

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA CIVIL
GUSTAVO SILVA RIBEIRO**

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA O CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL RESERVA DAS FLORES, NO MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA -
MG.**

**Varginha/MG
2024**

GUSTAVO SILVA RIBEIRO

PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA O CONDOMÍNIO RESIDENCIAL RESERVA DAS FLORES, NO MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA - MG.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharelado, sob orientação da Professora Esp. Luana Ferreira Mendes.

**Varginha/MG
2024**

GUSTAVO SILVA RIBEIRO

PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA O CONDOMÍNIO RESIDENCIAL RESERVA DAS FLORES, NO MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA - MG.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharelado, sob orientação da Professora Esp. Luana Ferreira Mendes.

Aprovado em: ___/___/___

Profa. Ma. Luana Ferreira Mendes (Orientadora)

Componente da banca examinadora I

Componente da banca examinadora II

Agradeço a Deus pela oportunidade de desenvolver este trabalho, a minha noiva que sempre me apoia e incentiva a dar o meu melhor, a minha família, aos meus professores e colegas de classe por mais uma caminhada vencida juntos.

*"Não temas porque eu sou contigo,
não te assombres porque eu sou teu
Deus, eu te sustento e te fortaleço com
a destra da minha justiça."*

Isaias 41:10.

RESUMO

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são ferramentas altamente capazes para mitigar inundações, combater a escassez de água e reduzir despesas financeiras, além de contribuírem significativamente para a proteção ambiental. O objetivo deste trabalho é, portanto, realizar um projeto de sistema de captação e aproveitamento de água pluviais na área do residencial Reserva das Flores, localizado na cidade de Boa Esperança/MG. Para aumentar o conhecimento específico sobre estes sistemas, foi realizado um amplo estudo de literatura, sites e normas técnicas, visando fornecer o máximo de conhecimento necessário para a elaboração do projeto. Posteriormente, foram realizados estudos para coletar dados correspondentes a séries históricas de precipitação para descrever os regimes de chuvas na região. Em seguida, foram coletados valores relativos as dimensões das edificações e as dimensões das coberturas. Também foram coletadas informações sobre o número de pessoas que utilizam o espaço comum e a quantidade possível de água potável consumida diariamente para manutenção do espaço. Após adquirir todos os conhecimentos necessários, iniciou-se o dimensionamento de todos os componentes que compõe o sistema, que são: drenos, condutores verticais, reservatórios inferiores e superiores, sistema de elevação e rede de distribuição. Desta forma, é elaborado o projeto, estimados os custos e, por fim, é desenvolvido um memorial descritivo e computacional, apresentando o projeto e especificando todos os materiais e serviços que deverão ser utilizados durante sua execução.

Palavras-chave: Água Pluvial. Espaço comum. Memorial descritivo.

ABSTRACT

Rainwater harvesting systems are highly capable tools for mitigating floods, combating water scarcity and reducing financial expenses, in addition to making a significant contribution to environmental protection. The objective of this work is, therefore, to carry out an in-depth study to assist in the development of a rainwater collection and use system project in the Reserva das Flores residential area, located in the city of Boa Esperança/MG. To increase specific knowledge about these systems, an extensive study of literature, websites and technical standards was carried out, aiming to provide the maximum amount of knowledge necessary to prepare the project. Subsequently, studies were carried out to collect data corresponding to historical precipitation series to describe rainfall regimes in the region. Then, values relating to the dimensions of the buildings and the dimensions of the roofs were collected. Information was also collected on the number of people using the common space and the possible amount of drinking water consumed daily to maintain the space. After acquiring all the necessary knowledge, we began sizing all the components that make up the system, which are: drains, vertical conductors, lower and upper reservoirs, lifting system and distribution network. In this way, the project is prepared, costs are estimated and, finally, a descriptive and computational memorial is developed, presenting the project and specifying all the materials and services that must be used during its execution.

