



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Ludmilla Kellen Ferreira Damasceno

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM UMA REPÚBLICA DA
CIDADE DE OURO PRETO**

Ouro Preto

2024

Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica para Captação de Água da Chuva em
uma República de Ouro Preto

Ludmilla Kellen Ferreira Damasceno

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

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientadora: Prof. Dra. Ana Letícia Pilz de Castro

Ouro Preto

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

D155e Damasceno, Ludmilla Kellen Ferreira.

Estudo da viabilidade técnica e econômica para captação de água da chuva em uma república de Ouro Preto. [manuscrito] / Ludmilla Kellen Ferreira Damasceno. - 2024.

51 f.: il.: color., gráf., tab..

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. Águas pluviais. 3. Análise dimensional - Azevedo Neto, Método. I. DE CASTRO, ANA LETÍCIA PILZ. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624

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



FOLHA DE APROVAÇÃO

Ludmilla Kellen Ferreira Damasceno

Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica para Captação de Água da Chuva em uma República 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 23 de fevereiro de 2024.

Membros da banca

[Dra.] - Ana Letícia Pilz de Castro - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Dr.] - Múcio André dos Santos Alves Mendes - (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Me.] - Maria Luíza 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 28/02/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Letícia Pilz de Castro, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/02/2024, às 14:46, 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 **0675277** e o código CRC **25B9B8E2**.

*“O valor das coisas não está no tempo que elas duram,
Mas na intensidade com que acontecem.
Por isso existem momentos inesquecíveis,
Coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.*
(Fernando Pessoa)

AGRADECIMENTOS

Sou grata aos meus pais, Renato e Raquel, pelo apoio e amor incondicional, desde os primeiros passos desse percurso até os dias de hoje. Ao meu irmão, Arthur, companheiro para todos os momentos, concluindo essa etapa estando pertinho de mim. Às famílias Ferreira e Damasceno, pelo amor compartilhado e transmissão de boas energias durante toda essa jornada. Às minhas avós, pelo cuidado, rezando pelo meu bem estar e sucesso.

À UFOP e à Escola de Minas pelo ensino gratuito de qualidade. À minha orientadora, Dra. Ana Letícia Pilz de Castro, pela dedicação e paciência durante a elaboração e conclusão desse trabalho.

À ARROP por me mostrar a importância de uma vertente social, à Civil Jr pela construção de um espírito empreendedor, à AG pela experiência incrível. E, finalmente, a minha república, Caso Sérico, que me escolheu e foi símbolo de fraternidade em todos os momentos da minha trajetória. “Brindo à casa, brindo à vida, brindo às minhas irmãs queridas”.

RESUMO

A água é um dos bens mais preciosos para a existência do ser humano no planeta. De toda a água do mundo, menos de 3% é doce e apenas 1% é de fácil acesso e está disponível para utilização. Devido ao consumo excessivo de água na cidade de Ouro Preto, e ao início da cobrança de água recém instaurado pela concessionária Saneouro, é necessária uma nova alternativa para diminuir o consumo de água na região, como o aproveitamento de águas pluviais. A captação de água da chuva é uma técnica milenar, que a cada dia tem se tornado mais comum devido à usabilidade em várias atividades domésticas que não necessitam água potável, como lavagem de bacia sanitária e roupas. O objetivo desse trabalho foi dimensionar um reservatório de água da chuva e analisar a viabilidade de instalá-lo em uma república de Ouro Preto, visando reduzir os gastos e atingir uma solução sustentável. Na metodologia são abordados e explicados os métodos de dimensionamento sugeridos pela NBR15.527, assim como o caráter quantitativo a ser estudado do consumo de água. Os resultados, utilizando o método Azevedo Neto, apontam para um reservatório de 60 m³, que foi descartado por indisponibilidade de espaço. O que foi adotado foram 3 unidades de 10 m³, totalizando uma reserva de 30 m³, suficiente para abastecer a república estudada por pelo menos 6 meses. Ademais, foi estimado que o tempo de retorno do investimento total seria de pouco mais de 4 anos.

Palavras-chaves: Captação de água da pluvial; aproveitamento de água da chuva; dimensionamento método Azevedo Neto.

ABSTRACT

Water is one of the most precious assets for human existence on the planet. Of all the water in the world, less than 3% is fresh, and only 1% is readily accessible and available for use. Due to excessive water consumption in the city of Ouro Preto, coupled with the recent initiation of water charges by the concessionaire Saneouro, a new alternative is necessary to reduce water consumption in the region, such as rainwater harvesting. Rainwater harvesting is an ancient technique that has become increasingly common due to its usability in various domestic activities that do not require potable water, such as toilet and clothes washing. The objective of this study is to size a rainwater reservoir and analyze the feasibility of installing it in a student residence in Ouro Preto, aiming to reduce expenses and achieve a sustainable solution. The methodology covers and explains the sizing methods suggested by NBR15.527, as well as the quantitative nature to be studied regarding water consumption. The results using the Azevedo Neto method indicate a reservoir of 60 m³, which was discarded due to space unavailability, and a 3 units out of 10 m³ capacity was adopted, totaling a reserve of 30 m³, sufficient to supply the studied residence for at least 6 months. Additionally, it was estimated that the total investment payback period would be just over 4 years.

Keywords: Rainwater harvesting; rainwater utilization; Azevedo Neto method sizing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico do percentual do consumo de água potável por atividades domésticas pelos discentes de uma faculdade	15
Figura 2 – Esquematização de um sistema de aproveitamento de água da chuva e seus fluxos de água	20
Figura 3 – Etapas de um sistema de captação de águas.....	21
Figura 4 - Modelo de bomba e filtro a serem instalados no reservatório.....	22
Figura 5 – Precipitação média mensal em Ouro Preto	22
Figura 6 – Localização República Caso Sérió	27
Figura 7 – Planta baixa República Caso Sérió	28
Figura 8 – Planta baixa subsolo República Caso Sérió.....	29
Figura 9 – Fachada República Caso Sérió	29
Figura 10 – Planta baixa de telhado-República Caso Sérió	30
Figura 11 – Dimensões dos reservatórios Fortlev	39
Figura 12 – Planta de localização dos reservatórios no subsolo	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Gasto de água em atividades domésticas	16
Tabela 2 – Tarifas de água e esgoto em uma unidade residencial.....	18
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis	24
Tabela 4 – Média dos volumes de precipitação em Ouro Preto-MG em 10 anos (1999-2019).....	35
Tabela 5 – Consumo de água mensal em atividades que não necessitam água potável.....	36
Tabela 6 – Déficit e saldo do volume de água passível de ser captado	38
Tabela 7 – Consumo mensal num período de 6 meses.....	40
Tabela 8 – Orçamento de material e instalação de um sistema de captação de água da chuva.....	42

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AG	Andrade Gutierrez
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ARROP	Associação das Repúblicas Reunidas de Ouro Preto
EDC	Esgotamento Dinâmico com Coleta
EDT	Esgotamento Dinâmico com Coleta e Tratamento
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivos Específicos	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Utilização da água	15
2.2 Legislação e tarifas da Saneouro	16
2.2.1 Legislação	16
2.2.2 Tarifas	17
2.2 Aproveitamento de água da chuva	18
2.3 Mecanismos para a elaboração de um sistema de captação	19
2.4 Precipitação em Ouro Preto	22
2.5 Normas técnicas para aproveitamento de água da chuva	23
2.5.1 Parâmetros físico-químicos e biológicos	23
2.6 Métodos de dimensionamento de reservatório	24
3 METODOLOGIA	27
3.1 Área de estudo	27
3.2 Superfície de captação	30
3.3 Demanda e consumo	31
3.3.1 Volume a ser captado	31
3.3.2 Consumo por atividade	31
3.4 Dimensionamento do reservatório	32
3.5 Análise econômica e de consumo	33
4 RESULTADOS	34
4.1 Estimativa do volume de chuva para captação por mês	34
4.2 Volume de água em atividades que não necessitam de água potável	35
4.3 Dimensionamento do reservatório	36
	X

4.4 Análise da área de implantação	38
4.5 Análise do consumo real	40
4.6 Análise do gasto real	41
4.7 Estudo de viabilidade	42
6 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a existência da vida humana de maneiras incontáveis e vitais (SILVEIRA E JUNIOR, 2007). Desde o nascimento, o homem é dependente desse precioso recurso para a sobrevivência, de maneira que, não apenas constitui 70% do corpo humano, mas também desempenha um papel crucial em praticamente todas as funções fisiológicas, desde a digestão até a regulação da temperatura corporal.

Além disso, a água é fundamental para a produção de alimentos, a higiene pessoal, a agricultura e a indústria. Sem acesso adequado à água potável a população deve enfrentar desafios significativos de saúde e bem-estar. Dessa forma, a preservação e a gestão responsável desse recurso são imperativas para garantir não apenas a sobrevivência, mas também a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável da humanidade.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020), cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta está em território brasileiro. Essa disponibilidade, atrelada a fatores sociais e culturais influencia o aumento do consumo de água pelo brasileiro em relação ao necessário para a sobrevivência. A média recomendada pela ONU (Organização das Nações Unidas, 2020) é de 110 litros de água por dia, sendo o consumo no Brasil, por habitante, 200 litros por dia por pessoa.

