água e esgoto, além de ser prevista em legislação.

No presente estudo, foi avaliada a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva no CUPAV/UNISO. Foram elaborados cenários com diversas possibilidades de implantação, variando-se área de coleta e volume de reservatórios, e realizadas simulações para predição de economia de água em substituição das demandas não-potáveis do edifício principal da CUPAV/UNISO.

Considerou-se um balanço entre dados históricos tratados de chuva diária ao longo de 30 anos (oferta de água) e de consumo de água (demanda de água). Foram realizadas análises técnicas para avaliar o cenário ideal (equilibrando área de coleta, volume do reservatório e viabilidade técnica).

Como resultado, a implantação de um SAAP no CUPAV verificou-se ser inviável devido à alta oferta de água oriunda do poço artesiano existente no campus. Cenário esse que já proporciona redução de gastos expressivos nas faturas de água e esgoto.

Ressalta-se que o critério de escolha do cenário ideal pode ser mudado de acordo com o interesse do tomador de decisão, podendo ser, por exemplo, adotado o critério de maior economia de água, uma vez que os benefícios do SAAP são perpétuos.

Tendo em vista a crescente falta de água nos grandes centros urbanos, a redução do consumo de água como um todo é outro desafio complementar ao aproveitamento da água de chuva. Algumas ações como a simples substituição de aparelhos sanitários de caixa acoplada, instalação de válvulas de descarga *dual flush* e aeradores de torneiras podem ser aplicadas para reduzir o consumo de água. O objetivo das instalações de

equipamentos economizadores como esses é reduzir o consumo de água independente da ação do usuário ou da sua mudança de comportamento (ANA *et al.*, 2005).

Assim, além da economia de água potável advinda do aproveitamento da água de chuva, é possível reduzir como um todo o consumo de água da edificação. Outra oportunidade possível para redução do consumo de água potável da edificação é o reúso de águas cinzas, que por sua vez não só proporciona uma fonte alternativa de água para o usuário, mas também trata o esgoto da edificação.

Finalmente, destaca-se que elaborar estratégias de uso racional da água é fundamental e possibilitará não só benefícios financeiros e ambientais. Servirá para incorporar conceitos de sustentabilidade à edificação, servindo de exemplo aos usuários da CUPAV/UNISO e demais centros de ensino, além de possibilitar uma maior autonomia de água, reduzindo a dependência da concessionária local.

REFERÊNCIAS

3PTECHNICK. **Catálogo de produtos**. Disponível em: < <http://www.agua-de-chuva.com/>>. Acesso em: 22 de janeiro 2020.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.626/1998** – Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.688/2010** – Tubos e conexões de PVC-U para sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação – Requisitos. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844/1989** – Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527/2007** – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.213/1992** – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.818/1989** – Qualidade da água de piscina – Procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

ABCCAMP. Solução em sinalização. **Catálogo de produtos**. Disponível em: abccamp.com.br/index.php?route=product/product&product_id=435. Acesso em: 22 de janeiro de 2020.

ANA, Agência Nacional das Águas; SAS/ANA, Superintendência de Conservação de Água e Solo; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; DMA, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; SindusCon-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo; COMASP, Comitê de Meio Ambiente do SindusCon- SP - **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. Prol Editora Gráfica, São Paulo, 2005.

AQUASTOCK. **Catálogo De Produtos**. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>>. Acesso em: 22 janeiro de 2020.

ARALDI, B.; NICOLINI, G. T.; VIEIRA, S. F.; FERNANDES, J. S. Análise do aproveitamento da água da chuva nas escolas do município de videira-sc e estudo da viabilidade da implantação de um sistema de captação e aproveitamento dessa água no IFC – campus videira (Relatório Final de Iniciação Científica) **Curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio**. Instituto Federal Catarinense, Videira, 2014.

BASTOS, P. B. **Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV**. 2007, 135 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**. 2006. 174 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto (Portugal), Porto, 2006.