Keywords: *Rainwater. Common space. Descriptive memorial.*

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – A água que você não vê.	16
Figura 2 – Tratamento da água fluvial.....	17
Figura 3 - Captação de água da chuva.....	18
Figura 4 – Sistema de Fluxo total.....	20
Figura 5 – Sistema com derivação.....	21
Figura 6 – Sistema com volume adicional de retenção.	21
Figura 7 - Sistema com infiltração no solo.....	22
Figura 8 – Áreas de contribuição.....	23
Figura 9 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais	30
Figura 10 – Filtro para Cisterna.....	32
Figura 11– Separação atmosférica padronizada em reservatório superior	39
Figura 12– Separação atmosférica padronizada em reservatório inferior	39
Figura 13 – Precipitação medial mensal de Varginha	43
Figura 14 – Vista aérea da localização do Reserva das Flores.....	45
Figura 15 - Boa Esperança	53
Figura 16 - Residencial em estudo.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de Runoff	26
Tabela 2 – Coeficientes multiplicativos de vazão de projeto.	27
Tabela 3 – Coeficientes de rugosidade	28
Tabela 4 – Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (vazão em L/min)	29
Tabela 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).	31
Tabela 6 - Separação atmosférica mínima.	40
Tabela 7 – Frequência de manutenção	40
Tabela 8 - Histórico de precipitação média mensal.....	43
Tabela 9 – Período de retorno.....	44
Tabela 10 - Precipitação histórica do município de Varginha.....	55
Tabela 11- Estimativa de demanda de água não potável.....	58
Tabela 12 - Dimensionamento das calhas semicirculares.	58
Tabela 13 - Volume aproveitável da precipitação média mensal.....	60
Tabela 14 - Dimensionamento pelo método de Ripple, para o uso em vaso sanitário de 72 pessoas.....	61
Tabela 15 - Dimensionamento pelo método de Ripple, para o uso em vaso sanitário de 48 pessoas.....	61
Tabela 16 - Dimensionamento pelo método de Ripple, para o uso em calçamento e limpeza de automóveis.....	62
Tabela 17 - Dimensionamento pelo método de Azevedo Netto.....	62
Tabela 18 - Comprimento equivalente de sucção ($D = 25\text{mm}$).....	64
Tabela 19 - Comprimento equivalente de recalque ($D = 20\text{mm}$).....	64
Tabela 20 - Dimensionamento da rede de distribuição.	66
Tabela 21 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (setor de captação).	67
Tabela 22 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (sistema elevatório).....	68
Tabela 23 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (rede de distribuição).	69
Tabela 24 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (reservatório).....	69
Tabela 25 - Estimativa de custo total do sistema.....	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	A água e sua importância.....	16
3.2	Importância e processo de potabilidade da água.....	17
3.3	Utilização da água da chuva.....	18
3.4	Qualidade da água da chuva.....	19
3.5	Tipos de sistemas de captação de água pluvial.....	19
3.5.1	Sistema de fluxo total.....	19
3.5.2	Sistema com derivação.....	20
3.5.3	Sistema com volume adicional de retenção.....	21
3.5.4	Sistema com infiltração no solo.....	21
3.6	Normas de referência a ser utilizadas.....	22
3.7	Composição do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	23
3.7.1	Orientações para a área de contribuição.....	23
3.7.2	Vazão de projeto.....	25
3.7.3	Sistema <i>First flush</i>	25
3.7.4	Coeficiente de <i>runoff</i>	26
3.7.5	Considerações para dimensionamento de calhas.....	27
3.7.6	Considerações para condutores verticais.....	29
3.7.7	Considerações para condutores horizontais.....	30
3.7.8	Do filtro a ser utilizado.....	32
3.7.9	Dimensionamento do reservatório.....	33
3.7.10	Rippl.....	33
3.7.11	Método da simulação.....	34
3.7.12	Azevedo Neto.....	34
3.7.13	Prático alemão.....	35
3.7.14	Prático Inglês.....	35
3.7.15	Prático Australiano.....	35
3.7.16	Para o dimensionamento do sistema elevatório.....	37

3.7.17	Acréscimo aos reservatórios com água potável.....	38
3.8	Período de manutenção do sistema	40
3.9	Média do consumo de água utilizando o IC	41
3.10	Estudo da precipitação do município.....	42
3.11	Intensidade de precipitação.....	43
4	METODOLOGIA.....	45
4.1	Local de estudo	45
4.2	Projeção da precipitação média mensal	46
4.3	Projeção da intensidade de precipitação.....	46
4.4	Demarcação da área de cobertura contribuinte.....	46
4.5	Definição da vazão de projeto.....	47
4.6	Projeção de demanda de água não potável.....	47
4.7	Projeção da economia de água potável	48
4.8	Dimensionamento das calhas	48
4.9	Dimensionamento dos condutores verticais	48
4.10	Projeção do volume aproveitável da precipitação média mensal	49
4.11	Dimensionamento dos reservatórios.....	49
4.12	Dimensionamento do sistema elevatório	50
4.13	Dimensionamento da rede de distribuição.....	50
4.14	Elaboração do projeto hidráulico	51
4.15	Quantitativo e estimativa de custos	51
4.16	Memorial descritivo e de cálculo	51
5	RESULTADOS E DISCUSÕES	53
5.1	Local de estudo	53
5.2	Precipitação média do município.....	54
5.3	Cálculo de intensidade de precipitação	55
5.4	Area de contribuição	55
5.5	Cálculo da vazão de projeto	56
5.6	Cálculo de estimativa de demanda de água não potável	57
5.7	Dimensionamento das calhas	58
5.8	Dimensionamento dos condutores verticais	59
5.9	Volume aproveitável da precipitação média mensal.....	59
5.10	Dimensionamento dos reservatórios.....	60
5.10.1	Dimensionamento do reservatório inferior	60
5.10.2	Dimensionamento do reservatório superior.....	63

5.11	Dimensionamento do sistema elevatório	63
5.12	Dimensionamento da rede de distribuição.....	66
5.13	Levantamento quantitativo e estimativa de custos.....	67
6	CONCLUSÃO.....	71
7	REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

Para que a sustentabilidade global aconteça, é garantir que todos os consumidores tenham acesso à água potável. Conforme afirma Tomaz (2011a), a maior parte da água da Terra, aproximadamente 97,5%, é salina, restando apenas 2,5% como água doce. Desta pequena fração, uma pequena porção é acessível para uso humano, encontrada em rios, lagos e reservatórios, representando cerca de 0,266% do abastecimento total de água doce em todo o mundo. Apesar de estarem munidos de conhecimentos e muitas vezes alheios a estas estatísticas, os seres humanos continuam a agir de forma irresponsável, não conseguindo conservar a água e aumentando desnecessariamente o seu consumo de água potável.