Em paralelo a isso, é possível fazer uma comparação com a cidade de Ouro Preto. Desde a fundação da cidade, em 1711, a população nunca recebeu cobranças pelo uso de água, pagava-se apenas uma taxa fixa de serviço, o que contribuía para um maior gasto de água. Atualmente, a cidade conta com a presença da companhia Saneouro, responsável pelo abastecimento e tratamento de água da região. Em julho de 2022 iniciou-se a cobrança de água por consumo, entretanto, a empresa direcionava valores que chocaram a população e oferece tratamento de menos de 1% esgoto da cidade (CHADES, 2023), o que causou a indignação da população, que fez inúmeras manifestações para a retirada das taxas abusivas e tratamento adequado que abrangesse toda a cidade e distritos.

Diante disso, é necessário criar novos hábitos para economizar água, contribuir para a preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, poupar dinheiro. Dentre

muitos, é possível citar a captação de água da chuva. A prática de coletar água da chuva já é comum em alguns países desenvolvidos, tanto para viés sustentável quanto para impedir inundações e alagamentos.

Seguindo as recomendações da norma NBR 15.527/2019: Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis a água coletada por esse método não é potável, portanto, seu uso é específico para algumas atividades, como: lavagem de carro e calçadas, descargas, irrigação. Essa deve ter armazenamento isolado da água tratada para consumo pois, apesar de usável, não possui condições de pureza para consumo.

Em Minas Gerais, o estádio Governador Magalhães Pinto, o Mineirão, conta com um sistema de captação de águas pluviais. Esse foi instalado durante a reforma realizada para a Copa do Mundo de 2014 com o objetivo reduzir o consumo de água potável e prevenir possíveis alagamentos que poderiam atingir a área do estádio. O reservatório dimensionado conta com a capacidade de armazenar 5.000 m³ de água e a utiliza para descargas dos sanitários e a irrigação do gramado, reduzindo os gastos de água potável a 30% do original (MINEIRÃO, 2023).

O aproveitamento da água da chuva possui uma lógica simples e de fácil compreensão. Consiste de um modelo de manejo da água precipitada, em que se empregam superfícies impermeáveis tais como telhados, lajes, calçadas, entre outras como superfícies de captação. Como barreira sanitária, há o descarte do primeiro fluxo de água (lavador do telhado), depois o armazenamento em reservatórios e posteriormente a distribuição (Velooso; Mendes, 2014, p. 230).

De acordo com Carvalho et al. (2020), a captação de água da chuva é identificada como uma estratégia econômica e sustentável voltada para o desenvolvimento das futuras gerações. O objetivo primordial desse processo é evitar o desperdício de uma fonte natural abundante no país, direcionando esforços para a conscientização da população quanto à importância da preservação e do uso responsável da água. Tal abordagem não apenas visa suprir demandas econômicas, mas também promover a sustentabilidade ambiental a longo prazo.

1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo realizar o dimensionamento e análise econômica para implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência na cidade de Ouro Preto-MG.

1.1.1 Objetivos Específicos

O objetivo geral se divide em:

- Analisar a viabilidade de coleta e armazenamento de água;
- Avaliar a economia financeira e
- Estimar a redução de consumo de água potável na residência.

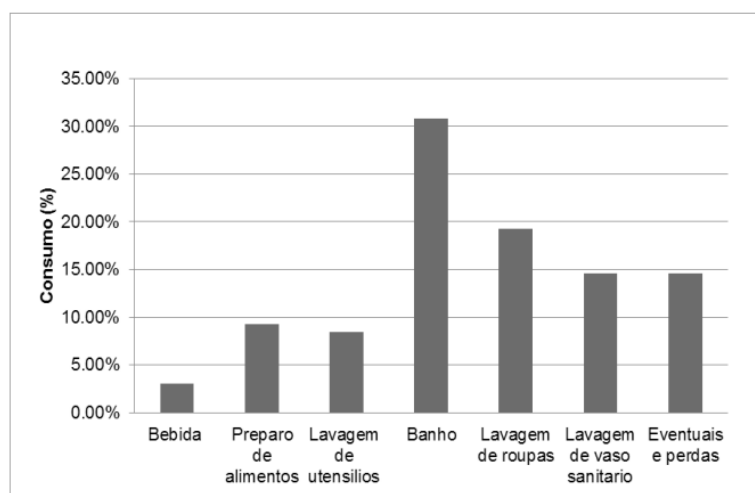
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Utilização da água

O mundo tem cerca de 2/3 de sua superfície coberta por água, dessa fração apenas 2,5% é de água doce e menos de 1% está disponível para consumo (Organização Mundial da Saúde, 2006). Dessa porcentagem disponível para consumo, o Brasil possui cerca de 12% em seu território. (Augusto, Gurgel, 2012).

Dentro de uma residência, o consumo diário é distribuído em lavagem de roupa e louças, ingerida, banho, descarga, limpeza. A Figura 1 representa a porcentagem estimada de água utilizada em certas atividades domiciliares por alguns estudantes da pós-graduação em Educação Ambiental do município de Afuá, no Pará.

Figura 1 – Gráfico do percentual do consumo de água potável por atividades domésticas pelos discentes de uma faculdade



Fonte: Elaborado pela autora (dados: Sabesp).

Algumas atividades domésticas não necessitam de uso de água potável. Dentre elas é possível citar lavagem de roupas, carro e calçadas e descargas. Na Tabela 1 é possível visualizar a litragem gasta em cada atividade:

Tabela 1 – Gasto de água em atividades domésticas

Descarga	12L
Lavagem de carro (30 min)	20 a 300L
Lavagem de calçada (15 min)	279L
Lavagem de roupas (10kg)	Até 135L

Fonte: Elaborado pela autora (dados: Sabesp).

2.2 Legislação e tarifas da Saneouro

Em um contexto municipal em que a Saneouro é responsável pelo abastecimento e tratamento de água é válido ressaltar alguns pontos.

2.2.1 Legislação

Uma concessão é caracterizada por um contrato administrativo em que o poder público concede a uma companhia a exploração de certo serviço ou obra pública. O acordo entre a Prefeitura Municipal de Ouro Preto e a Saneouro consiste na prestação de serviços de abastecimento e tratamento de água e esgoto pela contratada.

Para que a parceria público-privada se perpetue pelo tempo completo acordado é necessário que a companhia contratada esteja em conformidade com diversas leis federais e municipais. Dentro do contrato assinado destacam-se algumas relacionadas diretamente com os serviços prestados pela Saneouro:

- A Lei Federal nº 8.987/95 regulamenta o regime de concessão que são previstos no artigo 175 da Constituição Federal;
- A Lei Federal nº 9.074/95 dá diretrizes sobre o processo de privatização de empresas públicas e a transferência de controle acionário;
- A Lei Federal nº 8.666/93 é conhecida como a Lei de Licitação de Contratos, que estabelece normas gerais das licitações de administração pública;
- A Lei Federal nº 11.445/07 estabelece parâmetros e diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil;

- A Lei Municipal nº 934/14 dispõe sobre a política municipal de saneamento, assim como cria um fundo para esse serviço (Prefeitura Municipal de Ouro Preto, 2014) e
- A Lei Municipal nº 1.126/18 implementa a tarifa social como direito para cidadãos em situação de vulnerabilidade (Prefeitura Municipal de Ouro Preto, 2018).

Outro que é necessário ser respeitado é a Política Nacional de Recursos Hídricos de 1990, que se baseia nos seguintes fundamentos (Planalto Nacional, 2010):

- A água é um bem de domínio público;
- A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- A gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso de múltiplas águas;
- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e
- A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Os pontos frisados nesse documento devem ser seguidos pois fundamentam a utilização da água no Brasil.

2.2.2 Tarifas

A empresa Saneouro é responsável pelo abastecimento de água em Ouro Preto, assim como tratamento de água. Entre suas atribuições, desde concluída a licitação, estão: instalação de hidrômetros para todas os estabelecimentos residenciais e comerciais, reajuste de tarifas fixas e variáveis de água e ampliação dos serviços de tratamento de esgoto. Na Tabela 2 estão descritos os valores referentes ao consumo de uma residência:

Tabela 2 – Tarifas de água e esgoto em uma unidade residencial

Categoria	Faixas	Água	EDC	EDT	Unidade
Residencial	Fixa	21,971	8,295	20,844	R\$/Mês
	0 a 10 m ³	1,789	0,674	1,700	R\$/m ³
	10 a 15 m ³	4,909	1,853	4,659	R\$/m ³
	15 a 20 m ³	10,644	3,994	10,111	R\$/m ³
	20 a 40 m ³	12,215	4,536	11,622	R\$/m ³
	> 40 m ³	19,627	7,340	18,655	R\$/m ³

Fonte: Saneouro, 2024.

Legenda:

Tarifa EDC: Esgotamento Dinâmico com Coleta - em caso de coleta e afastamento do esgoto e ausência de tratamento;

Tarifa EDT: Esgotamento Dinâmico com Coleta e Tratamento - em caso de efetivo tratamento do esgoto coletado.

O valor da conta é composto por duas cobranças: água e esgoto. Ao analisar a tabela é possível constatar que a cobrança é feita de maneira que, a cobrança fixa prevalece, e a cada metro cúbico de água gasto o valor é acrescido à tarifa base. Conforme o consumo aumenta, a tarifa também aumenta. O faturamento de água e esgoto são calculados separadamente.

