



UFOP



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas- Departamento de Engenharia Civil

Curso de Graduação em Engenharia Civil



KARINA MARQUES MACIEL SILVA

Estudo da viabilidade técnica e econômica para captação de
água pluvial para fins não potáveis: Estudo de caso no
restaurante universitário da Universidade Federal de Ouro
Preto.

Ouro Preto

2022

Estudo da viabilidade técnica e econômica para captação de água pluvial para fins não potáveis: Estudo de caso no restaurante universitário da Universidade Federal de Ouro Preto.

Karina Marques Maciel Silva

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto.

Data da aprovação: 01/11/2022

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof. D.Sc. Ana Leticia Pilz de Castro – UFOP

Ouro Preto

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586e Silva, Karina Marques Maciel.

Estudo da viabilidade técnica e econômica para captação de água pluvial para fins não potáveis [manuscrito]: estudo de caso no restaurante universitário da Universidade Federal de Ouro Preto. / Karina Marques Maciel Silva. - 2022.

61 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Letícia Pilz de Castro.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Águas pluviais - Captação. 2. Água - Escassez. 3. Sustentabilidade. I. Castro, Ana Letícia Pilz de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Karina Marques Maciel Silva

Estudo da viabilidade técnica e econômica para captação de água pluvial para fins não potáveis: Estudo de caso no restaurante universitário da Universidade Federal de Ouro Preto.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de engenheira civil

Aprovada em 01 de novembro de 2022.

Membros da banca

Dra. - Ana Letícia Pilz de Castro - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. - Clívia Dias Coelho - Universidade Federal de Ouro Preto
M. Sc. - Maria Luiza Teófilo Gandini - Universidade Federal de Ouro Preto

Ana Letícia Pilz de Castro, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 07/11/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Letícia Pilz de Castro, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/11/2022, às 09:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0422895** e o código CRC **AB8ADAED**.

AGRADECIMENTOS.

Sou imensamente grata a Deus por ter me proporcionado saúde e sabedoria para concluir esta etapa. Aos meus pais, pelo amor e incentivo diário. À Universidade Federal de Ouro Preto, pela educação gratuita e de qualidade. Ao corpo docente da Escola de Minas, em especial, à minha orientadora, Dr^a Ana Leticia Pillz de Castro, por todo suporte e carinho. À Fundação Gorceix, pelo incentivo educacional e financeiro ao suporte às bolsas de pesquisas, na qual pude fazer parte. Sou grata também a Ouro Preto, que me acolheu de braços abertos tornando-se minha segunda casa. Meus agradecimentos aos meus irmãos que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

O consumo irracional de água no Brasil é um dos problemas ambientais que mais acometem a população brasileira. Com isso, verifica-se a necessidade de se analisar métodos para que o consumo racional se torne um hábito e que, em conjunto de uma boa gestão dos recursos hídricos, ocorra a diminuição dos impactos causados pela escassez hídrica. Visando a união entre a viabilidade econômica e sustentável, este trabalho consiste no estudo da captação de águas pluviais para fins não potáveis. O referido projeto, teve como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de captação de água pluvial no Restaurante Universitário da Universidade Federal de Ouro Preto. A metodologia utilizada foi em caráter de estudo de caso com objetivo explorativo a fim de mesclar análises qualitativas e quantitativas. O projeto de captação é fundamentado em análises pluviométricas da região, área de captação e demanda, sendo analisada a eficiência de diversos volumes de reservatórios, que variaram de 10 a 110 m³. Os reservatórios que possuem a capacidade superior à de 40 m³ foram descartados devido a sua área de disposição serem superiores ao da disponível. Os resultados indicam que para as capacidades de 10 m³, 20 m³ e 30 m³, a demanda de água pluvial possui uma eficiência equivalente a 75% o que corresponde uma demanda a ser suprida em um período de 9 meses. Já o reservatório de 40 m³, possui uma eficiência de 83,3%, suprimindo uma demanda de água que corresponde a 10 meses. Não foi possível realizar o tempo de retorno do investimento dos sistemas de captação, devido ao fornecimento de água da Universidade ser proveniente de poços artesianos próprios, tornando inexistente gastos com conta de água.

Palavras chaves: Captação de água pluvial; Escassez hídrica; Sustentabilidade; Viabilidade;

ABSTRACT

The irrational consumption of water in Brazil is one of the environmental problems that most affect the Brazilian population. With this, there is a need to analyze methods so that rational consumption becomes a habit and that, together with good management of water resources, there is a reduction in the impacts caused by water scarcity. Aiming at the union between economic and sustainable viability, this work consists of the study of rainwater harvesting for non-potable purposes. This project aimed to analyze the technical and economic feasibility of implementing the rainwater harvesting system at the University Restaurant of the Federal University of Ouro Preto. The methodology used was a case study with an exploratory objective in order to merge qualitative and quantitative analyses. The catchment project is based on rainfall analysis of the region, catchment area and demand, being analyzed the efficiency of different volumes of reservoirs, which ranged from 10 to 110 m³. Reservoirs with a capacity greater than 40 m³ were discarded due to their disposal area being larger than the available area. The results indicate that for capacities of 10 m³, 20 m³ and 30 m³, the demand for rainwater has an efficiency equivalent to 75%, which corresponds to a demand to be supplied in a period of 9 months. The 40 m³ reservoir, on the other hand, has an efficiency of 83.3%, supplying a water demand that corresponds to 10 months. It was not possible to calculate the return on investment of the capture systems, due to the University's water supply coming from its own artesian wells, making water bills non-existent.

Keywords: Rainwater harvesting; Water scarcity; Sustainability; Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Classificação dos principais rios quanto à relação entre vazões captadas e disponíveis.....	14
Figura 2- Demandas de consumo de água no Brasil.....	16
Figura 3-Tela de proteção utilizada para captação de água de chuva	20
Figura 4- Exemplo de filtro separador de folhas	20
Figura 5- Exemplo de sistema de captação de água pluvial.....	21
Figura 6- Localização do Município de Ouro Preto/MG	27
Figura 7 - Área de estudo	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis	19
Tabela 2- Frequência de manutenção.....	19
Tabela 3- Consumo de água em estabelecimentos comerciais	28
Tabela 4- Índices pluviométricos médios do município de Ouro Preto.....	30
Tabela 5- Método de Rippl para dimensionamento do reservatório	32
Tabela 6- Método da Simulação.....	34
Tabela 7- Consumo semanal	37
Tabela 8- Dimensionamento pelo método Rippl.....	38
Tabela 9- Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação, considerando-se um volume de 10 m ³	40
Tabela 10- Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação, considerando-se um volume de 110 m ³	40
Tabela 11- Eficiência do abastecimento em função do reservatório	41
Tabela 12 - Área de implantação dos Reservatórios.....	44
Tabela 13- Custo estimado para 1 reservatório de 10m ³	45
Tabela 14- Custo estimado para 2 reservatórios de 10m ³	46
Tabela 15- Custo estimado para 1 reservatório de 20m ³	46
Tabela 16- Custo estimado para 2 reservatórios de 20m ³	46
Tabela 17- Custo estimado para 1 reservatório de 10m ³ e 1 reservatório de 20m ³	47

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

PURA - Programa de Uso Racional de Água

RU – Restaurante Universitário

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

UFLA – Universidade Federal de Lavras

UNEP- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivo Geral	13
1.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Crise Hídrica.....	13
2.1.1	Abastecimento e Consumo de Água no Brasil.....	15
2.2	Manejo de Água Pluvial.....	16
2.2.1	Conceitos e Legislações	16
2.2.2	Vazão de projeto.....	18
2.2.3	Filtro.....	19
2.2.4	Tipos de Reservatórios de Captação.....	21
2.2.5	Dimensionamento do Reservatório.....	22
3	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	26
3.1	Local de Estudo.....	26
3.1.1	Caracterização da Edificação	27
3.1.2	Demanda de Água.....	28
3.1.3	Demanda a ser substituída por Água Pluvial	29
3.1.4	Índice Pluviométrico do Município	29
3.1.5	Tarifa de Água	31
3.1.6	Escoamento Superficial – Runoff (C).....	31
3.1.7	Dimensionamento do Reservatório.....	32
3.1.8	Análise Econômica	34
4	RESULTADOS	36
4.1	Dimensionamento do Reservatório	36
4.1.1	Demanda Total de Água	36
4.1.2	Demanda a ser substituída por Água Pluvial	36
4.2	Dimensionamento do reservatório.....	38
4.2.1	Método de Rippl.....	38
4.2.2	Método da Simulação	39

4.3	Análise da área de implantação	41
5	ANÁLISE ECONÔMICA	45
5.1	Investimento	45
6	CONCLUSÃO	48
7	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

O aumento de consumo de água e as alterações climáticas vêm contribuindo para a diminuição dos recursos hídricos no mundo. A falta de uma gestão dos recursos hídricos impacta no cotidiano dos usuários dificultando o equilíbrio entre a necessidade e a disponibilidade de água no país. Diante disso, garantir a qualidade da água e o manejo correto deste recurso renovável, porém limitado, é essencial para a manutenção da vida no planeta.

O Brasil detém 50% do total dos recursos hídricos superficiais da América do Sul e 12% dos recursos mundiais (BRASIL, 2005). Entretanto, a maioria dos rios estão em emergências em consequência da falta de coleta e tratamento de esgoto em muitas cidades brasileiras. Devido a urbanização, a infiltração se torna cada vez mais difícil tendo parte da precipitação escoada para os rios contaminados. Com a diminuição da vazão da água subterrânea, ocorre o agravamento da estiagem. (UNESCO, 2010).

A causa desta escassez, não se resume apenas a falta de chuva, outros fatores que compõem este cenário e a má distribuição hídrica em certas regiões devido a incompatibilidade das demandas nas suas variações de uso, são pautados no crescimento desarmônico, do desenvolvimento industrial e da expansão das atividades agrícolas. Além disso, a disposição incorreta de dejetos e resíduos industriais e urbanos tem contribuído com a poluição das águas. Dessa forma, desperta uma crescente preocupação com o futuro dos recursos hídricos, visto que a água está se tornando um recurso cada vez mais escasso (FERNANDEZ e GARRIDO, 2002).

Dentro da atual conjuntura do país, a solução mais interessante para mitigar os fatores que levam a escassez hídrica, é o reaproveitamento de água. O reuso de água está relacionado à proteção da saúde pública e do meio ambiente alinhado com a diminuição do consumo de água potável. Diante disso, o reaproveitamento da água pode ser uma prática para fins menos nobres, sem a necessidade do uso de água potável. Segundo Bernardi (2003), o reuso de águas residenciais promove o uso sustentável dos recursos hídricos fazendo com que se estimule o uso racional de água potável além de mitigar a poluição dos mananciais.

No ano de 2004, foi aprovado o funcionamento dos Restaurantes Universitários (RU) na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), tendo seu objetivo a produção

das refeições diárias dentro dos padrões nutricionais, garantindo qualidade, equilíbrio e balanceamento (UFOP, 2004). O público usuário foi definido entre estudantes de graduação e pós-graduação, docentes, técnicos administrativos, funcionários terceirizados e visitantes em caráter acadêmico/cultural.

A fim de analisar o aproveitamento de água pluvial no campus universitário, dados históricos de demanda do Restaurante Universitário podem auxiliar na estimativa da demanda de água diária da edificação. Essa estimativa pode servir como base no dimensionamento do reservatório para captação de águas pluviais para uso de atividades que demandam o uso de água, além de auxiliar na diminuição dos gastos do recurso potável.

1.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica de implementação de um sistema de captação de água pluvial para o Restaurante Universitário da UFOP.