Como resultado da investigação hidrológica decorrente dos desafios enfrentados por indivíduos que enfrentam escassez de água em todo o mundo, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais ganharam impulso e expandiu-se em várias regiões do mundo. De acordo com Tomaz (2011a), certas áreas como Austin e San Antônio no Texas, oferecem incentivos, como recompensas monetárias, a indivíduos que conservam água potável através da utilização de sistemas de captação e utilização de águas pluviais.

Investigações mais aprofundadas sobre o reaproveitamento de águas pluviais, revelam que esses sistemas apresentam maior eficácia em regiões com mais escassez hídricas.

Nas regiões onde a falta de água é predominante ou onde já ocorreram crises hídricas graves, a questão da disponibilidade desigual de água é particularmente pronunciada. Mancuso e Santos (2003) destacam que o Brasil detém uma parcela significativa dos recursos de água doce do mundo, com pelo menos 8% deles localizados em seu território. Somente a região amazônica é responsável por 80% dessa água, enquanto os 20% restantes são distribuídos por outras regiões onde residem pessoas. Essa disparidade na distribuição de água contribui para a desigualdade na disponibilidade de água entre as diferentes regiões do Brasil, afetando aproximadamente 95% da população do país.

A imprevisibilidade inerente aos fenômenos naturais continua a ser uma ameaça constante, mesmo em áreas equipadas com sistemas fluviais bem concebidos e sistemas de drenagem urbana eficientes que podem lidar tanto com o abastecimento de água como com o excesso de precipitação. Estas áreas ainda são suscetíveis a inundações inesperadas e crises hidrológicas causadas por variações imprevisíveis na precipitação. Em resposta a esta imprevisibilidade, o campo da engenharia tem visto um crescimento no desenvolvimento de

sistemas de captação e utilização de água. Pensando nisso, este projeto não só apresenta um sistema abrangente de captação de águas pluviais para a área do residencial da Reserva das Flores, mas também fornece uma estimativa do custo de implementação. Ao longo do projeto, a ênfase é dada ao conteúdo teórico, aos parâmetros normativos e aos cálculos utilizados para determinar o tamanho adequado do sistema e preparar o projeto.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Apresentar o dimensionamento do sistema de captação de água pluvial, visando a construção de um sistema sustentável, econômico e de fácil acesso.

2.2 Objetivos específicos

- O local de estudo precisa ser caracterizado;
- Verificar o regime pluviométrico da região;
- Calcular a vazão de projeto das coberturas;
- Projeção de consumo de água potável;
- Projeção de consumo de água não potável;
- Estimar a economia de água potável;
- Dimensionar os componentes do sistema de captação de água pluvial;
- Elaborar o projeto hidráulico para aproveitamento da água pluvial;
- Estimar os custos e preparar um relatório descritivo e de cálculo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A água e sua importância

A presença de vida neste planeta depende da água – um recurso natural vital e essencial. Não só nos sustenta, mas também aos milhões de diversas espécies animais e vegetais que coabitam ecossistemas em todo o mundo. A água desempenha um papel fundamental na definição da dinâmica socioeconômica de qualquer região, afetando assim diretamente as configurações urbanas, rurais e industriais. Independentemente de onde se esteja localizado geograficamente, a água estará sempre lá - quase como uma companheira constante - alcançando todas as esferas da vida com a sua influência.

A água representa entre 60% e 70% do corpo humano, conforme aponta Macêdo (2007). A importância desta composição sublinha não só a evolução da espécie humana, mas também o papel insubstituível que a água desempenha em todas as formas de vida na Terra. Na verdade, a abundância de água equivale a garantir que a vida prospere com diversidade – um ponto que não pode ser exagerado para nenhum habitante do nosso planeta.

A figura 1 abaixo demonstra gastos em litros de água que não vemos, mas que é necessário para gerar diversos tipos de alimentos.

Figura 1 – A água que você não vê.