A Saneouro (2014) conta com cinco estações de tratamento e capacidade de produção de 244 litros por segundo. Atualmente, a rede de esgoto de Ouro Preto possui 522,3km de extensão, são coletados efluentes domésticos de 64% da população e conta com tratamento de apenas 0,7% de todo esgoto sanitário captado.

2.3 Aproveitamento de água da chuva

Os primeiros registros de uso da água da chuva para suprir demandas e atividades corriqueiras antecede 3.000 a.C. Nas regiões do Egito, Grécia, Itália, Índia, Turquia, México e o deserto de Negev em Israel foram encontradas estruturas para armazenamento de águas pluviais que evidenciam a prática na ancestralidade (Krishna, Philips, Pope, 2002).

A utilização da água da chuva para determinados fins se tornou uma alternativa para os países que não possuem abundância de reservas, a exemplo da Austrália. O

uso nesses locais é majoritariamente doméstico e consiste na captação para suprir algumas das necessidades básicas diárias.

Em países desenvolvidos, como o Reino Unido, têm-se o mecanismo como alternativa para controle e direcionamento de enchentes. São utilizados reservatórios para reter parte do volume pluviométrico e impedir a sobrecarga dos sistemas urbanos de drenagem, de forma que o volume retido é liberado gradativamente posterior à enxurrada (Tucci, 2001).

A redução de consumo hídrico proveniente das redes de esgoto impacta positivamente a preservação da biodiversidade aquática, de forma a aliviar a pressão sobre os rios e lagos locais (Gleick, 2003).

Sendo a superfície de captação de água um telhado, é necessário o descarte de apenas um pequeno volume inicial para excretar as substâncias alojadas, em média 2 milímetros (Veloso; Mendes, 2014). A captação de água da chuva através do telhado residencial é uma prática conveniente e eficaz. A água é conduzida ao longo do telhado até as calhas, que a direcionam para os tubos verticais, que facilitam o escoamento para um reservatório: caixa d'água ou cisterna. (Fernandes, Medeiros Neto, Mattos, 2007).

2.4 Mecanismos para a elaboração de um sistema de captação

De uma forma geral, são necessários três componentes essenciais para compor um sistema de captação de água (Dornelles, 2012):

- Superfície de captação: na maior parte das vezes são utilizados telhados, desde que seu material seja seguro para escoamento. Ex.: telhas de amianto não são recomendadas;
- Calhas e tubulações: artifícios de direcionamento da água para o reservatório e para as dependências a serem beneficiadas;
- Reservatório: podem ser utilizados caixas d'água ou cisternas para armazenamento da água captada (EPA, 2012).

Alguns desses componentes podem ser observados na esquematização de um sistema de captação na Figura 2:

Figura 2 – Esquematização de um sistema de aproveitamento de água da chuva e seus fluxos de água



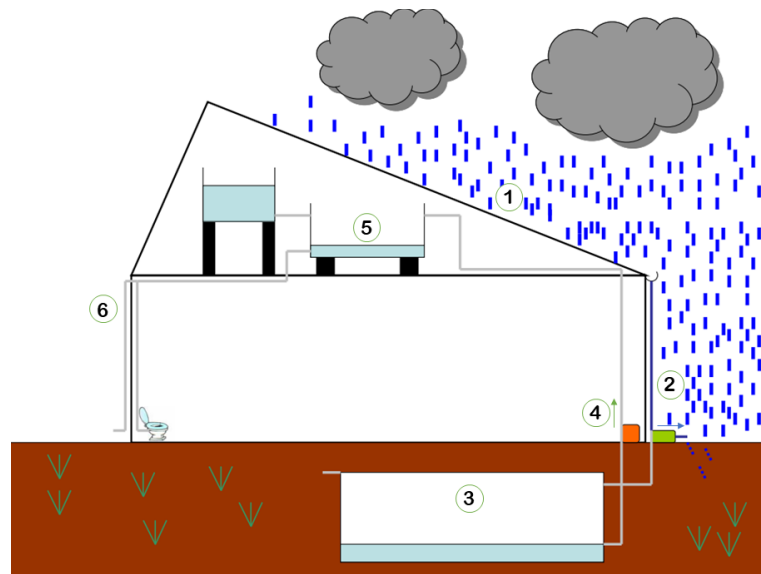
Fonte: Cheng (2000) apud May (2004).

As etapas da coleta e aproveitamento da água da chuva podem ser subdivididas em:

1. Coleta: A área de superfície, muitas vezes o telhado, capta a água proveniente da chuva;
2. Desvio: Tubo que reserva e conseqüentemente desvia os primeiros milímetros de água coletada;
3. Armazenamento: O reservatório é abastecido com a água captada;
4. Bombeamento: A água é bombeada para a caixa d'água de distribuição;
5. Distribuição;
6. Consumo.

Na Figura 3 é possível visualizar os processos descritos anteriormente:

Figura 3 – Etapas de um sistema de captação de águas



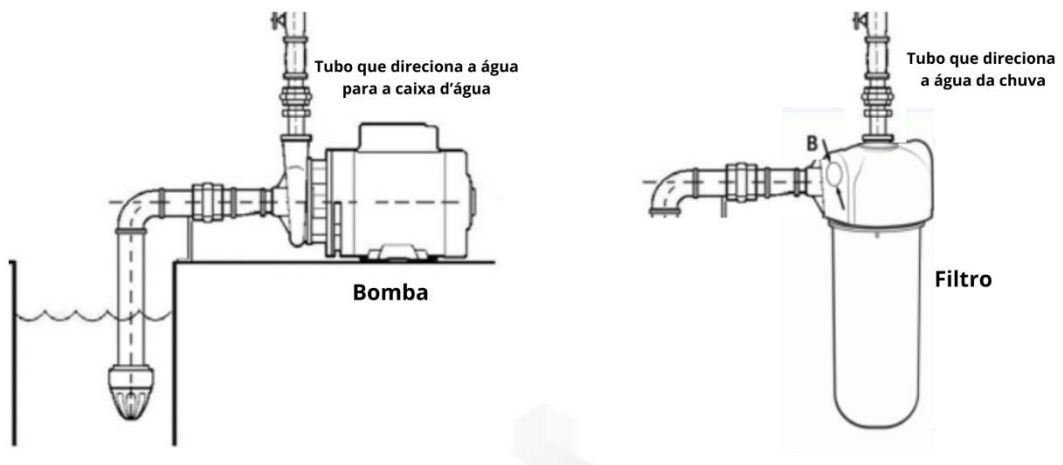
Fonte: adaptado de Fonseca, 2020.

Alguns elementos podem ser citados como complementares ao sistema para melhor eficácia:

- Filtro: Barreira física que impede a passagem de materiais de alta granulometria cheguem ao reservatório;
- Extravasador: Tem a função de limitar a quantidade de água, escoando o excedente para fora do reservatório e
- Conexão com a reserva de água potável: Caso a demanda de água da chuva não seja suficiente para suprir o consumo de água do local analisado, é utilizada a água encanada para compensação.

Assim, é possível visualizar o detalhamento de instalação desses elementos na Figura 4:

Figura 4 - Modelo de bomba e filtro a serem instalados no reservatório

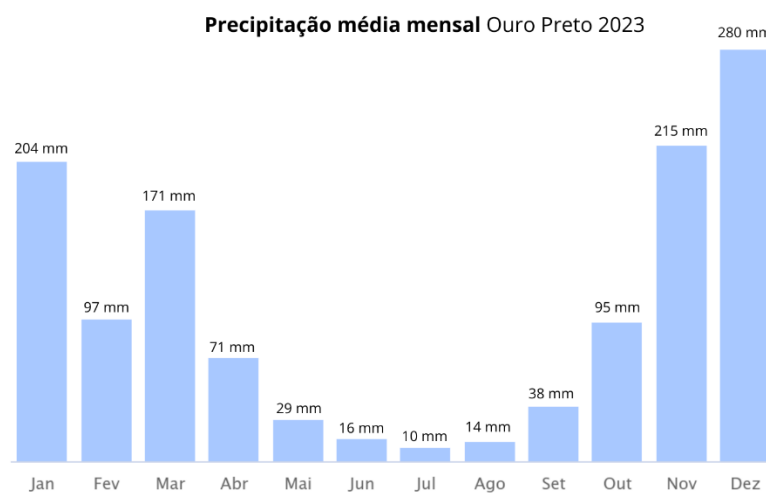


Fonte: adaptado de IntechMachine, 2022.

2.5 Precipitação em Ouro Preto

Ouro Preto é uma cidade de clima tropical com alta pluviosidade, média de 1804mm/ano, com as chuvas concentradas na primavera e verão (Climatedata, 2020), período de setembro a março. A precipitação média mensal de 2023 pode ser observada na Figura 5:

Figura 5 – Precipitação média mensal em Ouro Preto



Fonte: MeteoBlue, 2023.

Os meses de dezembro e janeiro em Ouro Preto se classificam como meses de alta pluviosidade, tendo períodos longos e torrenciais de chuva durante o dia.

2.6 Normas técnicas para aproveitamento de água da chuva

A utilização de águas pluviais visa promover práticas sustentáveis de gestão urbana para preservar o meio ambiente e a saúde da sociedade. Em contrapartida, existem estudos que alertam para a contaminação da água da chuva devido ao contato com as superfícies de captação. Apesar disso, a garantia de segurança do abastecimento de água por meio da captação de água de chuva implica considerar diferentes níveis de risco aceitáveis, levando em conta fatores socioeconômicos e a qualidade das fontes de água (Fonseca, 2012).