1.2 Objetivos Específicos

- Calcular o consumo médio de água pluvial a ser utilizada no Restaurante Universitário;
- Dimensionar o reservatório para captação de águas pluviais a partir de dois métodos recomendados pela NBR 15527/2007;
- Propor um local para construção do reservatório; e
- Realizar a análise da viabilidade econômica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Crise Hídrica

A ideia de stress hídrico pode ser relacionada a dois fatores: física e econômica. A escassez econômica acontece devido à falta de gestão de políticas públicas em promover investimentos em infraestrutura de abastecimento e distribuição de água. No entanto, a escassez física se dá por causa de fatores ecológicos que fazem com que a disponibilidade hídrica seja insuficiente para suprir a demanda da comunidade (CIRILO, 2015).

A falta de recursos hídricos atinge não somente o setor econômico, mas também os setores culturais e sociais, causando reflexos à qualidade e o modo de vida da população que com ela sofrem. Os principais reflexos causados são: migração interna, baixa produção agrícola e industrial e problemas de saúde pública da população.

A cultura de que a água é fonte de recurso renovável e abundante vem sendo desconstruída e substituída pela ideia de bem finito. O Brasil detém 12% dos recursos hídricos mundiais, no entanto o agravante ocorre quando concentramos o quantitativo em diferentes regiões do continente, o que mostra que o problema do stress hídrico no Brasil está relacionado não só ao volume de precipitações, mas também a questões culturais e ao mau gerenciamento dos recursos hídricos (CIRILO, 2015).

A Agência Nacional de Águas (ANA), realizou o levantamento das vazões dos principais rios do país, qualificando-os pela razão entre as vazões de demanda e a disponibilidade hídrica. Na Figura 1 pode ser observado que as situações mais críticas dos mananciais são encontradas, principalmente, nas regiões que possuem maior povoamento.

Figura 1- Classificação dos principais rios quanto à relação entre vazões captadas e disponíveis



Fonte: Agência Nacional de Água e Saneamento Básico 2019

Outros fatores que contribuem para a escassez hídrica no Brasil estão relacionados com a seca e a distribuição da população brasileira. Cirilo (2015), aponta que a distribuição da população brasileira não é proporcional a disponibilização de

água doce no país, visto que a região amazônica possui 81% das reservas hídricas do país e 5% da população enquanto na região Sudeste, 45% da população do país está concentrada, e possui disponível apenas 2,7% dos recursos hídricos.

Mesmo o Sudeste sendo uma região com regularidades sazonais no que se refere a índices pluviométricos, a crise hídrica se intensificou na região nos últimos anos. Já a região semiárida do Nordeste, dispõe de apenas 4% dos recursos hídricos, e é ocupado por 35% da população brasileira. O que pode se dizer é que dentre as fragilidades que marcam este território, a seca é o fator que mais agrava os problemas sociais da região, levando-o a apresentar o maior índice de pobreza do Brasil (BURITI e AGUIAR, 2008; SENA, 2014).

2.1.1 Abastecimento e Consumo de Água no Brasil

A ideia de abastecimento de água torna-se um conceito necessário para garantir qualidade de vida à comunidade. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), para um controle dos fatores que engloba o bem-estar físico, mental e social o fornecimento de saneamento básico deve ser garantido a todos.

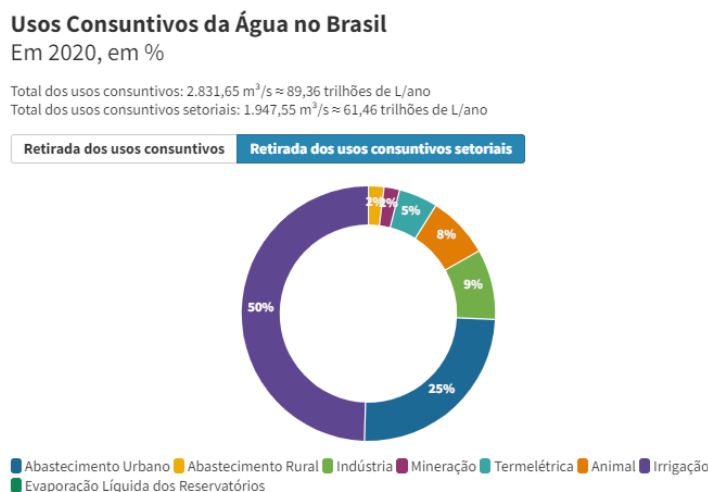
O saneamento ambiental, de acordo com a Fundação Nacional de Saúde é definido por um conjunto de ações socioeconômicas que tem como objetivo garantir salubridade, por meio de abastecimento de água potável, drenagem urbana, coleta e disposição sanitária de resíduos, com o intuito de garantir qualidade de vida da população urbana e rural (FUNASA, 1999).

O Brasil, apesar de ser um dos países mais ricos em água doce, possui um precário sistema de saneamento. Tal feito é reflexo do desperdício e da degradação da qualidade da água disponível no território, devido principalmente à disposição de esgotos não tratados nos rios. O Programa de Uso Racional de Água (PURA), criado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), informa que o desperdício de água, elevando as taxas de consumo dos fins domésticos e da poluição dos rios. Dessa forma o programa possui o intuito de incentivar o racionamento e o uso consciente do recurso.

O aumento do consumo de água é causado pela necessidade de expansão do abastecimento urbano, rural e industrial no Brasil. A demanda de água designada para estes setores, possui retirada significativa de água. Segundo o relatório Conjuntura

dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2020), estes setores são responsáveis por 61,46 trilhões de litros de consumo de água nos corpos hídricos, por ano (Figura 2).

Figura 2- Demandas de consumo de água no Brasil



Fonte: Agência Nacional de Água e Saneamento Básico 2020

Como se pode observar, o abastecimento urbano é o segundo segmento que mais demanda o consumo de água no país. Segundo Chaves Neto (2005), no Brasil, o desperdício dos recursos hídricos chega a 40% do volume de água tratada disponível à população. O indicativo varia de 40% a 60% em oposição aos 5% a 15% dos países desenvolvidos (REBOUÇAS, 2003).

O consumo exagerado dos recursos hídricos para execução de várias atividades, sejam urbanas ou rurais, tem como origem a não participação dos usuários no pagamento da conta de água do recurso utilizado (ANDRADE; VIEIRA, 2012). Diante dessa alegação, quanto menos o consumidor participa do custeio do fornecimento de água, menos ele se importa com o consumo em excesso.

2.2 Manejo de Água Pluvial

2.2.1 Conceitos e Legislações

O manejo de águas pluviais tem como premissa atender as condições de gestão urbana sustentável para melhorar as condições de meio ambiente e de saúde da população. Gould (1999), salienta que a segurança do abastecimento de água a partir da captação da água de chuva, engloba conceito de níveis de riscos aceitáveis

conforme padrões socioeconômicos e na qualidade das fontes de água. O autor observa que apesar de inúmeros estudos apontarem a contaminação da água de chuva por contato a superfícies de captação, várias pessoas ainda dependem dessa água para consumo.

Devido a atual conjuntura de distribuição de água, O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2009) informa que a captação de água de chuva e, conseqüentemente, seu armazenamento é a alternativa mais usual para reduzir a quantidade de pessoas sem acesso à água. O sistema de captação apresenta vantagens econômicas e ambientais além de possuir uma simples implantação do mecanismo com tempo curto de retorno, sendo possível tratar a água captada para ser usada em fins domésticos.

A viabilidade da implantação depende de fatores ambientais e físicos da região, bem como a precipitação, área de captação e demanda de água. De acordo com Oliveira (2007), os mecanismos de captação de água de chuva em edificações são compostos pela área a ser coletada, condutores, armazenamento e tratamento. O sistema funciona de forma a captar a água de chuva que cai sobre os telhados da edificação e, através de condutores, conduzir a água até o local de armazenamento, passando por filtragem e descarte de impurezas.

A normatização de leis que obrigam a captação da água de chuva para fins não potáveis é bastante recente no país, sendo a primeira Lei instituída em 2002. No entanto, a maioria dessas leis são municipais. Os principais usos não potáveis da água de chuva propostos pelas legislações brasileiras são para uso de limpeza e aguçagem dos canteiros e jardins públicos, atividades que não necessitam de água tratada, e para fins domésticos. Outras obrigam que comércios, prédios residenciais e comerciais implementem sistemas de captação e armazenamento da água de chuva para utilização em atividades que, também, não necessitam de água tratada, entre essas, as Leis municipais de Chapecó-SC (Lei nº 324/2008), Salvador – BA (Lei nº 7863/2010, e a Lei estadual do Rio de Janeiro (Lei nº 4.393/2004). (SILVA,2017; BORJA,2017)

A NBR nº 15.527/2007, instaurada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é usada como referência para o aproveitamento de águas pluviais no país. No entanto, esta norma se direciona apenas para as áreas urbanas, na qual determinam critérios técnicos para implementação do sistema de captação. A norma

estabelece também padrões de qualidade a serem seguidos para que se possa fazer o uso da água captada para fins mais restritivos.

2.2.2 Vazão de projeto

Para introduzir o sistema de captação, deve-se primeiramente realizar o estudo da área de captação. De acordo com a norma NBR 10844, o cálculo a ser utilizado para o telhado deve levar em consideração a inclinação da cobertura. O Cálculo da vazão de projeto é expressa pela Equação 1 abaixo.

$$Q = \frac{I * A}{60} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

Q = Vazão de projeto, em L/s

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A= área de contribuição, em m²

Vale ressaltar, que o aproveitamento da água não se dá por completo devido às perdas que acontecem no decorrer do sistema. Evaporação e utilização no processo de autolimpeza são alguns dos exemplos dessas perdas. Assim, para que possa ser calculado o real volume a ser armazenado pelo sistema deve ser utilizado o coeficiente de *Runoff*. Segundo Lagadec et al. (2016) O coeficiente de *Runoff*, conhecido também como coeficiente de escoamento superficial, é um processo definido como a água da chuva que não se infiltra devido ao solo estar saturado, e flui na superfície o que pode acarretar em danos e fenômenos como erosão do solo e inundações de rios. Determinar o coeficiente de escoamento superficial necessita de uma análise das características físicas da área para que possa ser feito o dimensionamento do sistema de drenagem (BARBASSA; GAROTTI, 2010).

Segundo a NBR 15527, que se refere à captação de água de chuvas de coberturas, os índices de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista a que será destinada a captação. Para desinfecção da água da chuva, poderá ser utilizado o derivado do cloro, enquanto, para fins mais restritivos, deverá ser utilizado o Quadro 1 abaixo.

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

PARÂMETRO	ANÁLISE	VALOR
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100ml
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	<2,0 uT ^b
		<5,0 uT ^b para usos restritivos
Cor aparente	Mensal	<15UH ^c
Deve prever ajuste de pH para a proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6 a 8 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.
^a O caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção ^b uT é a unidade de turbidez ^c UH é a unidade Hazen		

Fonte: NBR 15527 (2007)

Visto a necessidade de se obter a qualidade mínima da água, a norma NBR 15527 ainda estabelece a manutenção periódica do sistema, conforme o Quadro 2.

Tabela 2- Frequência de manutenção

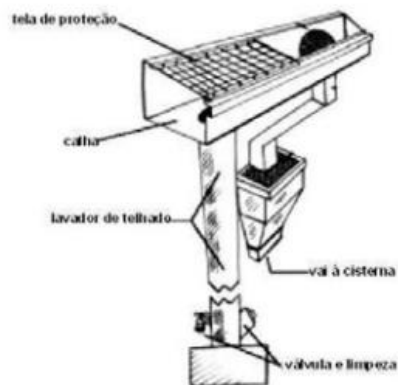
Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarga de detritos	Inspeção mensal e limpeza bimestral
Dispositivo de descarte de escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 vezes por ano
Dispositivo de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: NBR 15527 (2007)

2.2.3 Filtro

Ainda de acordo com a NBR 15527, deve ser feito a instalação de dispositivos para a filtragem de impurezas. Também é recomendado que seja instalado um dispositivo para descarte de água oriundo do escoamento inicial. Alguns modelos de filtro podem ser utilizados para fazer a filtragem como por exemplo filtro separador de folhas, filtro alto-limpante e uso de telas. As telas podem ser instaladas na caixa coletora ou diretamente na tubulação de queda das calhas. A água captada escorre por meio das calhas e entra na caixa coletora. Na superfície da caixa possui uma tela filtrante que retém as impurezas (Figura 3).