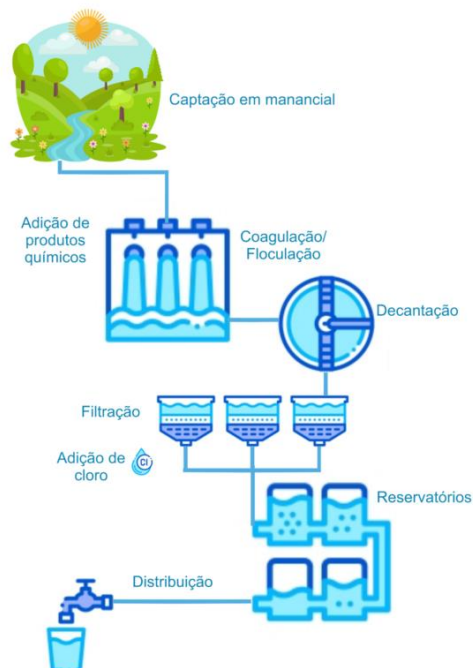


3.2 Importância e processo de potabilidade da água

De acordo com a afirmação anterior, Tomaz (2010b) destaca a disponibilidade limitada de água potável, com apenas 0,266% do abastecimento total de água do mundo adequado para consumo humano. A água, conforme afirma a ANVISA (2000), pode ser acessível, mas não necessariamente adequada para consumo. Um líquido é considerado potável quando atende a critérios específicos de propriedades microbiológicas, físicas, químicas e radioativas, garantindo que seja seguro para consumo humano sem quaisquer riscos à saúde. Por isso, uma parcela significativa da água disponível torna-se imprópria para consumo devido à exposição a diversos elementos químicos, físicos e biológicos. Essa contaminação muitas vezes resulta na presença de microrganismos, além de cor e odor desagradáveis. Para tornar esta água segura para consumo, ela deve passar por uma série de tratamentos que visam corrigir e purificar o seu estado. As etapas do processo convencional de tratamento de água, idealizado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE [2024], estão ilustradas na Figura 2.

Figura 2 – Tratamento da água fluvial.

Compreendendo o processo de tratamento de água



Fonte: SAAE [ca.2024].

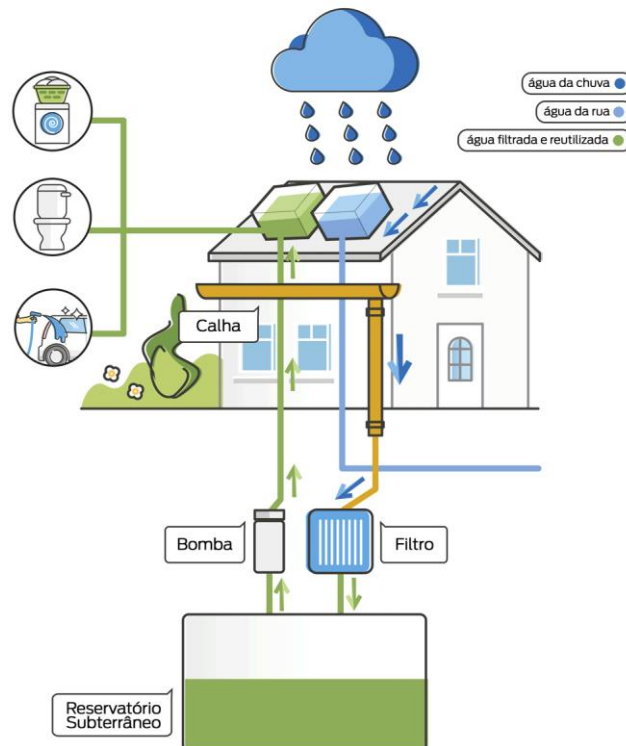
3.3 Utilização da água da chuva

Conforme afirma Bertolo (2006), os principais benefícios dos sistemas de captação de águas pluviais incluem a diminuição do uso de água potável e das despesas associadas, bem como a capacidade de gerir inundações, aliviando a carga sobre os sistemas de drenagem. No entanto, o autor também reconhece as desvantagens de tais sistemas. As despesas associadas à instalação destes sistemas, juntamente com a necessidade de manutenção regular, no futuro, os avanços na tecnologia e o aumento da procura e acessibilidade do mercado a estes sistemas, poderão tornar as desvantagens atuais irrelevantes.

Conforme disposto na NBR 15527 (ABNT, 2019), a água da chuva pode ser efetivamente aproveitada para aplicações não potáveis, incluindo descargas de vasos sanitários, irrigação de gramados e plantas, lavagem de veículos e limpeza de calçadas e pátios, quando submetida ao tratamento adequado.

A figura 3 apresenta de maneira inteligível como funciona o processo de captação e aproveitamento de água da chuva e mostra também alguns fins de utilização em que a água da chuva pode ser empregada.

Figura 3 - Captação de água da chuva



Fonte: Cedae [2024]

3.4 Qualidade da água da chuva

Tomaz (2011b) categoriza a qualidade da água da chuva em quatro fases distintas. A primeira fase ocorre antes que a água da chuva chegue ao solo e sua qualidade é influenciada pela localização geográfica, bem como pelas condições do solo e do ar na região onde a chuva cai. Em áreas com desenvolvimento urbano significativo, o pH da água da chuva tende a ser consistentemente ácido.

Poluentes, incluindo dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x), são liberados na atmosfera durante o processo. Além disso, quando a superfície é atravessada, contaminantes como fezes de pássaros e animais, poeira, coberturas de telhados, fibrocimento e outras substâncias nocivas presentes no ambiente circundante podem contaminar a água.

No interior do reservatório ocorre a sedimentação no fundo, resultando no acúmulo de materiais pesados do ar que poluem as águas pluviais. Microorganismos do telhado e das tubulações também são introduzidos na água. Por fim, no ponto de uso, a água deve apresentar ausência de odor ou cor desagradável, pH entre 5,8 e 8,6, teor de cloro residual $\leq 0,5\text{mg/L}$, coliformes totais $\leq 1000/\text{mL}$ e sólidos em suspensão $\leq 30\text{mg/L}$.