Em 2007 entrou em vigor a NBR 15.527: Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis. Essa norma especifica parâmetros e análises para que a água da chuva coletada possa ser utilizada com segurança. Apesar de já existirem projetos executados antes da existência da norma, essa fornece as metodologias para que um sistema de captação seja realizado de forma ideal (ABNT, 2007).

Alguns conceitos importantes estabelecidos pela norma são:

- Água da chuva: água precipitada onde não há circulação de pessoas, veículos ou animais; cobertura ou áreas de telhado;
- Água não potável: água que não atende à Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que define os parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos que devem ser seguidos para garantir a qualidade da água para consumo humano (Portaria GM/MS N°888 de 4 de Maio de 2021);
- Coeficiente de escoamento superficial: representa a relação do volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado; varia conforme a superfície;
- Escoamento inicial: primeira água em contato com a superfície de coleta, carrega poeira, fuligem, folhas e detritos.

2.6.1 Parâmetros físico-químicos e biológicos

Coliformes totais são micro-organismos que podem fazer parte da flora intestinal do ser humano e de outros animais responsáveis pela fermentação da

lactose e produção de gás (INFARMA, 2004). Podem ocasionar em desinterias e infecções urinárias (JAWETZ, 2000; SILVA, 2001).

Em relação à Turbidez, esse parâmetro define a proporção de partículas orgânicas e inorgânicas em suspensão na água. Sua análise é feita com base no espalhamento de um feixe de luz passado pela amostra.

Já o Potencial hidrogeniônico (pH) corresponde a uma escala logarítmica desenvolvida pelo dinamarquês Soren P. L. Sorensen como forma de mensurar a acidez de uma solução. O parâmetro consiste em uma escala numérica que vai de 0 a 14. Assim como é possível visualizar na Tabela 3:

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis

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

Fonte: (ABNT NBR 15575-1:2013)

2.7 Métodos de dimensionamento de reservatório

A NBR 15527 sugere alguns meios de dimensionar um reservatório de maneira adequada. Cada método possui suas particularidades, assim como vantagens e limitações, portanto o dimensionamento deve ser adaptado às características específicas de cada região, considerando as variações dos dados pluviométricos e os objetivos específicos do sistema a ser implementado (Amorim e Pereira, 2008).

a) Método de Rippl

Nesse método são utilizados dados mensais ou diários para o dimensionamento. Inicialmente era usado em dimensionamento de grandes reservatórios, por isso tende a uma superestimativa de volume (Campos, 2019).

Os cálculos são feitos de forma que o volume de água de chuva que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo; a máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório (Mierzwa et al., 2007).

Os parâmetros utilizados são a área de captação, a precipitação, o tempo de consumo e o coeficiente de escoamento superficial (NBR 15.527/2004).

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

S(t): volume de água no reservatório no tempo t;

D(t): demanda ou consumo no tempo t;

Q(t): volume de chuva captada no tempo

b) Método da simulação

Consiste em dimensionar o reservatório pela metodologia de tentativa e erro. É fixado um volume de armazenamento e verifica-se qual porcentagem será atendida, de forma a analisar, também, caso o volume ultrapasse o limite imposto inicialmente – escape pelo ladrão (Werneck, 2006). A condição a ser obedecida é:

$$0 \leq S_{(t)} \leq V \quad (2)$$

Sendo V o volume fixado do reservatório e S(t) o volume do reservatório no tempo t (NBR15527/2007).

c) Método Azevedo Neto

Também conhecido como método prático brasileiro, o método Azevedo Neto muitas vezes é escolhido por sua praticidade. A equação utilizada considera três parâmetros específicos:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (3)$$

Em que P representa a precipitação anual em milímetros, A, a área de coleta a ser utilizada em metros quadrados e T, o número de meses secos ou com pouca chuva e V o volume em litros.

d) Método prático alemão

São parametrizados o volume precipitado no ano e a demanda de água da chuva:

$$V_{adotado} = \text{mín}(V; D) \times 0,06 \quad (4)$$

$V_{adotado}$: volume do reservatório (L);

V: volume aproveitável de chuva anualmente (L) e

D: demanda anual de água não potável (L),

Utiliza-se como aproveitável o menor valor do reservatório, % do valor anual (NBR 15.527/2007).

e) Método prático inglês

Os métodos práticos utilizam parâmetros similares que incluem a precipitação anual média (P) e a área de coleta em metros quadrados (A):

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (6)$$

f) Método prático australiano

Para o método prático australiano deve-se calcular o coeficiente de confiabilidade por tentativas até que esse obedeça ao critério de estar entre 90% e 99%, ou seja, a falha deve ser de no máximo 10%:

$$P_r = \frac{N_r}{N} \quad (7)$$

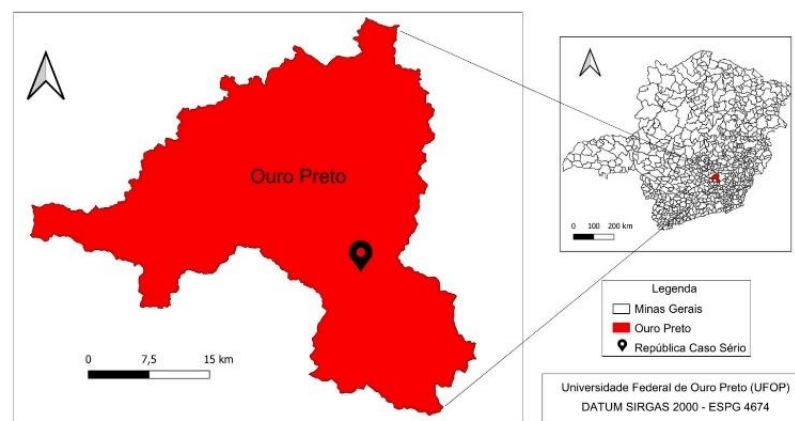
P_r representa a falha, N_r , o número de meses que não foi atendida a demanda exigida e N , o número de meses analisados geralmente é sugerido 12 (NBR15.527/2007).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O local em que o estudo de caso foi realizado se encontra na Rua Doutor João Veloso, no bairro Alto da Cruz no município de Ouro Preto, Minas Gerais. As coordenadas de referência são 20°23'20"S e 43°29'29"W e 1.098 m de altitude, georreferenciado na Figura 6:

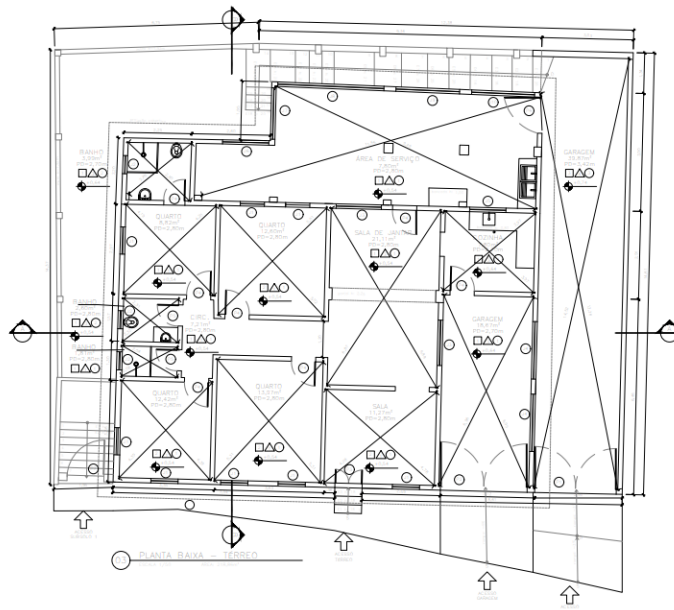
Figura 6 – Localização República Caso Sérió



Fonte: Elaborado por Maria Clara Líbero, 2024.

A residência é sede da República Caso Sérió, moradia estudantil. A casa é organizada em 4 quartos, sendo uma suíte, 1 banheiro, 1 lavabo, 1 vestiário, cozinha, sala de estar, sala de entrada, área externa e 2 garagens, sendo uma sem cobertura. A área total construída é de 160,14 m², como demonstrado na planta baixa do interior, representado pela Figura 7:

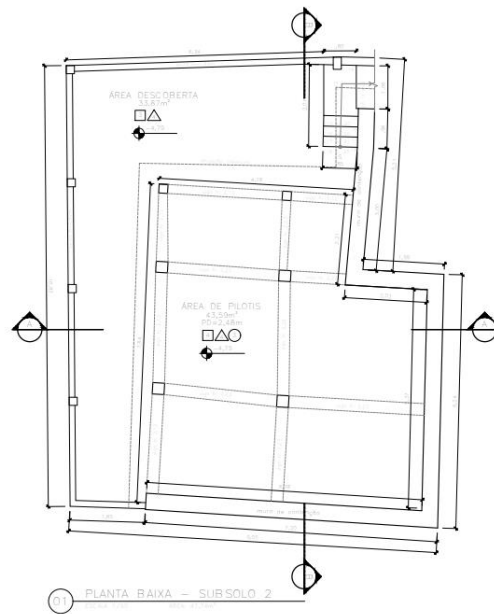
Figura 7 – Planta baixa República Caso Sérico



Fonte: Disponibilizado pela proprietária do imóvel.