Figura 3-Tela de proteção utilizada para captação de água de chuva

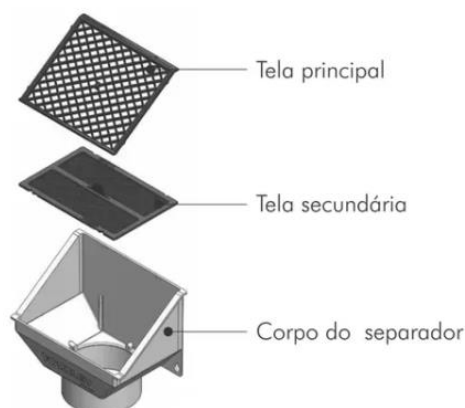


Fonte: Texas Water Development Board (1997)

As telas não possuem capacidade de reter contaminantes químicos e microrganismos, por isso existe a necessidade de se fazer a limpeza periódica deste material. Tomaz (2005) indica utilizar peneiras que possuem telas com diâmetro de 0,20 mm a 1 mm.

Além dos filtros de peneira, existe no mercado os separadores de folhas, filtros que possuem a capacidade de reter esses materiais que são transportados pelo curso da calha. Eles possuem a grade em forma de rampa que facilita a remoção das impurezas sem haver necessidade da limpeza frequente do sistema, conforme Figura 4.

Figura 4- Exemplo de filtro separador de folhas



Fonte: Fortlev, 2020

Para que possa ser feito o manejo da água de chuva para o tanque de armazenamento, devem-se utilizar dispositivos verticais e horizontais de condução que podem ser denominados de calhas coletoras e os condutores verticais. Para o dimensionamento dos coletores, deve-se utilizar a NBR 10844 como referência.

Segundo Tomaz (2005), as calhas podem ser de chapas galvanizadas, liga de alumínio, plásticos e PVC. Além disso, o material deve ser resistente à corrosão, possuir superfícies lisas e rígidas. Seguindo a ANBT, a NBR 15.527/2007 determina que as calhas e os condutores devem seguir os padrões da NBR 10814/1989. Na Figura 5 é possível visualizar a ideia do funcionamento do reservatório de captação.

Figura 5- Exemplo de sistema de captação de água pluvial



Fonte: Sempre Sustentável, 2020

2.2.4 Tipos de Reservatórios de Captação

O reservatório é o elemento principal para a execução do sistema de captação de águas pluviais. Para a classificação dos reservatórios, os critérios que devem ser considerados são a localização do terreno, a localização do sistema de captação, as dimensões do reservatório e os materiais de construção (TISUTIYA, 2006).

Segundo Tisutiya (2006), existem quatro tipos de classificação do sistema de captação de acordo com a localização do sistema. O reservatório pode ser elevado,

enterrado, semienterrado ou sobre o solo. A vantagem do reservatório elevado é a inexistência de um sistema de bombeamento para o abastecimento, no entanto precisa de uma estrutura de elevação e, normalmente, sua implantação é mais cara. Contudo, para reservatórios apoiados sobre o solo, não é necessária a estrutura de elevação e existe fácil acesso para verificação de rachaduras e vazamentos. Já para o modelo enterrado, não é requerido muito espaço e as paredes podem ser mais finas, diminuindo o custo. (SILVA; GUIMARÃES; CARVALHO, 2007).

A escolha do formato varia de acordo com a disponibilidade de área e o custo do reservatório (TISUTIYA, 2006). Os reservatórios em formato circular são os mais utilizados para sistema de captação em edificações, devido a manutenção e limpeza serem mais fáceis, por possuírem paredes internas lisas e sem quinas. No entanto existem outros modelos de formato, como retangular, cilíndrico e vertical

Os materiais utilizados para a construção dos reservatórios, disponíveis no mercado, são: concreto, polietileno e aço. Contudo, a escolha do material adequado varia conforme a destinação do uso da água a ser captada, visto que a durabilidade, a segurança e o custo variam de acordo com o material. Os reservatórios feito em concreto são mais procurados por indústrias, devido ao grande consumo de água, além de possuir uma capacidade elevada de armazenamento. A vantagem deste modelo é que ele possui uma alta resistência e demanda uma baixa manutenção do sistema. (REFERENCIA)

Já os reservatórios metálicos, também são utilizados por indústrias devido sua capacidade elevada de armazenamento e por possuírem um peso final mais leve do que o de concreto, o que facilita sua logística e diminui os custos relacionados ao frete. No entanto, os tanques de polietileno são mais usuais hoje no mercado devido a proibição das caixas em material de amianto. Os reservatórios de polietileno são preferidos no uso residencial por serem mais leves e flexíveis, possuírem uma fácil manutenção e limpeza, devido a superfície interna ser lisa, além de serem economicamente mais viáveis que os outros modelos. (referencia)

2.2.5 Dimensionamento do Reservatório

Segundo a NBR 15527, para o dimensionamento do reservatório, devem ser considerados no projeto: extravasor, cobertura, inspeção, ventilação e segurança,

com base na NBR 12217. A norma trás os seguintes métodos que definem as premissas para aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis:

- **Método de Rippl (NBR 15527/2007)**

No método em questão, são consideradas series históricas de precipitações mensais ou diárias. O volume do reservatório é calculado conforme as seguintes equações:

$$S(t) = Q(t) - D(t) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

S(t) é o volume de água armazenada no reservatório no tempo t;

Q(t) é o volume de chuva aproveitável no tempo t; e

D(t) é a demanda ou consumo no tempo t.

O volume do reservatório, V, é obtido pela equação abaixo:

$$V = \sum S(t) \quad (\text{Equação 3})$$

No entanto, essa equação é válida apenas para valores $S(t) < 0$, isto é, $Q(t) < D(t)$. O cálculo do volume de água de chuva aproveitável é expresso pela equação abaixo:

$$Q(t) = C \times H(t) \times A \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

C é o coeficiente de escoamento superficial ou Runnof;

H é a altura de precipitação; e

A é a área de captação.

- **Método Azevedo Neto (15527/2007)**

Nesse método o volume do reservatório pode ser determinado pela equação abaixo.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

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

P = valor numérico da precipitação média anual, expresso em (mm);

A = valor numérico da área de captação em projeto, expresso em (m²);e

T = valor numérico do número de meses que possui pouca chuva ou seca.

- **Método Prático Alemão (15527/2007)**

Método considerado empírico, no qual o volume adotado para o reservatório deve ser 6% do menor valor entre V e D, conforme a equação a seguir.

$$V_{\text{adot.}} = \min(V; D) \times 0,06 \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

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

D = valor numérico da demanda anual da água potável, expresso em litros (L);e

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

- **Método Prático Inglês (15527/2007)**

O volume de chuva é obtido através da seguinte equação abaixo.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (\text{Equação 7})$$

Em que:

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume água da cisterna, expresso em (L);

P = valor numérico da precipitação média anual, expresso em (mm);e

A = valor numérico da área de captação, expresso em (m²).

- **Método Prático Australiano (15527/2007)**

O volume de chuva é obtido através da seguinte equação.

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

Q = volume mensal produzido pela chuva, expresso em (m³);

A = valor numérico da área de captação, expresso em (m²);

C = coeficiente de escoamento superficial;

P = valor numérico da precipitação média anual, expressa em (mm); e

I = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm.

- **Método da Simulação (15527/2007)**

Para este método a evaporação da água não é considerada. A equação da continuidade é aplicada para determinado mês considerando um reservatório finito.

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t) \quad (\text{Equação 9})$$

Em que:

Q (t) = C x precipitação da chuva(t) x Área, visto que, $0 \leq S(t) \leq V$;

S (t) é o volume de água no reservatório no tempo t;

S (t-1) é o volume de água no reservatório no tempo t – 1;

Q (t) é o volume de chuva no tempo t;

D (t) é o consumo ou demanda no tempo t;

V é o volume do reservatório fixado; e

C é o coeficiente de escoamento superficial.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

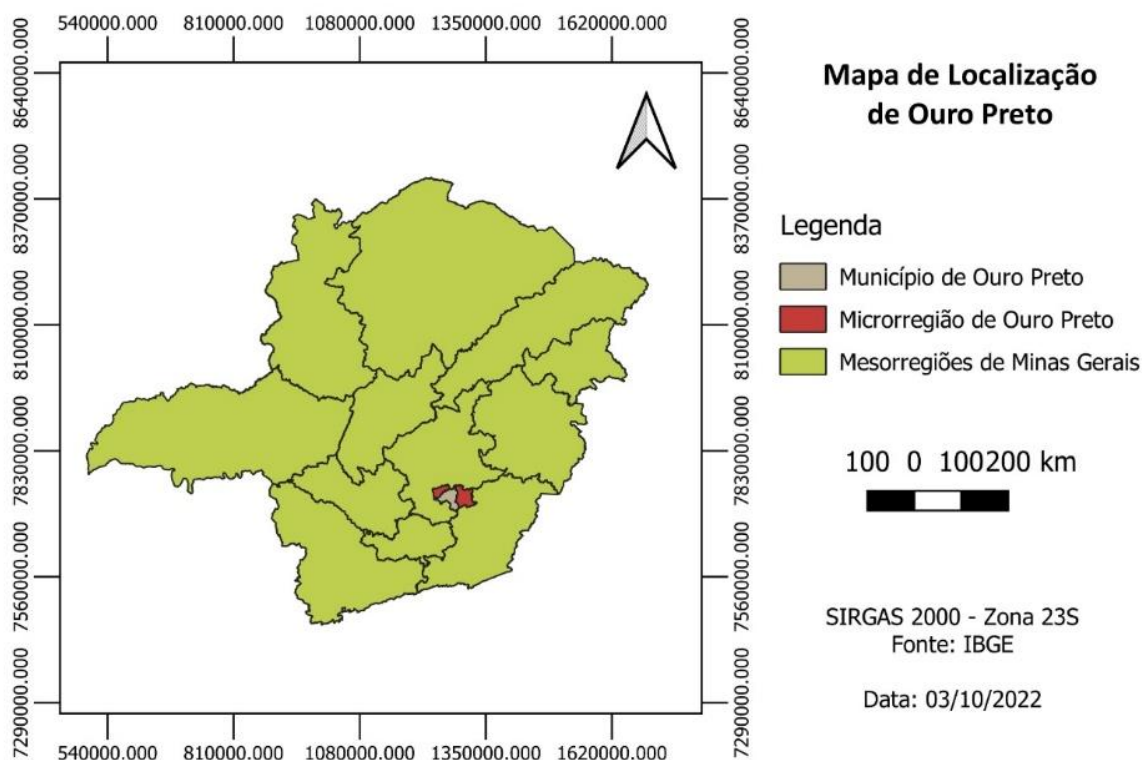
3.1 Local de Estudo

A área de estudo localiza-se no município de Ouro Preto, situado na serra do Espinhaço, na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais (Figura 6). O município possui uma área de 1.245,865 quilômetros quadrados e abriga as nascentes dos rios das Velhas, Piracicaba, Gualaxo do Sul e Gualaxo do Norte. O município está situado na região sudeste do Quadrilátero Ferrífero (ALKIMIN e MARSHAK,1988).

O clima do município enquadra-se em Tropical de Altitude Úmido, devido aos seus verões amenos e invernos com baixas temperaturas e umidade durante todo o ano. Em termos de temperatura, a média anual é de 18,5 °C, na qual janeiro é o mês de temperaturas mais elevadas, enquanto julho é o mês considerado mais frio do ano (CASTRO, 2006). A região possui uma precipitação média anual equivalente a 2.018 mm. No verão é o período que ocorre maior volume de chuva, tendo seu período de seca entre os meses de junho a setembro.