3.5 Tipos de sistemas de captação de água pluvial

Existem vários tipos de sistemas de recolha de águas pluviais que estão a ser implementados em diferentes regiões do mundo, impulsionados pelas condições hidrológicas e pela procura de água. Esta expansão no setor da construção levou ao desenvolvimento de sistemas com diversos métodos de operação. Segundo Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005), existem quatro tipos principais de sistemas de coleta de águas pluviais comumente utilizados.

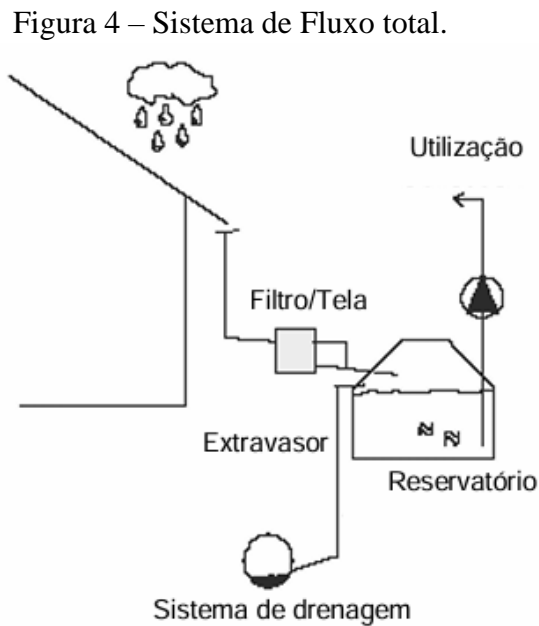
Abaixo, descreveremos e forneceremos ilustrações de diversas técnicas para o desenvolvimento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

3.5.1 Sistema de fluxo total

Em um sistema de fluxo total, cada gota de água da chuva que cai no telhado é canalizada para um filtro ou tela e segue seu caminho até chegar ao reservatório de

armazenamento. Qualquer água que ultrapasse os critérios pré-determinados também está incluída neste processo. O armazenamento no reservatório será redirecionado para a rede de drenagem.

A forma simplificada pode ser observada na figura 4.



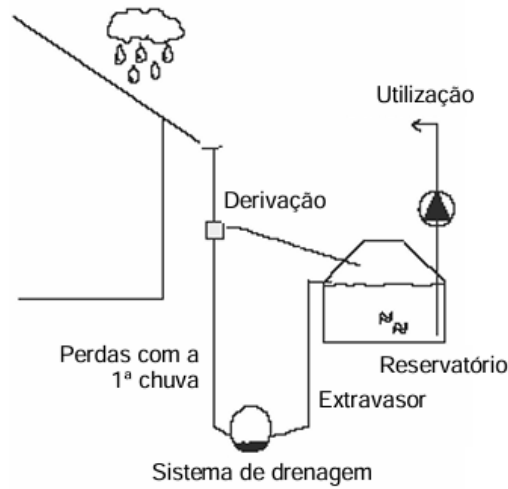
Fonte: Adaptada de Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005).

3.5.2 Sistema com derivação

Sistema autolimpante com *first flush* utiliza a técnica de primeira descarga, que envolve o desvio da água pluvial inicial através de uma ligação ao sistema de drenagem, descartando-a efetivamente. Este processo mitiga significativamente a potencial contaminação da água coletada. Em certos casos, este método é utilizado.

No diagrama simplificado mostrado na Figura 5, o sistema incorpora um filtro ou tela no *first flush*. Semelhante ao sistema anterior, o excesso de água será direcionado para a rede de drenagem.

Figura 5 – Sistema com derivação.



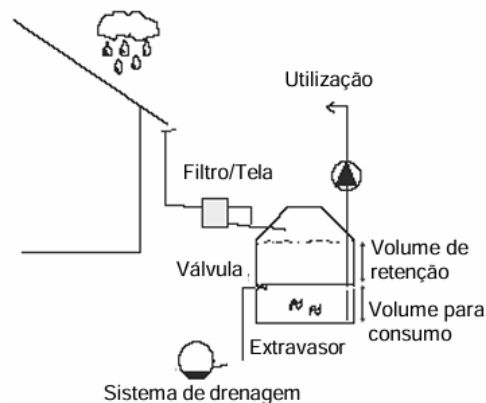
Fonte: Adaptada de Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005).

3.5.3 Sistema com volume adicional de retenção

Sistema com maior capacidade de retenção neste sistema é utilizado um reservatório maior para armazenar o volume de água necessário para atendimento da demanda, bem como um volume adicional para evitar possíveis inundações. Para conseguir isso, uma válvula é incorporada ao sistema.

A Figura 6 simplifica a representação de como o sistema de drenagem regula a liberação de água associada ao volume adicional de retenção.

Figura 6 – Sistema com volume adicional de retenção.