A edificação é composta, também, por uma área no subsolo da residência de 77,46 m², dividida em área descoberta, em que o espaço é concretado, e área de pilotis, localizada abaixo da área construída e de base gramada. Representação na planta baixa a seguir, Figura 8:

Figura 8 – Planta baixa subsolo República Caso Sérico



Fonte: Disponibilizado pela proprietária do imóvel.

A fachada possui 16,83 m de comprimento e é possível visualizar a projeção do telhado na Figura 9:

Figura 9 – Fachada República Caso Sérico

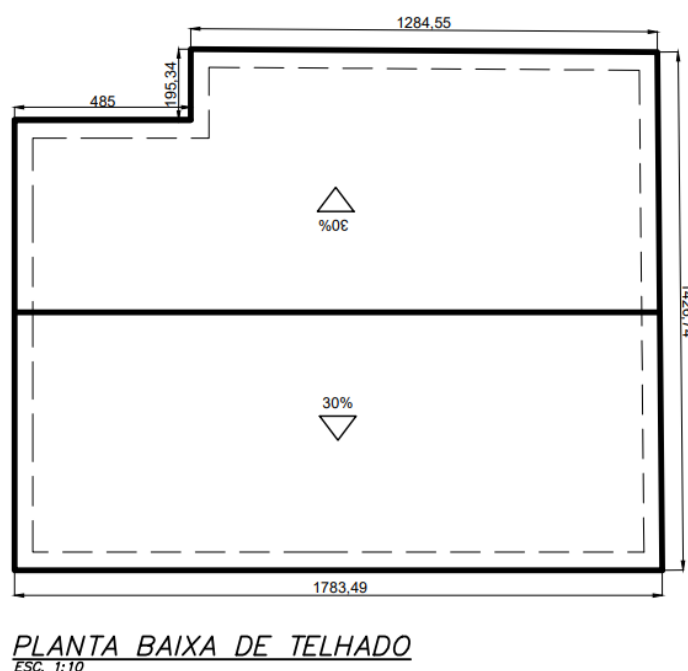


Fonte: Fotografado pela autora.

3.2 Superfície de captação

Utilizando a equação fornecida pela NBR 15.527 foi possível calcular a superfície do telhado da residência, de área igual a 254,64 m², constituído de telhas de cerâmica vermelhas, assim como a maior parte das residências na região, de duas águas e inclinação de 30%. A área foi calculada com auxílio do *software* AutoCAD. Na planta a seguir, Figura 10, é possível observar as características do telhado:

Figura 10 – Planta baixa de telhado-República Caso Sérico



Fonte: Elaborado pela autora (unidades em centímetros).

A água precipitada captada será direcionada pelas calhas já existentes ao reservatório proposto para armazenamento, a ser locado no subsolo da residência. A água será bombeada para uma caixa d'água de armazenamento de água não potável localizada no sótão de capacidade 5.000L, para que, só então, seja direcionada para os devidos fins.

Será necessário a instalação de uma bomba para encaminhamento da água para a caixa responsável pela distribuição e de grade para evitar a passagem de rejeitos, a servir como barreira física.

3.3 Demanda e consumo

Nesse tópico serão expostas as equações que foram utilizadas para o cálculo de todo volume a ser consumido e a ser captado.

3.3.1 Volume a ser captado

De acordo com a precipitação da região e a área da superfície de captação é possível estimar o volume disponível para ser coletado. As equações a serem utilizadas para obter os volumes procurados são:

$$V_d = V_p - (\text{dias chovidos} \times 2\text{mm}) \quad (7)$$

$$V_{dc} = \frac{V_d \times A}{1000} \quad (8)$$

V_p = Volume precipitado (mm)

V_d = Volume disponível para captação (mm)

V_{dc} = Volume a ser coletado considerando a superfície de coleta (m^3)

A = Área da superfície de coleta (m^2)

Na primeira equação o volume de água disponível para captação é calculado multiplicando o número de dias que choveram durante o mês por 2, quantidade de água da chuva indicada pela norma a ser descartada, e subtraindo do valor precipitado durante o mês.

Na segunda equação é possível calcular o volume a ser captado pela superfície analisada, em metros cúbicos.

3.3.2 Consumo por atividade

Grande parte das atividades domésticas precisam utilizar a água para sua realização. Devido à grande demanda, foram analisadas algumas situações em que o uso da água potável é preterido em relação à coletada da chuva. Para que seja

possível estimar a quantidade total de litros de água consumidos por atividade, tem-se:

$$V_{\text{n\~{a}o pot\~{a}vel}} = C \times f \quad (9)$$

$V_{\text{n\~{a}o pot\~{a}vel}}$ = Volume de água não potável (L)

C = Volume de água consumido por atividade (L)

f = Frequência em que a atividade é realizada (dia ou mês)

3.4 Dimensionamento do reservatório

O dimensionamento do reservatório é feito conforme a área de captação e o volume de precipitação da região. Esse armazenamento será feito em local seguro e separado da água potável da residência.

Para dimensionar adequadamente um reservatório para o armazenamento de água da chuva é necessário fazer uma análise das épocas chuvosas e de seca na região a ser implantada o sistema. O objetivo dessa análise é constatar por quanto tempo seria preciso coletar água e mantê-la armazenada de forma a suprir a demanda da residência analisada: dias, meses ou para o ano todo. (Amorim e Pereira, 2008)

Na NBR 15527 são expostos alguns métodos para realização do dimensionamento de forma adequada. O método escolhido é o de Azevedo Neto, definido no item 2.7.3, equação 3.

A escolha do método vem da praticidade e eficácia em determinar o necessário para atender as demandas do local analisado. Apesar de ser considerada uma abordagem confiável por vários estudos, o método tende a superdimensionar os reservatórios. Por isso, será feita uma análise quanto a disponibilidade e consumo mensal, assim como área disponível para implantação do reservatório.

É possível fazer, também, o cálculo dos milímetros a serem precipitados para atingir a capacidade total do reservatório:

$$V = A \times mm_{chovidos} \quad (10)$$

3.5 Análise econômica e de consumo

Segundo os estudos de Chades (2023) cidades que têm companhias particulares na concessão de água tem tarifas consideravelmente maiores dos serviços oferecidos com relação as públicas. Em suas análises constatou que a Saneouro não oferece bons níveis de saneamento para os valores cobrados da população, ademais a população deixou de pagar taxa única de manutenção para pagar valores exorbitantes.

Para esse estudo de caso foi feita uma comparação do gasto hídrico diário de uso potável e não potável, calculando, percentualmente, o quanto se economizaria de água relacionando a quantidade de pessoas que moram na residência e com a possível instalação do sistema. Foi calculada a porcentagem de água captada utilizada e subtraída do volume mensal gasto, obtendo-se o valor economizado.

Para realização das análises foram utilizadas as equações a seguir:

- Média:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (11)$$

\bar{x} = Média

$\sum x$ = Somatório dos indicadores

n= número de indicadores

- Fatura:

A equação 12 representa o valor da conta de água a ser simulado, em que a tarifa fixa de água e esgoto é somada à quantidade de metros cúbicos de água consumidos, multiplicados por cada faixa de consumo (Saneouro, 2024):

$$F_{total} = t_{fa} + (\sum C \times t_{ia}) + (t_{fe} + \sum C \times t_{ie}) \quad (12)$$

F_{total} = Fatura total da conta de água (reais)

t_{fa} = Tarifa fixa de água (reais)

t_{fe} = Tarifa fixa de esgoto (reais)

C = Volume consumido de água (m^3)

t_{ia} = Tarifa da faixa i de água (reais/ m^3)

t_{ie} = Tarifa da faixa i de esgoto (reais/ m^3)

- Recuperação do investimento

$$T_{recuperação} = \frac{I}{E_{mensal}} \quad (13)$$

$T_{recuperação}$ = Tempo de recuperação do investimento (meses)

E_{mensal} = Economia mensal (reais/ m^3)

I = Investimento (reais)

4 RESULTADOS

4.1 Estimativa do volume de chuva para captação por mês

Segundo a NBR15527/2007, é recomendado que a cada para cada dia de chuva sejam descartados os primeiros 2 milímetros de água. Essa recomendação vem do fato de o telhado estar exposto às sujidades e evitar a contaminação da água. Os primeiros litros servem para limpar a superfície, portanto devem ser desviados para

fora do reservatório. Classificando V_p como a média do volume precipitado em 10 anos, dias chuvados como a média de dias que choveram em 10 anos, V_d como o volume de precipitação disponível para a captação e V_{dc} , o volume a ser coletado considerando a superfície de coleta, tem-se a Tabela 4:

Tabela 4 – Média dos volumes de precipitação em Ouro Preto-MG em 10 anos (1999-2019)

Mês	V_p (mm)	Dias chuvados	V_d (mm)	V_{dc} (m ³)
Janeiro	288	14	260	66,206
Fevereiro	187	12	163	41,506
Março	231	14	203	51,692
Abril	106	11	84	21,390
Mai	55	7	41	10,440
Junho	22	3	16	4,074
Julho	17	3	11	2,801
Agosto	29	4	21	5,347
Setembro	90	8	74	18,843
Outubro	142	12	118	30,048
Novembro	293	16	261	66,461
Dezembro	344	18	308	78,429

Fonte: Elaborado pela autora (dados: Cimatedata, 2020).