Os altos índices de chuva concentram-se durante os meses de outubro a março, na qual representam 87% da precipitação anual. Os períodos com temperaturas mais elevadas coincidem com o período chuvoso, em contrapartida o período seco é marcado pelo tempo frio (CASTRO, 2006).

Figura 6- Localização do Município de Ouro Preto/MG



Fonte – Autora, 2022

3.1.1 Caracterização da Edificação

A forma mais usual para se realizar captação de águas pluviais para fins não potáveis é através dos telhados das edificações. Por possuírem grandes áreas e estarem posicionados em locais com altitude elevada, proporcionam maior volume de captação. Fazendo-se uma análise dos prédios da UFOP com alto consumo diário de água, optou-se pelo estudo do Restaurante Universitário (RU).

O abastecimento do restaurante é realizado por fonte própria que provém dos poços artesianos localizados no Centro de Artes e Convenções, onde a água é bombeada até um reservatório da Escola de Minas e distribuída para os demais edifícios (MARTINS, 2021). O Restaurante Universitário possui apenas um pavimento, sendo localizado no campus da Universidade Federal de Ouro Preto e possui uma área construída de 2.800,92 m². Os dados foram retirados da planta baixa da edificação (Anexo 1). O prédio possui uma sala de lavanderia, uma sala de espera das refeições, uma sala de depósito de panelas, uma copa para higienização das

panelas, uma sala de pré-preparo de carnes, uma ala para congelados, carnes, vegetais e sucos, uma sala de cocção, uma padaria, um refeitório para os funcionários, uma sala para o nutricionista, uma área para armazenamento dos resíduos e um refeitório para os estudantes e servidores.

Como a captação de água pluvial se dará a partir do telhado do restaurante, foi necessário observar o tipo de material que constitui o telhado da edificação. Visto que, para cada tipo de material, a água da chuva poderá se comportar de determinada maneira quando observada em função do escoamento e capacidade de absorção da área de captação. Os comportamentos da superfície em relação ao potencial de escoamento da água pluvial são determinados pelo Coeficiente de escoamento superficial. Para o presente estudo, o valor adotado foi de 0,8, que corresponde a telhas metálicas galvanizadas (LISBOA, 2011).

3.1.2 Demanda de Água

A demanda de água corresponde a vazão de retirada para suprir determinadas necessidades da edificação. Em tese, as variações do consumo podem ser anuais, mensais, diárias ou horárias. O consumo doméstico apresenta uma variação maior em relação ao consumo industrial, já o consumo comercial e público situa-se em uma posição mediana (TSUTIYA, 2006). Conforme pode-se observar na tabela 1, o consumo de água para estabelecimentos comerciais, como o Restaurante Universitário, é de 25 litros por refeição.

Tabela 3- Consumo de água em estabelecimentos comerciais

Estabelecimento	Unidade	Consumo (L/dia)
Restaurante	Refeição	25
Escritório	Pessoa	50
Escola	Aluno	150
Edifícios públicos	Pessoa	50

Fonte: NBR 5626, 2020

Contudo, o consumo diário de água também pode ser calculado pela Equação 10 abaixo.

$$Cd = [\text{Consumo} \times \text{População}] \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

Cd = consumo diário (L/dia);

Consumo = consumo por refeição (L/dia); e

População = quantidade de refeições diárias.

A demanda do Restaurante Universitário da UFOP, campus de Ouro Preto, possui variações de acordo com o turno e dia da semana. De acordo com a coordenadora do Restaurante, são fornecidas 2500 (duas mil e quinhentas) refeições diárias.

3.1.3 Demanda a ser substituída por Água Pluvial

A destinação final da água pluvial captada determinará a porcentagem de água potável a ser substituída. O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em um restaurante universitário pode possuir dois direcionamentos: uso externo, limpeza do pátio e rega do jardim e, também, para o uso interno, limpeza das cubas gastronômicas e limpeza do piso do refeitório. Visto que o jardim faz parte do campus universitário, não atribuímos responsabilidade de rega ao RU. Sendo assim, trabalhamos apenas com a limpeza externa e interna do restaurante.

De acordo com Tomaz (2009) o consumo médio de água de um restaurante para limpeza externa e interna podem ser calculados de acordo com a Equação 11 abaixo.

$$C = [A \times k \times D] \quad (11)$$

Na qual:

C = consumo total de água utilizada em um mês, em L;

A = área do restaurante, em m²;

K = frequência, em L/dia.m²; e

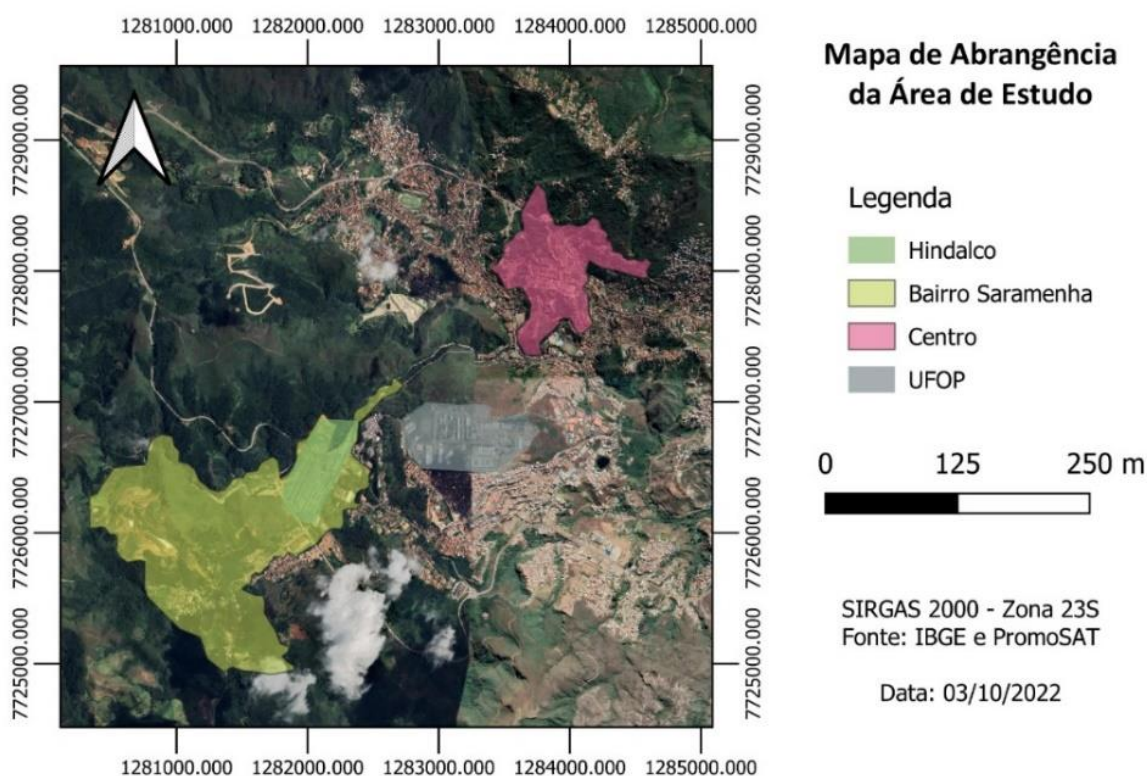
D = quantidade de dias que é realizado a limpeza.

3.1.4 Índice Pluviométrico do Município

O volume de chuva que cai sobre a área de captação deve ser o primeiro fator a ser definido. A estação pluviométrica, utilizada no presente trabalho está localizada no município de Ouro Preto, no bairro Saramenha e dista cerca de 2 km do bairro

Bauxita, onde está localizada a Universidade. A estação está desativada atualmente e os dados foram fornecidos através de comunicação pessoal. A Figura 7 apresenta a localização da estação pluviométrica no município dos Inconfidentes.

Figura 7 - Área de estudo



Fonte – Autora, 2022

Os dados do índice pluviométrico do município, foram coletados pela estação meteorológica que pertencia a antiga fábrica da Novelis, atual Hindalco, localizada no bairro Saramenha. As precipitações médias estão compreendidas entre os anos de 1982 e 2014, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 4- Índices pluviométricos médios do município de Ouro Preto

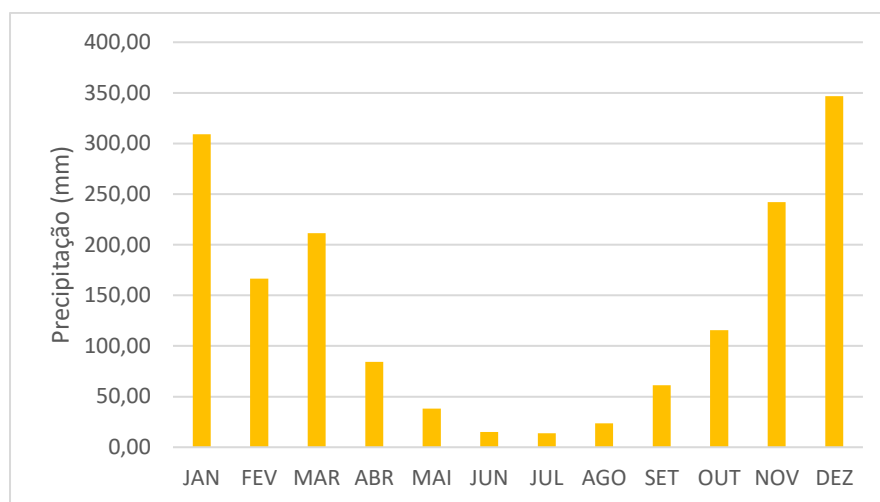
MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	309,03	166,51	211,49	84,3	38,09	15,19	13,77	23,57	61,22	115,63	242,2	346,9

Fonte – Autora, 2022

De acordo com o Gráfico 1, é possível analisar a distribuição da precipitação média mensal durante o período de estudo. O período de seca ocorre durante os meses de maio a agosto, sendo junho o mês mais seco. Quanto ao período chuvoso,

este se dá entre os meses de novembro a janeiro, sendo dezembro o mês mais chuvoso.

Gráfico 1 – Média da distribuição de precipitações do município de Ouro Preto



Fonte – Autora, 2022

3.1.5 Tarifa de Água

Na cidade de Ouro Preto, o abastecimento de água é fornecido pela empresa Saneouro. No entanto, o abastecimento do campus da UFOP é de fornecimento próprio, o que nos impossibilita de gerar alguma análise em relação a economia gerada na conta de água.

3.1.6 Escoamento Superficial – Runoff (C)

Devido as perdas que a água pluvial sofre em consequência da evaporação e do processo de autolimpeza, é necessário utilizar o coeficiente de escoamento superficial que indica o grau de absorção de água pela superfície onde ocorre a precipitação, para dimensionar o volume será efetivamente reservado. A determinação do coeficiente varia conforme o material do telhado. De acordo com o projeto, o telhado do restaurante do Campus é de telha galvanizada, assim o coeficiente de escoamento superficial utilizado é equivalente a $C=0,8$ (TOMAZ, 2005).

3.1.7 Dimensionamento do Reservatório

Os métodos a serem utilizados no trabalho para o dimensionamento do reservatório serão o método de Rippl e o método da Simulação, que são dispostos e normatizados pela NBR 15527/2007. De forma a viabilizar a implementação do modelo de captação, deve ser feito o dimensionamento de forma a não desperdiçar água por não comportar o volume recebido por chuvas de grande intensidade e não ficar sem uso em períodos de estiagem. Como o edifício possui apenas um pavimento e o uso será para fins de limpeza, não será necessário a construção de um segundo reservatório.

3.1.7.1 Método de Rippl

O Método de Rippl, segundo ABNT (2007), utiliza como fundamento o volume do reservatório como a soma do acúmulo da diferença entre a demanda de água de chuva e o volume de água aproveitada. Tomaz (2009), utiliza a tabela a seguir (Tabela 3) de forma a simplificar os cálculos.