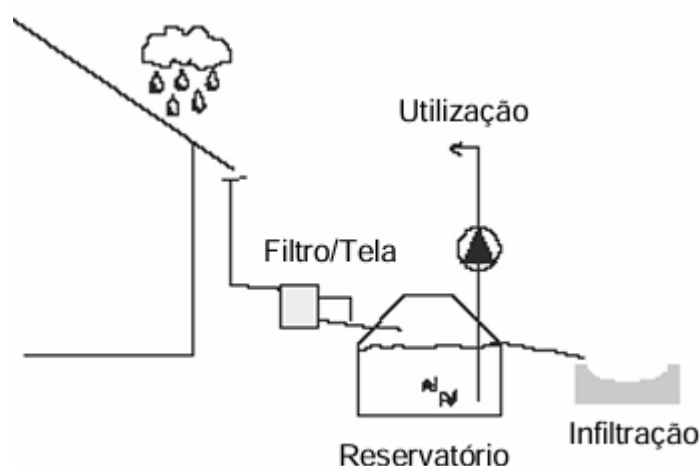
Fonte: Adaptada de Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005).

3.5.4 Sistema com infiltração no solo

A água captada do telhado durante o período chuvoso é direcionada para um filtro ou tela, em um sistema que envolve infiltração no solo. Após passar pela tela, deverá fluir em direção a um reservatório de armazenamento. Conseqüentemente, quando esse reservatório atingir sua capacidade máxima de armazenamento, o excesso de água será devolvido ao solo pelo mesmo sistema de infiltração.

A versão simplificada pode ser observada na figura 7.

Figura 7 - Sistema com infiltração no solo.



Fonte: Adaptada de Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005).

3.6 Normas de referência a ser utilizadas

O desenvolvimento de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas é orientado pela NBR 15527 (ABNT, 2019), que trata do aproveitamento de águas pluviais coletadas em telhados de ambientes urbanos para fins não potáveis.

Esta norma estabeleceu anteriormente que a água da chuva, quando tratada adequadamente, pode ser utilizada para aplicações não potáveis. Isso inclui dar descarga em vasos sanitários, regar gramados e plantas, lavar veículos, limpar calçadas e pátios, encher recursos hídricos e até mesmo em ambientes industriais.

O desenvolvimento deste sistema específico exige a adesão a diversas normas, incluindo NBR 5626 (ABNT, 2020) para instalação de água fria em edificações, NBR 10844 (ABNT, 1989) para instalações de águas pluviais em edificações, NBR 12213 (ABNT, 1992) para

projetos de captação de água superficial no abastecimento público, NBR 12214 (ABNT, 2020) para projeto de bombeamento de água no abastecimento público, e NBR 12217 (ABNT, 1994) para projetos de reservatórios de distribuição de água no abastecimento público.

3.7 Composição do sistema de aproveitamento de água da chuva

Para capturar, filtrar, armazenar e distribuir eficazmente a água da precipitação, os sistemas de captação de água da chuva requerem componentes específicos. Esses elementos são essenciais para o funcionamento eficiente do sistema. A área de contribuição é um dos componentes chave nestes sistemas, e os seus métodos de dimensionamento são cruciais a considerar.

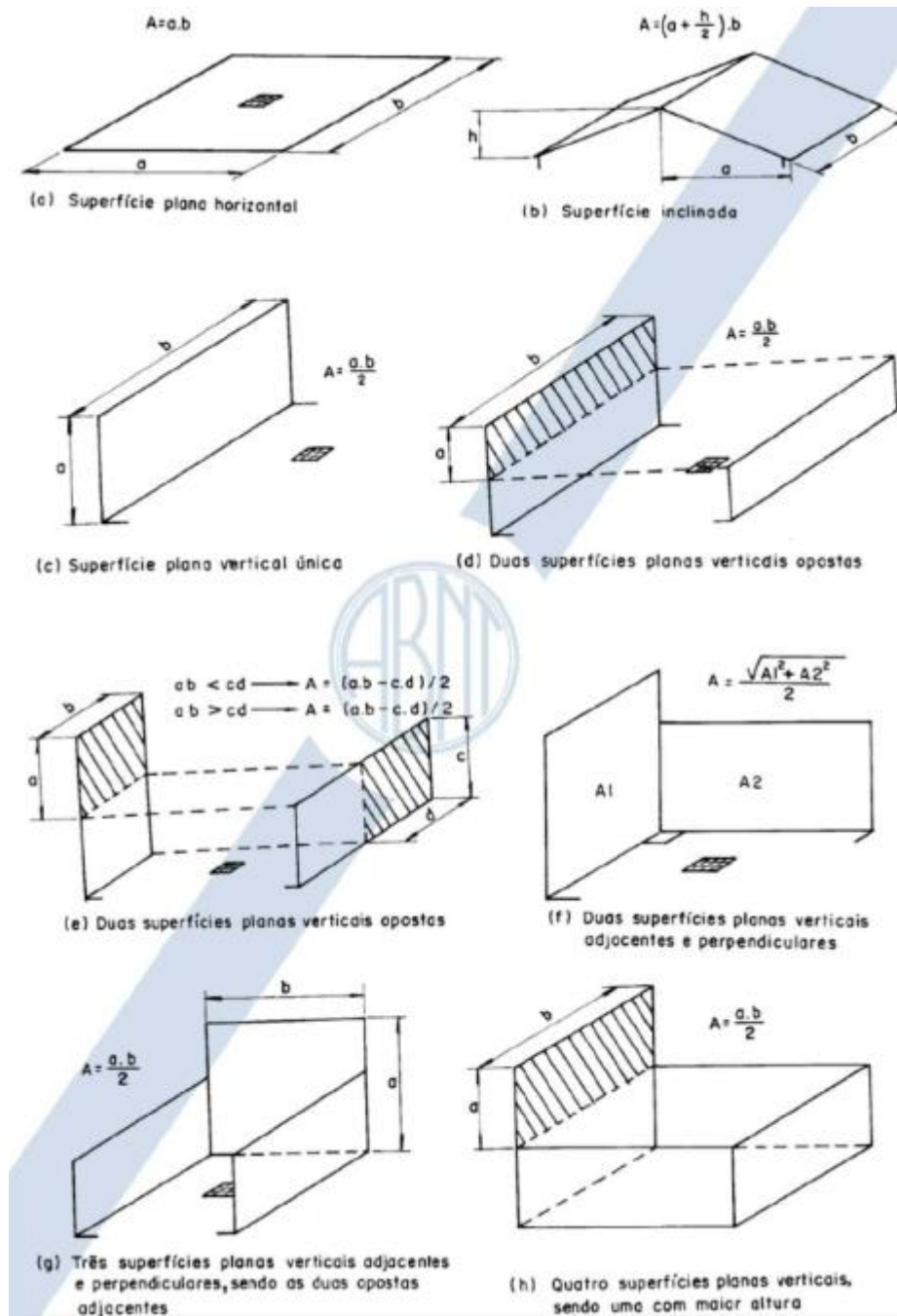
3.7.1 Orientações para a área de contribuição