Para elaboração da tabela foram utilizadas as equações (7) e (8) descritas no tópico 3.3.1.

4.2 Volume de água em atividades que não necessitam de água potável

Para uma residência de consumo ideal, a ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – propõe um volume de 150L de água por pessoa por dia. Considerando uma média de 6 idas ao banheiro por dia por pessoa (Varella, 2020) e um consumo de 12L de água por descarga, tem-se:

$$V_{descarga} = 6 \times 12 = 72L$$

Sendo assim, pode-se considerar um gasto de 72L de água diariamente apenas com descarga. A residência analisada tem capacidade de abrigar 8 pessoas,

resultando em um gasto médio de 576L de água em descargas, podendo contabilizar mais de 17.000 litros de água mensalmente.

Ao acrescentar outras atividades recorrentes em que se poderia utilizar a água captada é possível citar lavagem de roupas, gasto médio por atividade realizada de 100L de água, limpeza de área externa, 100L, lavagem de carro, 80L. Na Tabela 5 é possível observar a demanda mensal para cada uma dessas atividades:

Tabela 5 – Consumo de água mensal em atividades que não necessitam água potável

Atividade	Consumo (L)	Frequência (por semana)	Total (L/semana)
Lavagem de roupas	100	7	700
Limpeza da área	100	1	100
Lavagem de carro	80	1	80

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o cálculo do volume total de água utilizado em atividade de fins não potáveis, tem-se a equação (8) do item 3.3.2:

$$V_{\text{não potável}} = (576 \times 30) + (700 \times 4) + (100 \times 4) + (80 \times 4)$$

$$V_{\text{não potável}} = 20.800 \text{ L}$$

O gasto de água que gira em torno de 36.000L de água mensais, cairia para 15.200L, uma redução de consumo de 58% do uso da água potável disponível na residência.

4.3 Dimensionamento do reservatório

Segundo os padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), foi adotado o método Azevedo Neto, para o dimensionamento do reservatório. Assim são consideradas a pluviosidade anual e a área disponível para coleta para realização dos cálculos.

Em um cenário ideal, um reservatório deveria ser capaz de suprir a o consumo de água nos 3 meses que menos chovem em Ouro Preto, de junho a agosto, seguindo a equação (3) do item 2.6:

$$\begin{aligned}V_{\text{reservatório}} &= 0,042 \times P \times A \times T \\V_{\text{reservatório}} &= 0,042 \times 1084 \times 254,64 \times 3 \\V_{\text{reservatório}} &= 34.779,75 \text{ L}\end{aligned}$$

Esse cálculo representa o volume total de água que deve ser armazenado para contemplar tanto aos meses em que a captação de água é regular ou exagerada, quanto aos meses de seca.

Chover uma quantidade de milímetros significa que foi precipitada aquela quantidade de litros por metro quadrado na região indicada. Por exemplo, dados da Defesa Civil de Ouro Preto (2024) indicam que na última semana de janeiro de 2024 (30/01/2024 a 03/02/2024) choveu o equivalente a 85,6 mm, portanto a cada 1 m² na região choveu 85,6 litros de água.

Para abastecer o reservatório ideal contando com uma superfície de 254,64m² seria necessário chover 136,584 mm, pluviosidade referente ao período mais chuvoso da cidade, utilizando a equação (10):

$$\begin{aligned}1 \text{ m}^3 &= 1.000 \text{ L} \\34.779,75 &= 254,64 \times mm_{\text{chovidos}} \\mm_{\text{chovidos}} &= 136,584 \text{ mm}\end{aligned}$$

Para um segundo meio de dimensionamento, utiliza-se a Tabela 6 para checar a capacidade ideal do reservatório segundo o método de Rippl:

Tabela 6 – Déficit e saldo do volume de água passível de ser captado

Mês	Vp (mm)	Demanda (m ³)	Vdc (m ³)	Diferença entre volume e demanda (m ³)
Janeiro	288	20,8	66,206	45,406
Fevereiro	187	20,8	41,506	20,706
Março	231	20,8	51,692	30,892
Abril	106	20,8	21,390	0,590
Maio	55	20,8	10,440	-10,360
Junho	22	20,8	4,074	-16,726
Julho	17	20,8	2,801	-17,999
Agosto	29	20,8	5,347	-15,453
Setembro	90	20,8	18,843	-1,957
Outubro	142	20,8	30,048	9,248
Novembro	293	20,8	66,461	45,661
Dezembro	344	20,8	78,429	57,629

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao somar os déficits dos meses de seca, resulta em 62,494 m³, obtendo um superdimensionamento do valor obtido anteriormente.

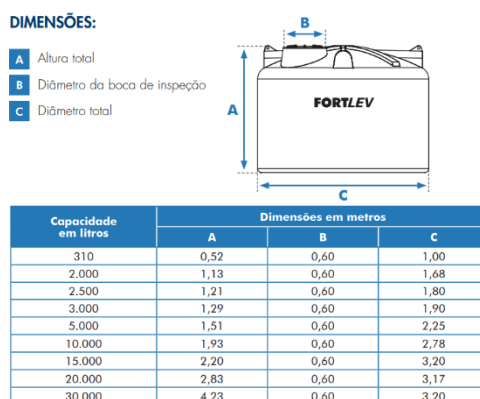
4.4 Análise da área de implantação

Para a implantação do reservatório na república analisada, foi escolhida a região do subsolo, em que preservaria as condições dos materiais utilizados. O reservatório pode ser enterrado ou apoiado na superfície, a classificação é feita conforme a instalação. Em decorrência do terreno, que já possui área construída, opta-se por apoiá-lo na superfície. A área a ser ocupada é a de pilotis e totaliza 45,59 m², porém, devido aos pilares de sustentação, as dimensões a serem respeitadas são de 5,37m x 3,02m e altura de 2,23m e 7,84m x 3,76m e altura de 2,14m. A planta pode ser visualizada na figura 7 do tópico 3.1.

As dimensões do reservatório variam de acordo com a disponibilidade do mercado. Foram feitas pesquisas para a escolha adequada e optou-se pela que apontava o maior custo benefício de materiais. Os reservatórios de água da Fortlev, uma das maiores fabricantes do país, são feitos de polietileno, material resistente a impactos e livre de tóxicos passíveis de contaminar a água, além de possuir o interior liso, o que facilita a limpeza e manutenção do reservatório (Silva, 2022).

Na Figura 11, é possível identificar as dimensões dos modelos de tanque Fortlev disponíveis:

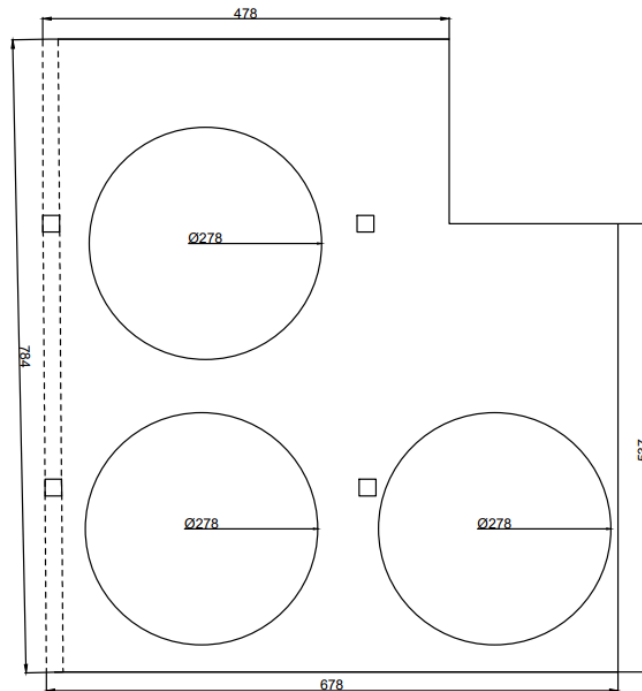
Figura 11 – Dimensões dos reservatórios Fortlev



Fonte: Fortlev, 2023.

De acordo com a área disponível para alocação do reservatório, torna-se impossível a implantação de um reservatório que ultrapasse 10.000L, já que o limite de altura a ser respeitado é de exatamente 2 metros e 14 centímetros na área 1 e o comprimento de até 3,02m na área 2. Assim, pode-se definir que a disposição ideal seria de 3 reservatórios de 10.000L, como demonstrado na planta baixa representada na Figura 12 a seguir:

Figura 12 – Planta de localização dos reservatórios no subsolo



Fonte: Elaborado pela autora (unidades em centímetros).

4.5 Análise do consumo real

Dados as hipóteses analíticas do consumo pelas moradoras da residência estudada, foi, também, verificado o consumo real baseado nos últimos seis meses. A leitura diz respeito ao acumulado consumido desde às instalações dos relógios de medição em 2022 (CMOP, 2021) e o faturado ao consumo mensal, em metros cúbicos. Os dados da Tabela 7 foram extraídos das últimas 6 contas de água da república:

Tabela 7 – Consumo mensal num período de 6 meses

Mês/Ano	Leitura (m ³)	Faturado (m ³)
jul/23	287	30
ago/23	320	33
set/23	349	29
out/23	385	36
nov/23	429	44
dez/23	474	45

Fonte: Elaborado pela autora (dados: conta de água da república, Saneouro 2023).