BRASIL. MEC. **Guia do Professor - Conteúdos Digitais**. Audiovisual 10 - Medindo a chuva. Brasília, 2014.

BUZETI, J. C. Qualidade da água de chuva armazenada em reservatórios. **Revista Hydro**, 2016.

CLIMATEMPO, **Climatologia em Sorocaba/SP**, 2020. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/544/sorocaba-sp>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.

COUTO, V. B. **Projeto de aproveitamento da água da chuva para o ginásio de esportes da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2012.

DANIEL, L. A. **Desinfecção de esgotos com radiação ultravioleta: foto reativação e obtenção de parâmetros cinéticos**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 1993.

DANIEL, L. A. **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável**. 1ª edição, São Carlos, 2001.

DIN (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, do alemão: INSTITUTO ALEMÃO DE NORMALIZAÇÃO). **DIN 1989-1:2001-10** - Rainwater harvesting systems - Part 1: Planning, installation, operation and maintenance, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal**. Disponível em : <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1050541/1/documentos/122.pdf> . Acesso em: 22 de janeiro de 2020. ISSN 1980-6841 Agosto, 2016.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas**. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

FERRAZ, A. A. DURANTE, L. C. NOGUEIRA, M. C. J. A. ROSSETI, K. A. C. CALLEJAS, I. J. A. Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em

edificações escolares: proposta de planejamento sustentável. **XIV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Minas Gerais, 2012.

FLORIANÓPOLIS. Vigilância Sanitária e Ambiental de Sorocaba. **Orientação Técnica: Aproveitamento de Águas Pluviais. Florianópolis-SC**, Rev. 1, 2019.

Disponível em:

http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/06_09_2019_10.50.46.64032974a106bbf51a3b785d311a1048.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2020.

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.

GIACCHINI, M. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento de Água de Chuva. Curitiba, 2002.

HORIZONTE VERDE. **Hypoclorito X Cloro Orgânico**. Disponível em:

<http://www.horizonteverde.com.br/hypoclorito_cloro_organico.html>. Acesso em: 20 de janeiro de 2017.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acessado em: 22 de janeiro de 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **SIDRA – Sistema IBGE de recuperação automática**. 2010. Disponível em:

<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=25&i=P&c=1395>. Acessado em: 22 de janeiro de 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) . **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA e Índice Nacional de Preços ao Consumidor – INP**. 2020. Disponível em:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2376/ipca_15_2019_dez.pdf. Acessado em: 22 de janeiro de 2020.

JABUR, A. S.; BENETTI H. P.; SILIPRANDI, E. M. Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis. **Congresso nacional de excelência em gestão**. Rio de Janeiro, 7 ed., 2011.

JAQUES, R. C. Qualidade da água de chuva no município de **Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UNISO, Florianópolis, 2005.

JENNINGS, S. A.; LAMBERT M. F.; KUCZERA, G. Generating synthetic high resolution rainfall time series at sites with only daily rainfall using a master–target scaling approach. **Journal of Hidrology**, v.393, p163-173, 2010.

JONES, A.J. **Factors affecting the operation and maintenance of biosand filters for rainwater treatment in developing countries**. 2007. Dissertation. (Master of Science in Civil Engineering) University of Arkansas. Arkansas, United States, 2007.

MAESTRI, R. S., **Análise Custo-Benefício para o Aproveitamento de Água de Chuva em Florianópolis**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MANO, R. S.; SCHMITT, C. M. Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema. **CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo, Anais, 2004.

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

MAY, S.; PRADO, R.T.A., **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria N° 2914 de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/82549033/Portaria-MS-2914-11>. Acesso em: 22 de janeiro de 2020.

NADDEO, V.; SCANNAPIECO, D.; BELGIOMO, V. Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment. Elsevier: **Journal of Hidrology**. v.498. p 287-291, Fisciano, 2013.