De acordo com as diretrizes da NBR 10.844 (ABNT, 1989), a área de contribuição é definida especificamente como a área total que intercepta a chuva e direciona a água para um ponto específico da instalação.

Para determinar a área de contribuição é necessário levar em consideração as adequações tanto da inclinação da cobertura quanto das paredes que captam a água da chuva, que também deve ser direcionada para a cobertura para drenagem. Adicionalmente, a NBR 10844 (ABNT, 1989) fornece equações específicas para cálculo da área.

A Figura 8 ilustra a diversidade de tipos de cobertura que deram contribuições significativas.

Figura 8 – Áreas de contribuição.



Fonte: (ABNT, 1989).

Conforme afirmado anteriormente e ilustrado na figura 8, a NBR 10844 (ABNT, 1989) reconhece que as paredes que circundam a cobertura desempenham um papel na captação de água pluvial em uma área de contribuição. Contudo, é importante ressaltar que a NBR 15527 (ABNT, 2007) define especificamente a área de captação como a porção das paredes projetada paralelamente à superfície impermeável da cobertura. Portanto, a área das paredes não deve ser incluída no cálculo da área de captação.

3.7.2 Vazão de projeto

O fluxo da água da chuva na cobertura é direcionado para calhas e condutores. O dimensionamento desses componentes é determinado pelo fluxo de projeto, conforme definido na NBR 10844 (ABNT, 1989). Para cálculo da vazão de projeto deve-se utilizar a fórmula especificada na NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (1)$$

Onde:

Q → é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

I → é a intensidade pluviométrica, devendo ser expressa em milímetros por hora (mm/h);

A → é a área de contribuição, devendo ser expressa em metros quadrados (m²).

3.7.3 Sistema *First flush*

De acordo com TOMAZ (2010a), o aumento inicial da água da chuva que passa através de um telhado seco num período mínimo de três dias é referido como a primeira descarga. O autor reconhece que há pesquisas limitadas sobre o fenômeno da primeira descarga em superfícies impermeáveis, como ruas e avenidas, o que é superado pelas pesquisas realizadas em telhados para sistemas de coleta de águas pluviais.

TOMAZ (2010a) afirma que a maior parte da sujeira presente no telhado é levada pelas primeiras águas pluviais. Portanto, ao utilizar o método de primeira descarga, qualquer água contaminada nos primeiros minutos de chuva pode ser efetivamente descartada através de um desvio autolimpante.

Para enfatizar a importância da primeira descarga, TOMAZ (2010a) destaca que 90% das partículas de sujeira possuem diâmetros menores que 45µm, enquanto os melhores dispositivos de retenção disponíveis no mercado brasileiro possuem malha de 270 µm. Isto confirma que estes dispositivos não são tão eficientes quanto a primeira descarga na retenção de partículas contaminantes na água. A utilização da primeira descarga e o estabelecimento de parâmetros específicos para o seu dimensionamento não são obrigatórios pela NBR 15527

(ABNT, 2019). Esses aspectos ficam a critério do projetista, que só é aconselhado a empregar um descarte de 2mm ou 2 L/m² nos casos em que os dados de dimensionamento não estejam disponíveis.