Obtém-se uma média aritmética de 36,17 m³ consumo mensal.

4.6 Análise do gasto real

Considerando o consumo médio previamente analisado e a tabela de tarifas exposta, é possível fazer o cálculo total de uma conta de água da residência analisada. A cada 1.000L de água o valor descrito é faturado:

- De 0 a 10 mil litros de água consumidos: R\$1,789 - atinge o limite dentro dessa faixa, totalizando R\$17,89
- De 10 a 15 mil litros de água consumidos: R\$4,909 – atinge o limite dentro dessa faixa, totalizando R\$24,545
- De 15 a 20 mil litros de água consumidos: R\$10,644 - atinge o limite dentro dessa faixa, totalizando R\$53,22
- De 20 a 40 mil litros de água consumidos: R\$12,215 – utiliza a faixa até atingir o consumo médio, portanto 16.170L, totalizando R\$197,517

Portanto, o valor de consumo de água seria de R\$293,17

Utilizando a mesma lógica para a cobrança de esgoto, na tarifa EDC, tem-se:

- De 0 a 10 mil litros de esgoto coletado: $R\$0,674 \times 10 = R\$6,74$
- De 10 a 15 mil litros de esgoto coletado: $R\$1,853 \times 5 = R\$9,265$
- De 15 a 20 mil litros de esgoto coletado: $R\$3,994 \times 5 = R\$19,97$
- De 20 a 40 mil litros de esgoto coletado: $R\$4,536 \times 16,17 = R\$73,34$
- Totalizando R\$109,32 de consumo.

Ademais, são cobradas as tarifas fixas de água e esgoto, que independem da quantidade de água gasta durante o mês. Sendo assim, com auxílio da equação (11), é possível calcular que a fatura da conta de água do consumo médio da residência é:

$$F_{total} = 21,971 + 293,17 + 8,295 + 109,32$$

$$F_{total} = 432,755 \text{ reais}$$

Em que:

- 21,971 - Taxa fixa de água;
- 8,295 - Taxa fixa de esgoto

4.7 Estudo de viabilidade

Para que um sistema de captação de água da chuva seja instalado, é necessário um investimento inicial. Considerando uma estrutura básica, contendo os reservatórios selecionados, tubulação para captação e redistribuição, material de vedação, mão de obra direcionada, esse seria de, aproximadamente, R\$14.315,76, como detalhado na Tabela 7 de orçamento a seguir:

Tabela 8 – Orçamento de material e instalação de um sistema de captação de água da chuva

Material	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Valor total
Reservatório (10.000L)	unid.	3	R\$ 3.956,00	R\$ 11.868,00
Tubo PVC (100mm)	m	20	R\$ 16,63	R\$ 332,60
Tê	unid.	2	R\$ 6,35	R\$ 12,70
Joelho 90°	unid.	2	R\$ 20,00	R\$ 40,00
Filtro	unid.	1	R\$ 69,15	R\$ 69,15
Bomba	unid.	1	R\$ 1.393,31	R\$ 1.393,31
Mão de obra	h	40	R\$ 15,00	R\$ 600,00

Fonte: Elaborado pela autora (dados: Fortlev, LeroyMerlin, Tigre).

Para a média de gastos com a mão de obra foi utilizado o conhecimento local conforme os serviços realizados na área de construção civil e hidráulica.

Nos estudos anteriores foi possível constatar que até 58% dos gastos de água na república são com atividades que não necessitam de água diretamente tratada. Usando essa informação como base, é possível calcular o valor a ser economizado mensalmente, caso o sistema fosse instalado:

$$C_{saneouros} = C_{real} - V_{n\grave{a}o\ pot\grave{a}vel} \quad (13)$$

Em que $C_{saneouros}$ corresponde ao consumo, em litros, de água potável fornecida pela Saneouros.

$$C_{saneouros} = 36.170 - 20.800$$

$$C_{saneouros} = 15.370L$$

Utilizando a equação (11) para calcular a fatura hipotética de consumo, vem:

$$F_{hipotética} = \left(21,971 + \sum C \times t_{ia}\right) + \left(8,295 + \sum C \times t_{ie}\right)$$

$$\sum C \times t_{ia} = (1,789 \times 10) + (4,909 \times 5) + (0,37 \times 10,644)$$

$$\sum C \times t_{ia} = 46,373 \text{ reais}$$

$$\sum C \times t_{ie} = (0,674 \times 10) + (1,853 \times 5) + (3,994 \times 0,37)$$

$$\sum C \times t_{ie} = 17,483 \text{ reais}$$

$$F_{hipotética} = 21,971 + 46,373 + 8,295 + 17,483$$

$$F_{hipotética} = 94,122 \text{ reais}$$

Uma redução de 78,25% no valor total da conta de água, mais de 300 reais economizados por mês. Seguindo essa linha de raciocínio, é possível calcular em quanto tempo o investimento seria recuperado utilizando a equação (12):

$$T_{recuperação} = \frac{14.315,76}{338,633}$$

$$T_{recuperação} = 42,28 \text{ meses}$$

Em 3 anos e 6 meses o investimento seria recuperado. Assim, o gasto contínuo seria apenas com manutenção do sistema, limpeza e preservação, o que é indicado e para qualquer instalação hidráulica para melhor performance e durabilidade.

Significativamente, em alguns meses o volume de água captado não será suficiente para cobrir a demanda por água não potável. O coletado nos meses anteriores compensará os meses de abril, maio e junho, porém em julho, agosto e setembro os gastos com água chegam a ser:

- Julho: 33.476L

$$\sum C \times t_{ia} = (1,789 \times 10) + (4,909 \times 5) + (10,644 \times 5) + (12,215 \times 13,476)$$

$$\sum C \times t_{ia} = 260,264$$

$$\sum C \times t_{ie} = (0,674 \times 10) + (1,853 \times 5) + (3,994 \times 5) + (4,536 \times 13,476)$$

$$\sum C \times t_{ie} = 77,132$$

$$F_{julho} = 21,971 + 260,264 + 8,295 + 77,132$$

$$F_{julho} = 367,66 \text{ reais}$$

- Agosto: 31.026L

$$\sum C \times t_{ia} = (1,789 \times 10) + (4,909 \times 5) + (10,644 \times 5) + (12,215 \times 11,026)$$

$$\sum C \times t_{ia} = 230,338$$

$$\sum C \times t_{ie} = (0,674 \times 10) + (1,853 \times 5) + (3,994 \times 5) + (4,536 \times 11,026)$$

$$\sum C \times t_{ie} = 85,99$$

$$F_{agosto} = 21,971 + 230,338 + 8,295 + 85,99$$

$$F_{agosto} = 346,593 \text{ reais}$$

- Setembro: 18.044L

$$\sum C \times t_{ia} = (1,789 \times 10) + (4,909 \times 5) + (10,644 \times 3,044)$$

$$\sum C \times t_{ia} = 74,835$$

$$\sum C \times t_{ie} = (0,674 \times 10) + (1,853 \times 5) + (3,994 \times 3,044)$$

$$\sum C \times t_{ie} = 28,163$$

$$F_{setembro} = 21,971 + 74,835 + 8,295 + 28,163$$

$$F_{setembro} = 133,264 \text{ reais}$$

Tendo as faturas desses meses simuladas, pode-se constatar que o desconto que cada conta teria em relação a original, consumo totalmente de água potável, são de julho, R\$65,095, agosto, R\$86,162 e setembro, R\$299,48. Assim, somando os descontos de cada mês pode-se recalculer o tempo de retorno do investimento:

$$T_{recuperação} = \frac{14.315,76}{3498,434}$$

$$T_{recuperação} = 4,092 \text{ anos}$$

6 CONCLUSÃO

O estudo de caso foi realizado visando dimensionar e validar a utilização de um sistema de captação de água da chuva pela República Caso Sérió, de forma a economizar água encanada e conseqüentemente gastos com a companhia de água responsável pelo abastecimento. A ideia originou do início da cobrança de água pela companhia Saneouro para tratamento e distribuição de água, em uma região que era cobrada apenas tarifa base para manutenção. É importante ressaltar que o fato de a população não estar acostumada com a cobrança de tarifas de água não anula a necessidade dessa implementação de custos.

Devido ao índice pluviométrico significativamente elevado de Ouro Preto, que excede 1500mm anualmente, a probabilidade de sucesso na instalação de projetos de captação de águas pluviais é consideravelmente alta. Esse índice pluviométrico robusto oferece uma fonte abundante de água durante o ano, mesmo que a distribuição das chuvas seja irregular ao longo dos meses.

O dimensionamento adequado do reservatório para armazenamento, de pouco mais de 30.000 L, permite que o sistema de captação de águas pluviais atenda à demanda mesmo em períodos de chuvas mais escassas, entretanto, por não ter espaço suficiente para locação de todos os reservatórios necessários, parte do consumo dos meses de maio a agosto precisarão ser supridos com água potável. Considerando todos os fatores, constatou-se a viabilidade de instalação de 3 reservatórios de 10 m³, com as dimensões 1,93 m x 2,78 m. Portanto, o tempo de recuperação do investimento aplicado de 4 anos e 1 meses.