Tabela 5- Método de Rippl para dimensionamento do reservatório

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre Volumes (m ³)	Diferença Acumulada da coluna 6 (m ³)	Situação do Reservatório
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Janeiro							
Fevereiro							
Março							
Abril							
Maio							
Junho							
Julho							
Agosto							
Setembro							
Outubro							
Novembro							
Dezembro							

Fonte – Tomaz, 2007

Segundo Tomaz (2009), as colunas presentes na Tabela 3 representam:

C1 = Consta os meses do ano;

C2 = São as chuvas médias mensais;

C3 = Demanda mensal;

C4 = É área de captação da água da chuva, que é equivalente a área do telhado;

C5 = Volume mensal disponível da água da chuva;

C6 = Diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível;

C7 = Diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível; e

C8 = O preenchimento da C8 é feito usando as letras E, D e S, onde E é a água escoando pelo extravasor; D é o nível de água diminuindo; e S é o nível de água aumentando.

3.1.7.2 Método da Simulação

O método da simulação trabalha com arbitragem de um volume do reservatório com intuito de simular o volume de água armazenado no reservatório ao longo do período estudado (ABNT, 2007).

Para efeito de dimensionamento, são necessárias a precipitação mensal e a demanda mensal. Para cada mês é somado ao valor inicial do reservatório o quantitativo de água captada e é subtraído o consumo. Quando o reservatório fica vazio, não se adota o volume negativo, e sua capacidade máxima não será ultrapassada, visto que a água excedente será direcionada e eliminada pelos coletores públicos (WERNECK, 2009). A tabela 4 representa o modelo proposto.

Segundo TOMAZ (2009), as colunas presentes na Tabela 4 representam:

C1 = Consta os meses do ano;

C2 = São as chuvas médias mensais;

C3 = Consumo mensal de água não potável;

C4 = É área de captação da água da chuva, que é equivalente a área do telhado;

C5 = O volume de água de chuva é obtido da seguinte maneira: Coluna 5 = coluna 2 x coluna 4 x coeficiente de escoamento superficial/ 1000 para o resultado sair em metros cúbicos;

C6 = Volume do reservatório que é fixado;

C7= É o volume do reservatório no início do tempo. Supomos que no início do ano, o reservatório está vazio e que, portanto, a primeira linha da coluna 7 referentes ao mês de janeiro será igual a zero. Os demais valores são obtidos usando a função SE do Excel: SE (coluna 8<0; 0; coluna 8);

C8 = Fornece o volume do reservatório no fim do mês. Obtém-se a coluna 8 da seguinte maneira: Coluna 8 = SE (coluna5 + coluna7 – coluna3 > coluna 6; coluna 7; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3);

C9 = É relativa ao overflow, isto é, quando a água fica sobrando e é jogada fora. Obtém-se da seguinte maneira: Coluna 9 = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) > coluna 6; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 – coluna 6; 0); e

C10 = É a coluna da reposição da água, que pode vir do serviço público de abastecimento ou de caminhão tanque ou de outra procedência. Obtém-se a coluna10 da seguinte maneira: coluna 10 = SE (coluna 7 +coluna 5 – coluna 3);

Tabela 6- Método da Simulação

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Vol. Chuva Mensal (m³)	Vol. Reser. Fixado (m³)	Vol. Reser. (t-1) (m³)	Vol. Reser. tempo (t) (m³)	Overflow	Abast. água externo (m)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro									
Fevereiro									
Março									
Abril									
Maio									
Junho									
Julho									
Agosto									
Setembro									
Outubro									
Novembro									
Dezembro									

Fonte – Tomaz, 2007

3.1.8 Análise Econômica

A análise da viabilidade econômica da implantação é necessária, embora projetos que visem o aproveitamento de águas pluviais sejam viáveis do ponto de vista ambiental. Para saber se o sistema será viável ou não, foram analisados os valores

dos materiais e mão de obra que se fazem necessários para a construção do sistema de captação.

Os preços dos materiais e mão de obra foram obtidos através da tabela do SINAPI (2019). Os itens utilizados para a execução do sistema de captação que foram observados na tabela foram, tubulação em PVC e mão de obra.

Para analisar a viabilidade do sistema a partir da variação da capacidade do reservatório, foram feitos três orçamentos: para capacidade mínima, intermediária e máxima. Devido ao método da Simulação ter se mostrado eficiente na demonstração do período de abastecimento, os tanques escolhidos foram determinados com base nos volumes encontrados pelo método, suas respectivas eficiências e com auxílio da tabela de área de disposição.

4 RESULTADOS

4.1 Dimensionamento do Reservatório

4.1.1 Demanda Total de Água

O Restaurante Universitário, possui 2.500 refeições diárias e uma área de captação em planta igual a 2800 m². Logo, de acordo com a Tabela 1 e a Equação 10, foi obtido um consumo diário (Cd) igual a 62.500 L/dia, que equivale a 1.250,00 m³/mês.

4.1.2 Demanda a ser substituída por Água Pluvial

Por possui uma grande área que necessita de limpeza, equivalente a 2176,6 m², a higienização é necessária diariamente para garantir saúde e higiene aos usuários. A limpeza do RU varia entre uma vez por semana e cinco vezes por semana, conforme cada local do restaurante. De acordo com a coordenadora do RU, as áreas em que são realizados o preparo das refeições e armazenamento dos ingredientes e os locais onde são servidas as refeições são lavados durante todos os dias da semana. No entanto, as áreas administrativas que estão localizadas dentro do prédio do restaurante universitário são limpas apenas uma vez por semana.

O desígnio da demanda de água de chuva será exclusivamente para limpeza do piso de todo o recinto do RU. Portanto, todo o volume de água potável que antes era subsidiado para limpeza interna e externa do restaurante será substituído pelo volume de água pluvial armazenado.

De acordo com Tomaz (2019), o gasto de água para limpeza de pisos possui uma taxa de aproximadamente 2 L/dia/m². Tendo em vista que o restaurante é utilizado durante todos os dias da semana, o Quadro 3, elaborado conforme informações da coordenadora, mostra a frequência em que cada setor do RU é lavado por semana. Em seguida, é feita a estimativa da demanda mensal a ser substituída por água pluvial conforme a equação 11, resultando em 73.937 litros.

A fim de avaliar a compatibilidade dos resultados encontrados no presente trabalho com trabalhos relacionados, Leal (2019), demonstra que para um restaurante universitário com área de captação correspondente a 850 m² e uma área de limpeza igual a 362,92 m³, possui uma demanda a ser suprida por água pluvial de

14,84 m³ ao mês. O que é condizente com os resultados encontrados neste trabalho, visto que a área de limpeza foi definida em 2176,6 m² e a demanda mensal de água a ser suprida é equivalente a 73,94 m³.

Tabela 7- Consumo semanal

Ambiente	Área (m ²)	Frequência (dias/semana)	Taxa (L/dia/m ²)	Consumo por semana (L)
Circulação	106	1	2	212
Vestiário	59,5	2	2	238
Secretária	16	1	2	32
Sala de Terceirizados	12,81	1	2	25,62
Chefia	24,75	1	2	49,5
Controle e Custo	16,59	1	2	33,18
Subestação	12,51	1	2	25,02
Recepção	54	1	2	108
Congelados	73	5	2	730
Almoxarifado	90	1	2	180
DML/Lavanderia	11	1	2	22
Espera p/ refeições	11	5	2	110
Depósito de panelas	13	5	2	130
Copa higienização de panelas	39,5	5	2	395
Câmara lixo	19	5	2	190
Copa higienização de louças	47	5	2	470
Prep. Cereais	11	5	2	110
Refeitório funcionários	6	5	2	60
Câmara alimentos preparados	17	5	2	170
DML	8	1	2	16
Nutricionista	14	1	2	28
Pré preparo de carnes	47	5	2	470
Vegetais	63	5	2	630
Padaria	29	5	2	290
Área de Cocção	103	5	2	1030
Refeitório	1170	5	2	12730
TOTAL	2176,6			18484,3

Fonte: Autora, 2022

4.2 Dimensionamento do reservatório

4.2.1 Método de Rippl

A área de captação foi definida no item 4.1.1, tendo sido encontrado um valor equivalente a 2.800,0 m². O volume de água potável a ser substituído pela água que virá a ser captada foi definido no item 4.1.3, e o valor resulta em 73.937 litros por mês. O coeficiente escoamento superficial adotado foi de 0,8 conforme abordado no item 3.7. As precipitações médias mensais também foram definidas previamente no item 3.6.

Para a construção da Tabela 5 foi utilizado o software Excel. A elaboração da planilha foi definida anteriormente no item 3.1.8.

Tabela 8- Dimensionamento pelo método Rippl

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Vol. De Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre Volumes	Diferença Acumulada (m ³)	Situação do Reservatório
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Janeiro	309,0	73,9	2800,0	692,2	-618,3	0,0	E
Fevereiro	166,5	73,9	2800,0	373,0	-299,0	0,0	E
Março	211,5	73,9	2800,0	473,7	-399,8	0,0	E
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	-114,9	0,0	E
Maiο	38,1	73,9	2800,0	85,3	-11,4	-11,4	D
Junho	15,2	73,9	2800,0	34,0	39,9	28,5	D
Julho	13,8	73,9	2800,0	30,8	43,1	71,6	D
Agosto	23,6	73,9	2800,0	52,8	21,1	92,8	D
Setembro	61,2	73,9	2800,0	137,1	-63,2	29,6	S
Outubro	115,6	73,9	2800,0	259,0	-185,1	-155,5	S
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	-468,6	0,0	E
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	-703,1	0,0	E
TOTAL	1627,9			3646,5	Volume=	92,8	

Fonte – Autora, 2022.

O método de Rippl, conforme planilha executada, nos informa que o volume do reservatório necessário para atender a demanda de água do Restaurante Universitário é de 92,8 m³.

A última coluna da Tabela 5 mostra o comportamento do tanque de água durante os meses. Dessa forma, percebe-se que entre os meses de janeiro a abril e entre novembro e dezembro, o reservatório estaria transbordando a água armazenada, isto ocorre devido ao grande volume de chuva nestas épocas do ano. A água que transborda é destinada à rega do jardim e ao sistema de drenagem da Universidade com auxílio de canaletas

Segundo Tomaz (2009) e ABNT (2007), o método em questão traz valores superiores aos volumes que podem ser realmente requeridos para suprir a demanda da edificação. Contudo, é útil para definir um limite superior para a análise da capacidade do reservatório.

4.2.2 Método da Simulação

Conforme apresentado no item 3.1.9, o Método da Simulação é um método por tentativa utilizado para analisar o volume do reservatório escolhido para o sistema de captação, de forma a minimizar os gastos excessivos. As tabelas 6 e 7 demonstram o extravasamento de água e a economia do abastecimento de água potável para os volumes fixados em 10 m³ e 110 m³, respectivamente. Estes valores foram baseados no volume limite necessário para suprir a demanda segundo o Método de Rippl calculado no item 4.21.

O volume é atribuído e logo em seguida é verificado se houve excesso de água que foi expelido pelo extravasor. Na coluna C9 (*overflow*) é determinado este volume de água em excesso. Se caso o volume captado não for suficiente para suprir a demanda de água a ser substituída, será necessário o abastecimento com água potável. Na coluna C10 obtém-se o volume necessário a ser suprido.