PERDOMO, C.C., FIGUEREDO, E.A.P.; **Critérios para a Captação e Aproveitamento da Água da Chuva na Avicultura de Corte**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/443245/criterios-para-a-captacao-e-aproveitamento-da-agua-da-chuva-na-avicultura-de-corte>. Acesso em 22 de janeiro de 2020.

RIBEIRO, E. N., SOUZA JR, W. C., URRUCHI, W. M. I., LEITE, A. F., NOLASCO, M. A. Implementação do tratamento de água de chuva com tecnologia de ozônio no Aeroporto Internacional de São Paulo. **25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 9p. São José dos Campos, 2009.

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

SANTA CATARINA (Estado). Decreto nº 99 de 1º de março de 2007. Florianópolis, 2007.

SILVA, A. P. R., BARBOSA, B. A., LACERDA, C.R., FIGUEIREDO, L. C., COSTA, R.F., COELHO, R. **Captação e tratamento de águas pluviométricas para fim potável. Desenvolvimentos de processos químicos**. 2015.

SOCIEDADE ANONIMA DE ÁGUA E ESGOTO (SAAE). **Tarifa de água**. Disponível em: <https://www.saaesorocaba.com.br/arquivos/licitacoes/tarifas.pdf> – Vigente desde agosto de 2018. Acesso em: 22 de janeiro de 2020.

SOROCABA. Prefeitura Municipal de Sorocaba. **Aproveitamento de Água Pluvial, Lei Municipal nº 11.558, de 27 de julho de 2017**.

<https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sorocaba/lei-ordinaria/2017/1156/11558/lei-ordinaria-n-11558-2017-altera-dispositivos-da-lei-n-11174-de-16-de-setembro-de-2015-que-dispoe-sobre-a-obrigatoriedade-de-implantacao-de-sistemas-que-possibilitem-o-aproveitamento-da-agua-das-chuvas-captadores-e-reservatorios-nos-postos-de-combustiveis-e-outros-estabelecimentos-que-prestem-servicos-de-lavagem-de-veiculos-no-municipio-de-sorocaba-e-da-outras-providencias>

TEXAS. The Texas Manual on rainwater harvesting. Third Edition, Austin, Texas, 2005.

TOMAZ, P. – **Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. 1ª Edição. São Paulo: Navegar Editora, 2003. ISBN 8587678-23-x.

USGBC. The U.S. Green Building Council. Homes Table 8 Common runoff coefficients. **LEED V4 HANDBOOK 2017**. Disponível em: <http://www.usgbc.org/resources/homes-table-8-common-runoff-coefficients> Acessado em: 22 de janeiro de 2020.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Pirai**. Dissertação (Mestrado). Universidade federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ZHANG, Y.; CHEN, D.; CHEN, L.; ASHBOLT, S. Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities. **Journal of environmental management**, v.91, n.1, p.222–6. 2009.