A implantação de um sistema de captação de água da chuva na residência se torna uma alternativa sustentável, de forma que economiza água potável e direciona a água captada para atividades que não necessitam de água quimicamente tratada e econômica ao ponto de reduzir os gastos em quase 70%.

Vale ressaltar que o estudo de caso foi realizado em uma cidade histórica, portanto toda e qualquer alteração física, estrutural deve passar pelo IPHAN, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, pois esse atua na conservação e restauração de edificações históricas. Por se tratar de um reservatório grande a ser instalado, que pode alterar visualmente a estética da residência, seria necessária a aprovação do instituto para execução do projeto.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, S. V. de.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.
- ARISB-MG. nº 266, de 05 de dezembro de 2023. **RESOLUÇÃO DE FISCALIZAÇÃO E REGULAÇÃO**, [S. l.], 5 dez. 2023. Disponível em: http://www.saneouro.com.br/media/upload/ckeditor/2024/01/03/20231205-res_266_2023_arisb_mg_reajuste_ouro_preto__Ks9SY9q.pdf. Acesso em: 2 fev. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007
- BRASIL. **Portaria MS n.º 518/2004**. Ministério da Saúde. Brasília, DF: 2005, p. 28. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf. Acesso em: 2 fev. 2024.
- CARVALHO, I. N. C. *et al.* Importância Da Captação E Reaproveitamento De Água Pluvial Como Forma De Minimizar A Escassez De Água Potável. VI Seminário Científico do Unifacig, n. 6, p. 1-9, 2020.
- CAMPOS, A.M. **Captação de água de chuva para fins não potáveis Na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes, Caçapava do Sul – RS**. 2019. 77f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2019. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/4881/1/AndressaMachado%20Campos%20-%20%20%202019.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2024.
- CASA CIVIL. LEI Nº 9.433. **Política Nacional de Recursos Hídricos**, [S. l.], 8 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 4 fev. 2024
- CATÁLOGO Técnico. **Fortlev**. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Manual-Catalogo-Tecnico-Tanque-Fortlev.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2024.
- CHADES, E. B. Análise comparativa dos valores de cobrança distribuição de água e coleta de esgoto: estudo de caso em diferentes municípios de Minas Gerais. 2023. 94 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/6028/6/MONOGRAFIA_AnaliseComparativaValores.pdf. Acesso em: 2 fev. 2024.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia para engenharia e **ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

CORRÊA, L. N.; BEZERRA, A. E.; FURLANI, C. E. E. Métodos de dimensionamento e simulação para reservatórios de água pluvial. *In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO*, 3., 2011, Campina Grande. **Anais** [...]. Campina Grande: UFCG, 2011. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/wiasb/2017/TRABALHO_EV079_MD4_SA6_ID266_14092017234904.pdf. Acesso em: 2 fev. 2024.

CONTAS Econômicas Ambientais: em 2020, para cada R\$ 1,00 gerado pela economia foram consumidos 6,2 litros de água. **Agência IBGE Notícias**, [S. l.], 2 jun. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37054-em-2020-para-cada-r-1-00-gerado-pela-economia-foram-consumidos-6-2-litros-de-agua#:~:text=J%C3%A1%20o%20custo%20m%C3%A9dio%20para,29%20para%20cada%20mil%20litros>. Acesso em: 26 jan. 2024.

CUIDADOS na montagem de bombas. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://intechmachine.com.br/cuidados-na-montagem-instalacao-e-utilizacao-das-bombas-dagua/>. Acesso em: 25 fev. 2024.

DADOS históricos simulados de clima e tempo para Ouro Preto. **Meteoblue** [S. l.], 3 fev. 2024. Disponível em: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/ouro-preto_brasil_3455671. Acesso em: 3 fev. 2024.

DE GODOY, A. P. *et al.* Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco. **Revista PETRA**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 219-238, 20 ago. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15601/2359-5302/ptr.v1n2p219-238>. Acesso em: 2 fev. 2024.

DICAS de Economia: em Casa. **Sabesp** [S. l.], 15 dez. 2022. Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaold=595>. Acesso em: 2 fev. 2024.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Rainwater Harvesting: conservation, credit, codes, and costs**. Washigton, 2013.

FERNANDES, D. R. M.; MEDEIROS NETO, V. B.; MATTOS, K. M. da C. Viabilidade Econômica do **Aproveitamento de Uso da Água da Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**.: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN. *In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, p. 1-9, out. 2007.

FONSECA, D. **Programa computacional Netuno para o dimensionamento de reservatórios visando o aproveitamento de água pluvial e edificações**. [S. l.], 1 jan. 2020. Disponível em: <https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23252.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2024.

FONSECA, J. E. **Implementação de cisternas para armazenamento de água de chuva e seus impactos na saúde infantil: um estudo de coorte em Berilo e Chapada do Norte, Minas Gerais.** 2012. 282f. Dissertação (Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1003M.PDF>. Acesso em: 03 fev. 2024

FRANCO JÚNIOR, R. S. **Água: economia e uso eficiente no meio urbano.** 2007. Dissertação (Mestrado). Curso de PósGraduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica,) – Universidade de São Paulo, 2004. São Paulo, 2007. 245f. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-17052010-110317/>. Acesso em: 06 fev. 2024.

GLEICK, P. H. WATER USE. **Annual Review of Environment and Resources**, [S. l.], v. 28, p. 275–314, 2003.

HISTÓRICO DE CHUVAS EM OP. **Defesa Civil**, Ouro Preto, 3 fev. 2024. Disponível em: <https://defesacivil.ouropreto.mg.gov.br/historico-chuva/op-ifmg>. Acesso em: 3 fev. 2024.

INFORMAÇÕES GERAIS. **Prefeitura de Ouro Preto**, Ouro Preto, 31 dez. 2020. Disponível em: <https://ouropreto.mg.gov.br/informacoes-gerais#:~:text=Pluviosidade%20m%C3%A9dia%20de%202.018%20mm%2Fano%2C%20com%20distribui%C3%A7%C3%A3o%20irregular>. Acesso em: 3 fev. 2024.

KRISHNA, H. J.; PHILIPS, A. E.; POPE, T. **Rainwater Harvesting and Stormwater Recycling**. ASLA (American Society Landscape Architects) Annual Meeting, 2002.

MIERZWA, J. C. *et al.* Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, Porto Alegre, v. 4, p. 29-37, jan./jun. 2007. Disponível em: Acesso em: 12 jun. 2015.

O CUSTO da água no Brasil. **FUSATI Ambiental**, 2020. Disponível em: <https://fusatiambiental.com.br/o-custo-da-agua-no-brasil/>. Acesso em: 2 fev. 2024.

OURO PRETO. **Lei nº 934 de 23 de dezembro de 2014**. Ouro Preto: Gabinete do Presidente, 2016. Disponível em: https://ouropreto.mg.gov.br/static/arquivos/menus_areas/Lei%20934de%2023-12-2014.pdf?dc=391#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Municipal,Saneamento%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 3 fev. 2024.

PINTO, A. A. O. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em residência: estudo de caso em Ouro Preto – MG.** 2016. 65f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

Maia, C., Mendes, F. L. de S., Silva, M. M. T., & Kato, R. B. (2018). Consumo de água potável em atividades domésticas por discentes do município de Afuá, região Amazônica, Pará, Brasil. **REMOA**, v. 16, n. 2, p. 80-84, maio/ago. 2017.

SANEOURO explica funcionamento de hidrômetros e cálculo de faturas em audiência pública. **Câmara Municipal de Ouro Preto**, Ouro Preto, 18 mar. 2021. Disponível em: <https://cmop.mg.gov.br/saneouro-explica-funcionamento-de-hidrometros-e-calculo-de-faturas-em-audiencia-publica/>. Acesso em: 2 fev. 2024.

SILVA, K. M. M. **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**. 2022. 61f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

SOARES, D. Brasileiro consome cerca de 154 litros de água por dia; número é 40% maior do que recomenda a OMS. **Radioagência**, 2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/acervo/geral/audio/2018-02/brasileiro-consome-cerca-de-154-litros-de-agua-por-dia-numero-e-40-maior-do-que/>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SUSTENTABILIDADE: um verdadeiro gigante pela natureza. **Mineirão**, [S. l.], 1 nov. 2023. Disponível em: <https://mineirao.com.br/sustentabilidade#:~:text=Durante%20a%20reforma%20do%20Mineir%C3%A3o,das%20cadeiras%2C%20atr%C3%A1s%20dos%20gols>. Acesso em: 2 fev. 2024.

TEMPO e clima em Ouro Preto em janeiro. **Climate Data**, [S. l.], 15 jan. 2024. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/ouro-preto-765135/t/janeiro-1/>. Acesso em: 2 fev. 2024.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?index=true. Acesso em: 3 fev. 2024.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/SfqYWrhrvkvxybFsjYQtx7v/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 fev. 2024.

VARELLA, M. Quantos litros de água você precisa beber diariamente?. **Dráuzio**, 2015. Disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/alimentacao/quanta-agua-precisamos-beber-por-dia/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

VELOSO, N. S. L.; MENDES, R. L. R. Aproveitamento da Água da Chuva na Amazônia: Experiências nas Ilhas de Belém/PA. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 229-242, jan./mar. 2014.

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização de água de chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Pirai.** 2006. 283f.
Dissertação (Mestrado em Ciências em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.