**Tabela 9- Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação,
considerando-se um volume de 10 m³**

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Capt. (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Vol. Reservat. Fixado (m ³)	Vol. do Reservat. (t-1) (m ³)	Vol. Reservat no tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abast. água externo (m)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,0	73,9	2800,0	692,2	10	0,0	10,0	608,3	0,0
Fevereiro	166,5	73,9	2800,0	373,0	10	10,0	10,0	299,0	0,0
Março	211,5	73,9	2800,0	473,7	10	10,0	10,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	10	10,0	10,0	114,9	0,0
Mai	38,1	73,9	2800,0	85,3	10	10,0	10,0	11,4	0,0
Junho	15,2	73,9	2800,0	34,0	10	10,0	-29,9	0,0	29,9
Julho	13,8	73,9	2800,0	30,8	10	0,0	-43,1	0,0	43,1
Agosto	23,6	73,9	2800,0	52,8	10	0,0	-21,1	0,0	21,1
Setembro	61,2	73,9	2800,0	137,1	10	0,0	10,0	53,2	0,0
Outubro	115,6	73,9	2800,0	259,0	10	10,0	10,0	185,1	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	10	10,0	10,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	10	10,0	10,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,496				2843,4	94,2

Fonte – Autora, 2022

**Tabela 10- Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação,
considerando-se um volume de 110 m³**

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Capt. (m ²)	Vol. Chuva mensal (m ³)	Vol. Reservat. Fixado (m ³)	Vol. Reservat. (t-1) (m ³)	Vol. Reservat. no tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abast. água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	110	0,0	110,0	508,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	110	110,0	110,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	110	110,0	110,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	110	110,0	110,0	114,9	0,0
Mai	38,09	73,9	2800,0	85,3	110	110,0	110,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	110	110,0	70,1	0,0	0,0
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	110	70,1	27,0	0,0	0,0
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	110	27,0	5,8	0,0	0,0
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	110	5,8	69,0	0,0	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	110	69,0	110,0	144,1	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	110	110,0	110,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	110	110,0	110,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2649,2	0,0

Fonte – Autora, 2022

Analisando as duas tabelas de volume mínimo e volume máximo e as respectivas eficiências dos reservatórios, temos que a eficiência do sistema varia conforme a sua capacidade. Para que ocorra a eficiência máxima do reservatório, é necessário que o volume da cisterna seja de 110 m³. Para análise de eficiência, também foram testados pelo método da Simulação (Apêndice 1), os volumes de reservatório de 20 m³ a 100 m³. A Tabela 8, permite identificar que para os volumes de 10 m³ a 30 m³, a eficiência de 75% se mantém constante, sendo mais da metade da eficiência total do sistema, o que indica que durante 9 meses o sistema conseguirá suprir a demanda da restaurante. Acontece o mesmo para os volumes de 40 m³ a 80 m³, na qual a eficiência de 83,3% se mantém constante conforme foi aumentando a sua capacidade.

O ganho de eficiência nos reservatórios é de aproximadamente 8,5% a medida em que se aumenta o volume do sistema. Pode-se constatar tal fato pelo reservatório de 60 m³, que possuiu um aumento de 50 m³ na sua capacidade em relação ao tanque de 10 m³, e consegue suprir apenas mais um mês da demanda da edificação.

Tabela 11- Eficiência do abastecimento em função do reservatório

Volume do reservatório (m ³)	Período de abastecimento (meses)	Eficiência (%)
10	9	75
20	9	75
30	9	75
40	10	83,3
50	10	83,3
60	10	83,3
70	10	83,3
80	10	83,3
90	11	91,6
100	11	91,6
110	12	100

Fonte – Autora, 2022

4.3 Análise da área de implantação

O reservatório é um sistema hidráulico para armazenamento de água que necessita estar situado em pontos estratégicos de modo a garantir a qualidade do recurso captado e a sua durabilidade. A classificação do sistema de captação é feita conforme o terreno e as possibilidades de locação em: enterrado, semienterrado, apoiado e elevado.

Para o trabalho em questão, o reservatório escolhido foi do tipo apoiado devido à disposição do terreno e do pátio em pavimentação feita com concreto já disposto no conjunto da edificação. O pátio em questão possui aproximadamente 19 m² de área

disponível e está localizado ao lado do estacionamento para descarga de material, na parte posterior do restaurante, o que garante a preservação do reservatório devido ao fluxo de pessoas ser restrito aos funcionários, além de facilitar o acesso dos funcionários para eventuais manutenções, visto que é uma área plana e reservada. Ademais, a localização proposta permite que água extravasada do reservatório seja destinada para a rega do jardim que fica situado ao lado. A área a ser ocupada pode ser visualizada na planta baixa fornecida pela prefeitura do Campus, no Anexo II.

Os reservatórios disponíveis no mercado variam sua altura de acordo com a sua capacidade. Para determinar o quantitativo e a capacidade do reservatório que será locado no pátio do restaurante, é importante avaliar o custo da implantação juntamente a demanda a ser suprida e a eficiência do reservatório. A escolha do tanque foi pautada em pesquisas feitas com base no custo e na resistência do material.

A marca Fortlev é uma das maiores produtoras de armazenamento de água no Brasil. Seus reservatórios são fabricados em polietileno, material que garante mais resistência a impactos, não possui toxinas que podem entrar em contato com a água causando odor ou sabor e podem ser reciclados após seu descarte. Além disso, possuem as paredes internas lisas, o que facilita a limpeza da mercadoria e possuem um custo-benefício considerável, por isso a escolha deste produto.

A seguir, na Figura 9, é possível verificar as informações técnicas do modelo escolhido.

Figura 8 - Dimensões do reservatório

TANQUE			
Capacidade (l)	Dimensões (m)		
	A	B	C
310	0,52	0,60	1,00
500	0,65	0,60	1,16
1.000	0,80	0,60	1,48
1.750	0,95	0,60	1,65
2.500	1,21	0,60	1,80
5.000	1,51	0,60	2,25
10.000	1,93	0,60	2,78
15.000	2,20	0,60	3,20
20.000	2,83	0,60	3,17

A - Altura total;
 B - Diâmetro da boca de inspeção;
 C - Diâmetro da Base.

310L até 2.500L com adaptadores flanges para Extravasor e Saída instalados.
 5.000L até 20.000L com adaptador flange para Saída instalado.

Fonte –Fortlev, 2020

Visando o menor gasto financeiro com o reservatório e o aproveitamento máximo da área concretada já disponível, a Tabela 9 demonstra duas situações de disposição de área para implantação dos reservatórios conforme o Método da Simulação. Na primeira situação utiliza-se apenas o modelo de reservatório com capacidade de 10000 L e na segunda situação são utilizados os modelos de 10000 L e 20000 L.

Na primeira situação, foi calculado a área da base em circunferência do reservatório, apenas os tanques com capacidade de 10 m³ a 30 m³ são passíveis de implantação, visto que suas respectivas áreas são inferiores a área disponível. Já na segunda situação, os tanques com potencial para implantação são os com capacidade de 10 m³ a 40 m³.

Tabela 12 - Área de implantação dos Reservatórios

Reservatório m ³	Quantidade	Total (m ²) 1ª Situação	Quantidade	Total (m ²) 2ª Situação
10	1 x 10 m ³	5,7	1 x 10 m ³	5,7
20	2 x 10 m ³	11,4	1 x 20m ³	7,9
30	3 x 10 m ³	17,2	1 x 10m ³ e 1 x 20m ³	13,6
40	4 x 10 m ³	22,9	2 x 20m ³	15,8
50	5 x 10 m ³	28,6	1 x 10m ³ e 2 x 20m ³	21,5
60	6 x 10 m ³	34,3	3 x 20m ³	23,7
70	7 x 10 m ³	40,1	1 x 10m ³ e 3 x 20m ³	29,4
80	8 x 10 m ³	45,8	4 x 20m ³	31,6
90	9 x 10 m ³	51,5	1 x 10m ³ e 4 x 20m ³	37,3
110	11 x 10 m ³	62,9	1 x 10m ³ e 5 x 20m ³	45,2

Fonte – Autora, 2022

Visto que área disponível é de aproximadamente 19 m² e que os volumes de reservatórios acima de 40 m³ não possuem uma área compatível, descartou-se a hipótese de se utilizar tanques que possuem suas áreas de disposição maiores que a disponível no Restaurante Universitário.

5 ANÁLISE ECONÔMICA

5.1 Investimento

A viabilidade econômica de implantação do sistema está relacionada aos custos envolvidos para a construção do reservatório. A fim de atender a demanda de água é fundamental definir o volume otimizado do reservatório, de acordo com o índice pluviométrico da região (GHISI, 2010).

O edifício RU está em pleno funcionamento, dessa forma não haverá gastos com a construção da edificação. Logo, para que se possa fazer a implantação do sistema de captação de águas pluviais, será necessário que o prédio passe por adequações, bem como locação do reservatório, instalação do filtro e adequação da tubulação que conduzirá à água até o reservatório. Como a demanda de água a ser substituída será apenas para limpeza do restaurante, não será necessário readequar o sistema de instalação hidráulica do prédio e, conseqüentemente, também não será necessário a instalação de um reservatório superior.

Para apresentação do custo médio da implantação, as Tabelas de 10 a 14 a seguir, demonstram a relação do valor unitário e o custo total dos materiais a serem utilizados para os reservatórios de 10 m³, 20 m³ e 40 m³. A prefeitura do campus universitário, não possui pessoas qualificadas no seu quadro de funcionário para adequar as calhas do RU, sendo necessário a terceirização deste serviço.

Tabela 13- Custo estimado para 1 reservatório de 10m³

Material	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Reservatório 10000 L	unid.	1	R\$ 4.606,60	4606,6
Tubo PVC 100 mm	m	20	R\$ 19,93	398,6
Pedreiro	h	32	R\$ 18,89	604,48
Servente	h	32	R\$ 14,78	472,96
Torneira	unid.	1	R\$ 25,00	25
Tê	unid.	2	R\$ 6,35	12,7
Flange 40 mm	unid.	2	R\$ 22,41	44,82
Filtro	unid.	1	R\$ 75,00	75
Joelho de 90° 100 mm	unid.	4	R\$ 20,00	80
Total				6320,16

Fonte – Autora, 2022

Tabela 14- Custo estimado para 2 reservatórios de 10m³

Material	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Reservatório 10000 L	unid.	2	R\$ 4.606,60	9213,2
Tubo PVC 100 mm	m	20	R\$ 19,93	398,6
Pedreiro	h	32	R\$ 18,89	604,48
Servente	h	32	R\$ 14,78	472,96
Torneira	unid.	1	R\$ 25,00	25
Tê	unid.	2	R\$ 6,35	12,7
Flange 40 mm	unid.	2	R\$ 22,41	44,82
Filtro	unid.	1	R\$ 75,00	75
Joelho de 90° 100 mm	unid.	4	R\$ 20,00	80
Total				10926,76

Fonte – Autora, 2022**Tabela 15- Custo estimado para 1 reservatório de 20m³**

Material	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Reservatório 20000 L	unid.	1	R\$ 13.122,00	13122
Tubo PVC 100 mm	m	20	R\$ 19,93	398,6
Pedreiro	h	32	R\$ 18,89	604,48
Servente	h	32	R\$ 14,78	472,96
Torneira	unid.	1	R\$ 25,00	25
Tê	unid.	2	R\$ 6,35	12,7
Flange 40 mm	unid.	2	R\$ 22,41	44,82
Filtro	unid.	1	R\$ 75,00	75
Joelho de 90° 100 mm	unid.	4	R\$ 20,00	80
Total				14835,56

Fonte – Autora, 2022**Tabela 16- Custo estimado para 2 reservatórios de 20m³**

Material	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Reservatório 20000 L	unid.	2	R\$ 13.122,00	26244
Tubo PVC 100 mm	m	20	R\$ 19,93	398,6
Pedreiro	h	32	R\$ 18,89	604,48
Servente	h	32	R\$ 14,78	472,96
Torneira	unid.	1	R\$ 25,00	25
Tê	unid.	2	R\$ 6,35	12,7
Flange 40 mm	unid.	2	R\$ 22,41	44,82
Filtro	unid.	1	R\$ 75,00	75
Joelho de 90° 100 mm	unid.	4	R\$ 20,00	80
Total				27957,56

Fonte – Autora, 2022

Tabela 17- Custo estimado para 1 reservatório de 10m³ e 1 reservatório de 20m³

Material	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Reservatório 10000 L	unid.	1	R\$ 4.606,60	4606,6
Reservatório 20000 L	unid.	1	R\$ 13.122,00	13122
Tubo PVC 100 mm	m	20	R\$ 19,93	398,6
Pedreiro	h	32	R\$ 18,89	604,48
Servente	h	32	R\$ 14,78	472,96
Torneira	unid.	1	R\$ 25,00	25
Tê	unid.	2	R\$ 6,35	12,7
Flange 40 mm	unid.	2	R\$ 22,41	44,82
Filtro	unid.	1	R\$ 75,00	75
Joelho de 90° 100 mm	unid.	4	R\$ 20,00	80
Total				19442,16

Fonte – Autora, 2022

Os sistemas se mostraram inviáveis do ponto de vista financeiro, uma vez que não é possível calcular o tempo de retorno do investimento da implantação por não haver necessidade de se economizar com o pagamento anual à concessionária de abastecimento de água devido a sua reserva própria de água.