ANEXO A – Consumo de água da cidade universitária

Original				Ajustada			
CONSUMO DE ÁGUA DA CIDADE UNIVERSITÁRIA				CONSUMO DE ÁGUA DA CIDADE UNIVERSITÁRIA			
Rod. Raposo Tavares, 100, km 92				Rod. Raposo Tavares, 100, km 92			
CDC - DV Nº 131.307-85				CDC - DV Nº 131.307-85			
SAAE				SAAE			
Mês	Consumo	Valor	Vencimento	Mês	Consumo	Valor	Vencimento
	m³	R\$			m³	R\$	
ANO 2016				ANO 2016			
			Dia 08				Dia 08
Jan-16	10	20,750.61	208,379.32	Jan-16	1,808	20,750.61	208,379.32
Feb-16	10	16,959.45		Feb-16	1,808	16,959.45	
Mar-16	1,808	16,553.74		Mar-16	1,808	16,553.74	
Apr-16	1,808	16,553.74		Apr-16	1,808	16,553.74	
May-16	1,808	16,487.80		May-16	1,808	16,487.80	
Jun-16	1,808	16,487.80		Jun-16	1,808	16,487.80	
Jul-16	10	16,476.84		Jul-16	1,715	16,476.84	
Aug-16	1,715	17,782.68		Aug-16	1,715	17,782.68	
Sep-16	1,715	17,782.68		Sep-16	1,715	17,782.68	
Oct-16	1,715	17,782.68		Oct-16	1,715	17,782.68	
Nov-16	1,715	17,782.68		Nov-16	1,715	17,782.68	
Dec-16	1,617	16,978.62		Dec-16	1,617	16,978.62	
ANO 2017				ANO 2017			
			Dia 08				Dia 08
Jan-17	1,617	16,978.62	224,083.58	Jan-17	1,617	16,978.62	224,083.58
Feb-17	1,421	15,370.48		Feb-17	1,421	15,370.48	
Mar-17	1,421	15,370.48		Mar-17	1,421	15,370.48	
Apr-17	1,862	18,988.78		Apr-17	1,862	18,988.78	
May-17	1,862	18,988.78		May-17	1,862	18,988.78	
Jun-17	1,862	18,988.84		Jun-17	1,862	18,988.84	
Jul-17	1,614	16,960.67		Jul-17	1,614	16,960.67	
Aug-17	1,614	16,960.67		Aug-17	1,614	16,960.67	
Sep-17	1,613	17,995.64		Sep-17	1,613	17,995.64	
Oct-17	2,131	22,493.54		Oct-17	2,131	22,493.54	
Nov-17	2,131	22,493.54		Nov-17	2,131	22,493.54	
Dec-17	2,131	22,493.54		Dec-17	2,131	22,493.54	
ANO 2018				ANO 2018			
			Dia 08				Dia 08
Jan-18	2,131	22,493.54	240,046.30	Jan-18	2,131	22,493.54	240,046.30
Feb-18	1,129	13,784.84		Feb-18	1,129	13,784.84	
Mar-18	1,129	13,784.84		Mar-18	1,129	13,784.84	
Apr-18	1,740	19,041.42		Apr-18	1,740	19,041.42	
May-18	2,013	21,416.52		May-18	2,013	21,416.52	
Jun-18	2,013	21,416.52		Jun-18	2,013	21,416.52	
Jul-18	1,501	17,342.75		Jul-18	1,501	17,342.75	
Aug-18	1,866	20,137.43		Aug-18	1,866	20,137.43	
Sep-18	1,856	20,176.85		Sep-18	1,856	20,176.85	
Oct-18	2,025	22,460.56		Oct-18	2,025	22,460.56	
Nov-18	1,942	21,727.56		Nov-18	1,942	21,727.56	
Dec-18	2,441	26,263.47		Dec-18	2,441	26,263.47	
ANO 2019				ANO 2019			
			Dia 08				Dia 08
Jan-19	1,895	21,300.33	273,791.85	Jan-19	1,895	21,300.33	273,791.85
Feb-19	2,101	23,263.77		Feb-19	2,101	23,263.77	
Mar-19	1,667	19,318.71		Mar-19	1,667	19,318.71	
Apr-19	2,471	26,627.07		Apr-19	2,471	26,627.07	
May-19	2,221	24,354.57		May-19	2,221	24,354.57	
Jun-19	1,823	20,645.85		Jun-19	1,823	20,645.85	
Jul-19	1,645	19,027.63		Jul-19	1,645	19,027.63	
Aug-19	2,384	25,745.14		Aug-19	2,384	25,745.14	
Sep-19	1,937	21,772.81		Sep-19	1,937	21,772.81	
Oct-19	2,725	28,835.74		Oct-19	2,725	28,835.74	
Nov-19	2,131	23,536.27		Nov-19	2,131	23,536.27	
Dec-19	1,682	19,363.96		Dec-19	1,682	19,363.96	

ANEXO B – Análise de pré-viabilidade de aproveitamento pluvial – Bloco A

26/01/2020

RainMap - Simulador

www.rainmap.com.br
contato@rainmap.com.br

Análise de pré-viabilidade do aproveitamento da água de chuva

Jaime Leite, a partir das informações repassadas, a RainMap simulou um sistema de aproveitamento no tamanho ideal para a sua edificação!