No entanto, se tratando de uma Universidade Federal, a implantação de dois reservatórios de 10 m³ seria uma ótima opção do ponto de vista ambiental. Visto que, a gestão democrática das águas e a responsabilidade ambiental confirmada pelas ações práticas dentro do ambiente acadêmico proporcionam reconhecimentos nacionais e até mesmo internacionais. A Universidade Federal de Lavras (UFLA), em 2016, foi a segunda universidade do mundo a receber o certificado Blue University, pelo exemplo de gestão ambiental. O certificado atesta que a Universidade possui práticas que preservam os recursos hídricos (ALVIM, 2016).

Portanto, embora o fator econômico ser expressamente relevante na viabilidade da implantação do sistema, o fator ambiental possui uma grande importância para o reconhecimento e o crescimento da Universidade, já que as práticas ambientais envolvem toda a comunidade acadêmica e impulsionam novas práticas sustentáveis dentro do campus.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs a análise da viabilidade da instalação de um sistema de captação de águas pluviais no edifício do Restaurante Universitário do campus da UFOP. A escolha da edificação foi devido ao elevado consumo de água diário do restaurante.

A partir dos referenciais teóricos disponíveis nas literaturas e normas, constata-se que o projeto em questão não possui complexidade de implantação, sendo possível ser instalado em qualquer edificação e podendo ser adaptado para alcançar um sistema eficiente e com alto custo-benefício.

Os volumes consumidos de água potável mensal do restaurante possuem um montante equivalente a 1.375.000 L/mês. Os dados se referem ao fornecimento de 2.500 (duas mil e quinhentas) refeições diárias. A destinação da água captada será para atividades diárias como lavagem externa e interna do refeitório ou qualquer outra atividade que não precise de um processo de tratamento avançado, possuindo uma demanda a ser substituída equivalente a 73,9 m³.

Diante do processo de dimensionamento, para uma edificação que não possui gastos financeiros com o abastecimento de água devido ao seu abastecimento próprio, não é viável a instalação de um sistema de captação do ponto de vista econômico. No entanto, tratando-se de uma Universidade Federal a implantação do sistema contribui para execução de boas práticas sustentáveis entre a comunidade acadêmica, visto que o consumo diário é elevado. Dessa forma, se torna, do ponto de vista ecológico, uma prática viável para racionalização dos recursos hídricos.

A fim de preservar o meio ambiente e contribuir com a manutenção dos recursos naturais para que as gerações futuras possam usufruir com qualidade, constata-se a necessidade de implementação de métodos viáveis na comunidade. Em direção ao futuro, pesquisas e soluções dinâmicas devem atingir a todos a fim de contribuir com a sustentabilidade.

7 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para o abastecimento público. 1994

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: “Água de Chuva: Aproveitamento de áreas urbanas para fins não potáveis — Requisitos”. Rio de Janeiro, 2007.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the Southern. Evidence for Paleoproterozoic Collision and Collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, 90(1): 29-58, 1998.

ALPINO, T. M. A; FREITAS, C. M. de; COSTA, A. M. Seca como um desastre. *Ciência & Trópico*, v. 38, n. 2, p. 1-26, 2014.

ALVIM, A. E. UFLA é Azul: 2ª universidade do mundo com o certificado Blue University em reconhecimento pela gestão das águas. Lavras, 2006. Disponível em: < <https://ufla.br/arquivo-de-noticias/9500-ufla-e-azul-2a-universidade-do-mundo-com-o-certificado-blue-university-em-reconhecimento-pela-gestao-das-aguas> >. Acesso em setembro de 2022.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. “Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil”, in *Cadernos de Recursos Hídricos*. Brasília, DF, 2005.

BARBASSA, A. P.; GAROTTI, L. M. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. São Carlos, 2010.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Rio de Janeiro, 10 jul. 1934. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho1934-498122-norma-actualizada-pe.html>>. Acesso em 15 de maio 2022.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial no 1, de 09 de março de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 mar. 2005. Seção 1, p. 41

BURITI, C.O; AGUIAR, J.O. Secas, migrações e representações do semiárido na literatura regional: por uma história ambiental dos sertões do nordeste brasileiro. *Revista Textos & Debates*, vol. 1(15), p.p.7-31, 2008.

CASTRO, J. M. G. Pluviosidade e Movimentos de Massa nas Encostas De Ouro Preto. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Ouro Preto, 2006.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Reuso de água. s/a. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>>. Acesso em julho de 2022.

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. *Revista USP*, (106), 45-58, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/110102/108685>>. Acesso em 1 de outubro de 2022.

Diário Oficial do Estado. Lei nº 13.460 de 10 de dezembro de 2015. Institui o Programa Estadual de Inclusão Socioprodutiva Vida Melhor e dá outras providências. Bahia, 11 dez. 2015.

FERNANDEZ, J. C.; GARRIDO, R. J. Economia dos Recursos Hídricos. 1ª Edição. Editora da Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2002. GHISI, E. Parameters Influencing the Sizing of Rainwater. *Water Resources Management*, v. 24, n. 10, p. 2381-2403, 2010.

FILTRO, Fortlev, 2022. Disponível em: <<https://www.fortlev.com.br/produtos/meio-ambiente/separador-de-folhas/>>. Acesso em: outubro de 2022.

FREITAS, A. Brasil perde 15% de superfície de água desde o começo dos anos 1990. CNN Brasil, 2021. Disponível em < <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-perde-15-de-superficie-de-agua-desde-o-comeco-dos-anos-1990/#:~:text=O%20Brasil%20possui%2012%25%20das,ocupam%2060%25%20do%20territ%C3%B3rio%20brasileiro>>. Acesso em novembro de 2022.

GOULD, J. Is Rainwater safe to drink? A review of recent findings. IN 9TH INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS. Pretrolina, Brazil. 1999.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Atlas de Saneamento. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm. Acesso em maio de 2022.

LAGADEC, L. R.; PIERRE PATRICE, P.; BRAUD, I.; CHAZELLE, B.; MOULIN, L.; DEHOTIN, J.; HAUCHARD, E.; BREIL, P. Description and evaluation of a surface runoff susceptibility mapping method. *Journal of Hydrology*, 2016.

LEAL, P. R. Estudo De Viabilidade Econômica Da Implantação Do Sistema De Aproveitamento De Águas Pluviais No Restaurante Universitário Da Ufersa Caraúbas. Caraúbas, 2019.

MARTINS, G. Proposta de um sistema inteligente de distribuição de água (Smart Water System) em um campus universitário. RIUFOP - Repositório Institucional da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021. 93. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/13774>. Acesso em outubro de 2022.

NETO, L. C. Gestão das águas no século XXI: uma questão de sobrevivência. São Paulo: Atlas, 2005.

OLIVEIRA, L. H. de, et al. **Projeto Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável** – Levantamento do estado da arte: Água. São Paulo: USP, 2007. Disponível em: <<http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br>> Acesso em maio de 2022.

REBOUÇAS, A. da C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. Bahia análise & dados salvador, v.13, n. especial, p 341-345, 2003.

SILVA, A. R.; BORJA, P. C. IV-152 - Aproveitamento de Água de Chuva no Brasil: Avanços e Limitações dos Aspectos Legais. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp. 2017

SILVA, L. D. B; GUIMARÃES A. J. A.; CARVALHO D. F. Notas de Aula. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%204%20parte%203.pdf>>. Acesso em outubro de 2022.

SUSTENTÁVEL, Sempre Sustentável, 2020. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/>>. Acesso em: outubro de 2022.

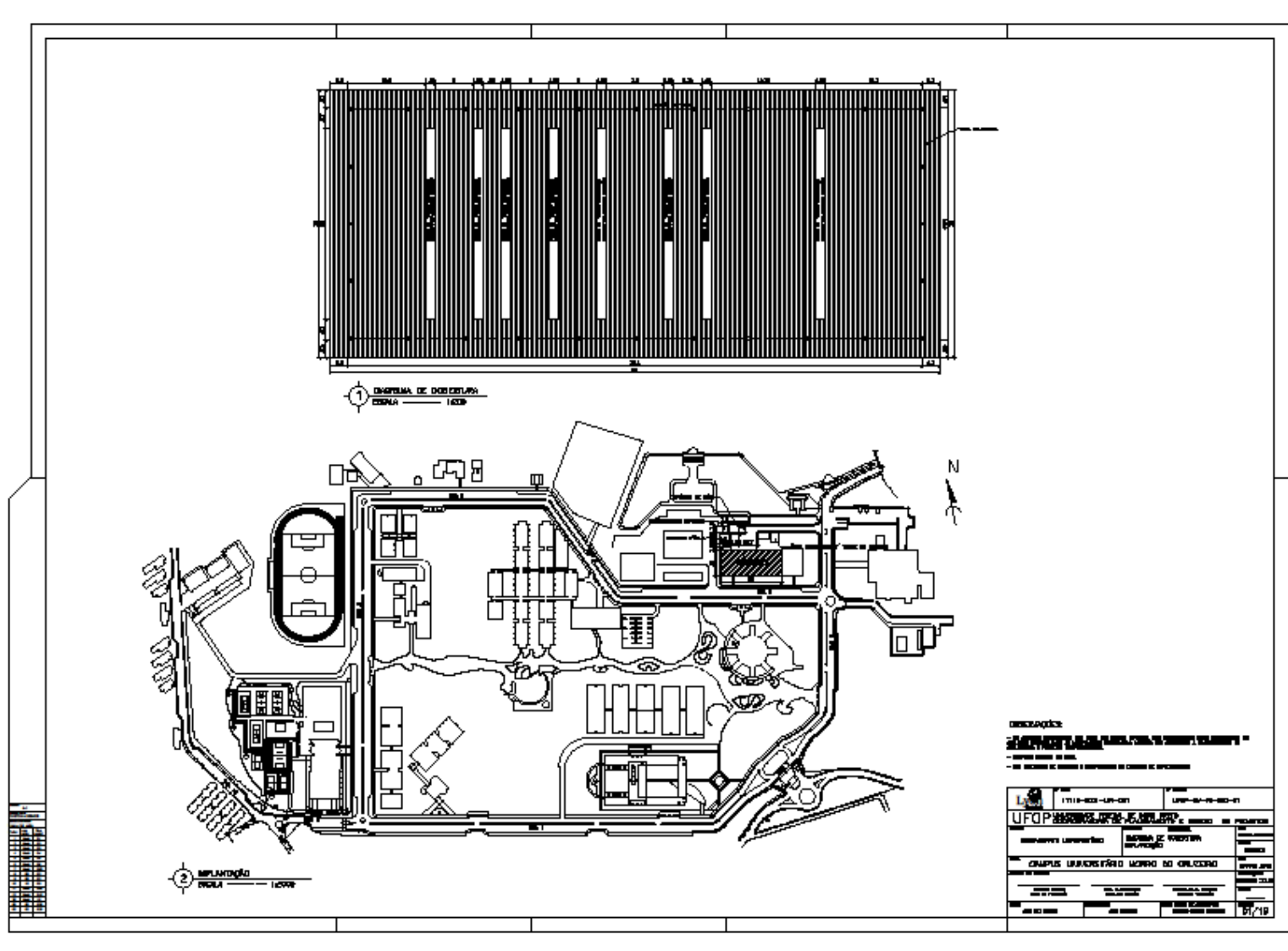
TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. Ed. Navegar, São Paulo, 2ª ed., 2005.

TOMAZ, P. Livro Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20>. Acesso em junho de 2022.

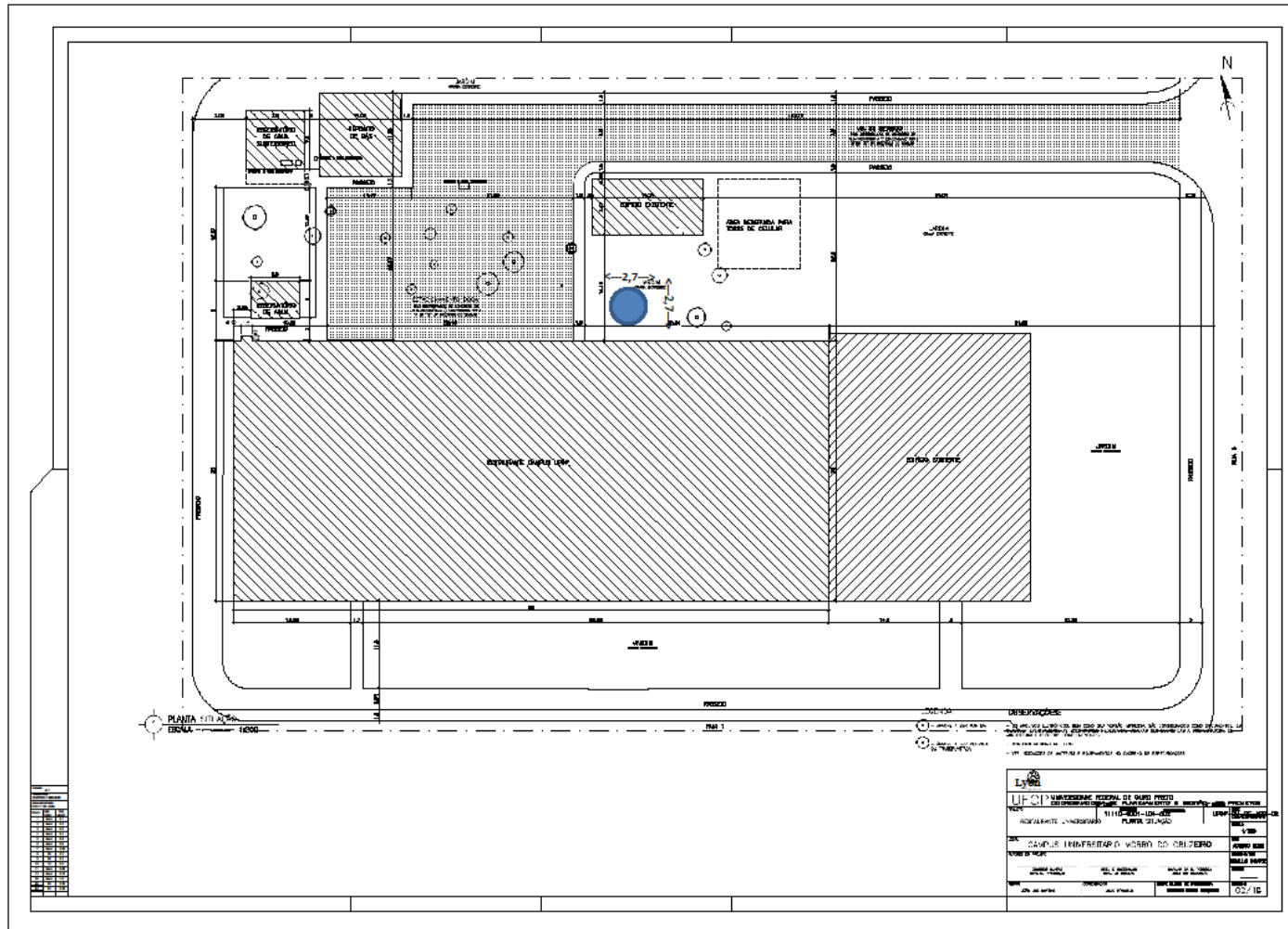
TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 3ª Edição. São Paulo, 2006.

UFOP., U. F. de O. P. Resolução CUNI no 1.610: Regime de funcionamento dos RUs. [S.l.]: Ministério da Educação, 2004.

ANEXO I – PLANTA DE SITUAÇÃO R.U



ANEXO II – PLANTA BAIXA R.U



APÊNDICE

Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação, considerando-se um volume de 20 m³

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Capt. (m ²)	Vol. Chuva mensal (m ³)	Vol. Reservat. Fixado (m ³)	Vol. Reservat. (t-1) (m ³)	Vol. Reservat. no tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abast. água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	20	0,0	20,0	598,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	20	20,0	20,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	20	20,0	20,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	20	20,0	20,0	114,9	0,0
Maio	38,09	73,9	2800,0	85,3	20	20,0	20,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	20	20,0	-19,9	0,0	19,9
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	20	0,0	-43,1	0,0	43,1
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	20	0,0	-21,1	0,0	21,1
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	20	0,0	20,0	43,2	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	20	20,0	20,0	185,1	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	20	20,0	20,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	20	20,0	20,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2823,4	84,2

Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação, considerando-se um volume de 30 m³

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área Captação (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Vol. Reservat. Fixado (m ³)	Vol. Reservat. (t-1) (m ³)	Vol. Reservat. tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abast. água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	30	0,0	30,0	588,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	30	30,0	30,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	30	30,0	30,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	30	30,0	30,0	114,9	0,0
Maio	38,09	73,9	2800,0	85,3	30	30,0	30,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	30	30,0	-9,9	0,0	9,9
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	30	0,0	-43,1	0,0	43,1
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	30	0,0	-21,1	0,0	21,1
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	30	0,0	30,0	33,2	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	30	30,0	30,0	185,1	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	30	30,0	30,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	30	30,0	30,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2803,4	74,2

**Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação,
considerando-se um volume de 40 m³**

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Capt. (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Vol. Reservat Fixado (m ³)	Vol. Reservat(t-1) (m ³)	Vol. Reservat tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abast água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	40	0,0	40,0	578,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	40	40,0	40,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	40	40,0	40,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	40	40,0	40,0	114,9	0,0
Mai	38,09	73,9	2800,0	85,3	40	40,0	40,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	40	40,0	0,1	0,0	0,0
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	40	0,1	-43,0	0,0	43,0
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	40	0,0	-21,1	0,0	21,1
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	40	0,0	40,0	23,2	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	40	40,0	40,0	185,1	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	40	40,0	40,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	40	40,0	40,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2783,4	64,2

**Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação,
considerando-se um volume de 50 m³**

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área Capt (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Vol. Reservat Fixado (m ³)	Vol. Reservatório (t-1) (m ³)	Vol. Reservat tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abast. água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	50	0,0	50,0	568,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	50	50,0	50,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	50	50,0	50,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	50	50,0	50,0	114,9	0,0
Mai	38,09	73,9	2800,0	85,3	50	50,0	50,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	50	50,0	10,1	0,0	0,0
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	50	10,1	-33,0	0,0	33,0
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	50	0,0	-21,1	0,0	21,1
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	50	0,0	50,0	13,2	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	50	50,0	50,0	185,1	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	50	50,0	50,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	50	50,0	50,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2763,4	54,2

**Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação,
considerando-se um volume de 60 m³**

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Capt. (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Vol. Reservat. Fixado (m ³)	Vol. Reservat. (t-1) (m ³)	Vol. Reservat. tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abastecimento de água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	60	0,0	60,0	558,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	60	60,0	60,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	60	60,0	60,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	60	60,0	60,0	114,9	0,0
Mai	38,09	73,9	2800,0	85,3	60	60,0	60,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	60	60,0	20,1	0,0	0,0
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	60	20,1	-23,0	0,0	23,0
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	60	0,0	-21,1	0,0	21,1
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	60	0,0	60,0	3,2	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	60	60,0	60,0	185,1	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	60	60,0	60,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	60	60,0	60,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2743,4	44,2

**Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação,
considerando-se um volume de 70 m³**

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Capt. (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Vol. Reservat. Fixado (m ³)	Vol. Reservat. (t-1) (m ³)	Vol. Reservat. tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abastecimento de água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	70	0,0	70,0	548,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	70	70,0	70,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	70	70,0	70,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	70	70,0	70,0	114,9	0,0
Mai	38,09	73,9	2800,0	85,3	70	70,0	70,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	70	70,0	30,1	0,0	0,0
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	70	30,1	-13,0	0,0	13,0
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	70	0,0	-21,1	0,0	21,1
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	70	0,0	63,2	0,0	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	70	63,2	70,0	178,3	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	70	70,0	70,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	70	70,0	70,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2723,4	34,2

**Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação,
considerando-se um volume de 80 m³**

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Capt. (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Vol. Reservat. Fixado (m ³)	Vol. Reservat. (t-1) (m ³)	Vol. Reservat. tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abastecimento de água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	80	0,0	80,0	538,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	80	80,0	80,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	80	80,0	80,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	80	80,0	80,0	114,9	0,0
Mai	38,09	73,9	2800,0	85,3	80	80,0	80,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	80	80,0	40,1	0,0	0,0
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	80	40,1	-3,0	0,0	3,0
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	80	0,0	-21,1	0,0	21,1
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	80	0,0	63,2	0,0	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	80	63,2	80,0	168,3	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	80	80,0	80,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	80	80,0	80,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2703,4	24,2

**Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação,
considerando-se um volume de 90 m³**

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área Capt. (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Vol. Reservat. Fixado (m ³)	Vol. Reservat. (t-1) (m ³)	Vol. Reservat. tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abastecimento de água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	90	0,0	90,0	528,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	90	90,0	90,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	90	90,0	90,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	90	90,0	90,0	114,9	0,0
Mai	38,09	73,9	2800,0	85,3	90	90,0	90,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	90	90,0	50,1	0,0	0,0
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	90	50,1	7,0	0,0	0,0
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	90	7,0	-14,2	0,0	14,2
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	90	0,0	63,2	0,0	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	90	63,2	90,0	158,3	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	90	90,0	90,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	90	90,0	90,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2683,4	14,2

**Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação,
considerando-se um volume de 100 m³**

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área Capt. (m ²)	Vol. Chuva Mensal (m ³)	Vol. Reservat. Fixado (m ³)	Vol. Reservat. (t-1) (m ³)	Vol. Reservat. tempo (t) (m ³)	Extrav.	Abastecimento de água externo (m ³)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Janeiro	309,03	73,9	2800,0	692,2	100	0,0	100,0	518,3	0,0
Fevereiro	166,51	73,9	2800,0	373,0	100	100,0	100,0	299,0	0,0
Março	211,49	73,9	2800,0	473,7	100	100,0	100,0	399,8	0,0
Abril	84,3	73,9	2800,0	188,8	100	100,0	100,0	114,9	0,0
Mai	38,09	73,9	2800,0	85,3	100	100,0	100,0	11,4	0,0
Junho	15,19	73,9	2800,0	34,0	100	100,0	60,1	0,0	0,0
Julho	13,77	73,9	2800,0	30,8	100	60,1	17,0	0,0	0,0
Agosto	23,57	73,9	2800,0	52,8	100	17,0	-4,2	0,0	4,2
Setembro	61,22	73,9	2800,0	137,1	100	0,0	63,2	0,0	0,0
Outubro	115,63	73,9	2800,0	259,0	100	63,2	100,0	148,3	0,0
Novembro	242,2	73,9	2800,0	542,5	100	100,0	100,0	468,6	0,0
Dezembro	346,9	73,9	2800,0	777,1	100	100,0	100,0	703,1	0,0
Total	1627,9			3646,5				2663,4	4,2