Você pode substituir anualmente cerca de **409 mil litros** do seu consumo de água por água de chuva!

Isso equivale a **60,86%** do seu consumo atual.¹

Ou seja, uma economia anual de **R\$ 5.434,1** na soma das faturas de água e esgoto!²

Não desperdice uma gota! O volume de água poupada é o equivalente a esquecer uma torneira aberta por

71 dias!

Dados da sua simulação

Localização:
São Paulo / SP

Área de captação:
848,76 m²

Tipo de edificação:
Residencial (edifício)

Estágio:
Construída

Consumo médio mensal de água potável:
56.000 L

Sistema de tratamento de esgoto considerado:
Realizado pelo município

Período da série de precipitação:
01/05/1984 a 30/04/2014

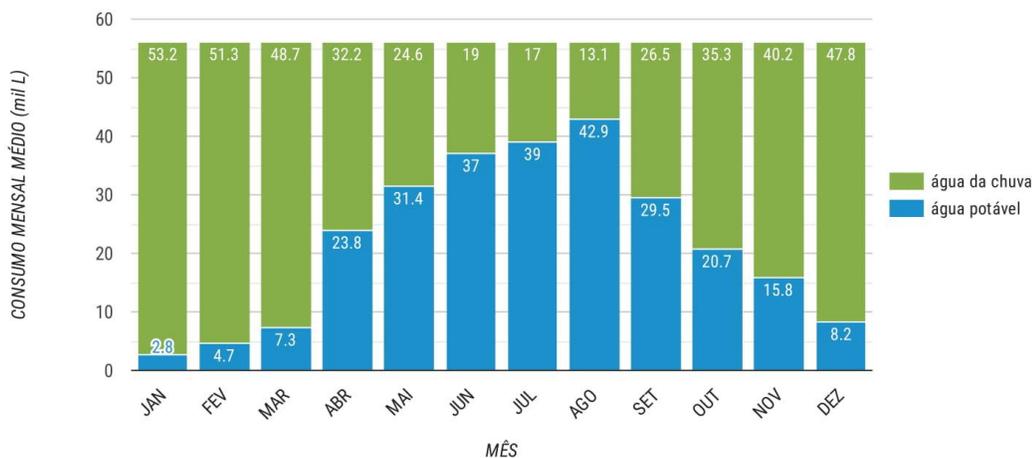


Aplicação

26/01/2020

RainMap - Simulador

Sua estimativa de consumo



Seu perfil de consumo

Parabéns! O seu perfil é o sustentável! Você pensa no futuro do planeta e das próximas gerações!

O jardineiro

Esse perfil é de quem aproveita a água da chuva para cuidar do seu jardim.

O responsável

Além de cuidar do jardim, é possível economizar água na limpeza das áreas externas! Mas para isso é necessário fazer a desinfecção da água de chuva.

O sustentável

Com instalações mais preparadas e um reservatório superior para armazenar a água da chuva, é possível aproveitá-la dentro da edificação, atingindo uma economia considerável!

O campeão

Esse perfil é de quem realmente precisa de muita água disponível e quer mais autonomia. É de fundamental importância o acompanhamento de profissional habilitado para garantir a qualidade da água para o consumo humano!

Nossos parceiros na sua região

Converse com um profissional especializado que poderá orientar o projeto do seu sistema de aproveitamento de água da chuva!

<https://simulador.rainmap.com.br/report/b5f966ff-6912-4aef-964d-dbd959b46e3>

Conheça os modelos de equipamentos que melhor se adaptam à sua edificação com quem entende do assunto:

2/3