3.7.4 Coeficiente de *runoff*

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019), o coeficiente que representa a correlação entre a quantidade total de escoamento superficial e a quantidade total de precipitação é conhecido como coeficiente de escoamento superficial. Este coeficiente pode variar dependendo do tipo de superfície. Corroborando isso, Tomaz (2009b) explica que, ao realizar os cálculos, o volume de água da chuva que pode ser aproveitado difere do volume de água que efetivamente cai como precipitação. Isso ocorre porque há perdas de volume devido a fatores como evaporação, limpeza de telhados, processos de autolimpeza, entre outros fatores. Ao enfatizar isso, o autor reforça a definição contida na norma e identifica o coeficiente de escoamento superficial como a proporção do volume que flui superficialmente em relação ao volume total.

A Tabela 1 apresenta o coeficiente de escoamento superficial para diversos materiais, indicando a precipitação total.

A composição das coberturas mais comuns pode incluir este elemento específico.

Tabela 1 - Coeficiente de Runoff

Material do telhado	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, pvc	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ 2010a).

Segundo Tomaz (2009b), apesar dos valores indicados na tabela 1, o coeficiente de escoamento recomendado a ser utilizado é $C = 0,95$. Adicionalmente, Tomaz enfatiza a fórmula

que deve ser utilizada para calcular o volume de água aproveitável através da aplicação do referido coeficiente de escoamento, conforme demonstrado a seguir:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush} \quad (2)$$

Onde:

V → é o volume da cisterna em litros;

P → é a precipitação média anual, devendo ser expressa em milímetros (mm);

A → é a área do telhado em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

C → é o coeficiente de runoff do telhado (adimensional);

η → é o rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema.

3.7.5 Considerações para dimensionamento de calhas

Conforme orientações da NBR 10.844 (ABNT, 1989), as calhas têm a finalidade de coletar e direcionar a água de telhados, terraços e estruturas similares para um local determinado. A norma NBR 10844 (ABNT, 1989) distingue três tipos de calhas: calhas de sótão, calhas de beiral e calhas de platibanda. É especificado que beirais e calhas de platibanda devem manter uma inclinação consistente de pelo menos 0,5% e devem ser idealmente posicionadas centralmente abaixo da borda do telhado, o mais próximo possível dela. Nos casos em que não exista saída numa das extremidades, isto deverá ser levado em consideração.

O foco principal do projeto é o fluxo, especificamente a maior área de contribuição. Em relação às calhas para água do sótão, a NBR 10844 (ABNT, 1989) destaca a importância de garantir que a inclinação seja paralela à do telhado. Além disso, a norma especifica que nos casos em que a saída esteja a menos de 4 metros de distância de uma mudança de direção em beirais ou calhas de platibanda, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes descritos na tabela 2.

Tabela 2 – Coeficientes multiplicativos de vazão de projeto.

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

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

Conforme orientação da NBR 10.844 (ABNT, 1989), o dimensionamento das calhas deve ser feito utilizando a fórmula de Manning-Strickler ou qualquer outra fórmula que se considere equivalente.

Abaixo estão as fórmulas para a fórmula de Manning-Strickler e a fórmula do raio hidráulico.

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times Rh^{2/3} \times I^{1/2} \quad (3)$$

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (4)$$

Onde:

Q → é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

S → é a área da seção molhada, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

n → é o coeficiente de rugosidade (tabela 3);

Rh → é o raio hidráulico, devendo ser expresso em metros (m);

P → é o perímetro molhado, devendo ser expresso em metros (m);

I → é a declividade da calha, devendo ser expressa em metros (m/m);

K → valor igual a 60.000.

Os coeficientes de rugosidade dos materiais de calha comumente usados são exibidos na Tabela 3, fornecendo informações valiosas sobre seus valores.

Tabela 3 – Coeficientes de rugosidade

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: Adaptado de ABNT (1989)

A capacidade das calhas semicirculares, com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$, está representada na Tabela 4 para diversos valores de inclinação. Esses valores foram calculados utilizando a fórmula de Manning Strickler e assumindo uma profundidade de água igual à metade do diâmetro interno.

Tabela 4 – Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (vazão em L/min)

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

Fonte: Adaptado da ABNT (1989)

De acordo com as orientações previstas na NBR 15527 (ABNT, 2007), é obrigatória a instalação de dispositivos de remoção de entulhos em calhas, bem como condutores verticais e horizontais. Esses dispositivos deverão atender às especificações previstas na NBR 12213 (ABNT, 1992), incluindo a utilização de grades e telas.

3.7.6 Considerações para condutores verticais

Os condutores verticais, conforme definidos pela NBR 10844 (ABNT, 1989), são tubos verticais destinados especificamente a captar água de calhas, telhados e terraços e orientá-la em direção à base da edificação. Ressalta-se na NBR 10844 (ABNT, 1989) que idealmente esses eletrodutos devem ser projetados e instalados em uma única linha reta, e caso sejam necessárias mudanças de direção, devem ser empregadas curvas de 45° ou 90° com raio especificado. A norma também fornece orientações adicionais sobre este assunto.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), é imprescindível que os condutores verticais tenham diâmetro interno mínimo de 70 mm. Além disso, ao determinar o tamanho

adequado para condutores verticais, as seguintes informações devem ser levadas em consideração:

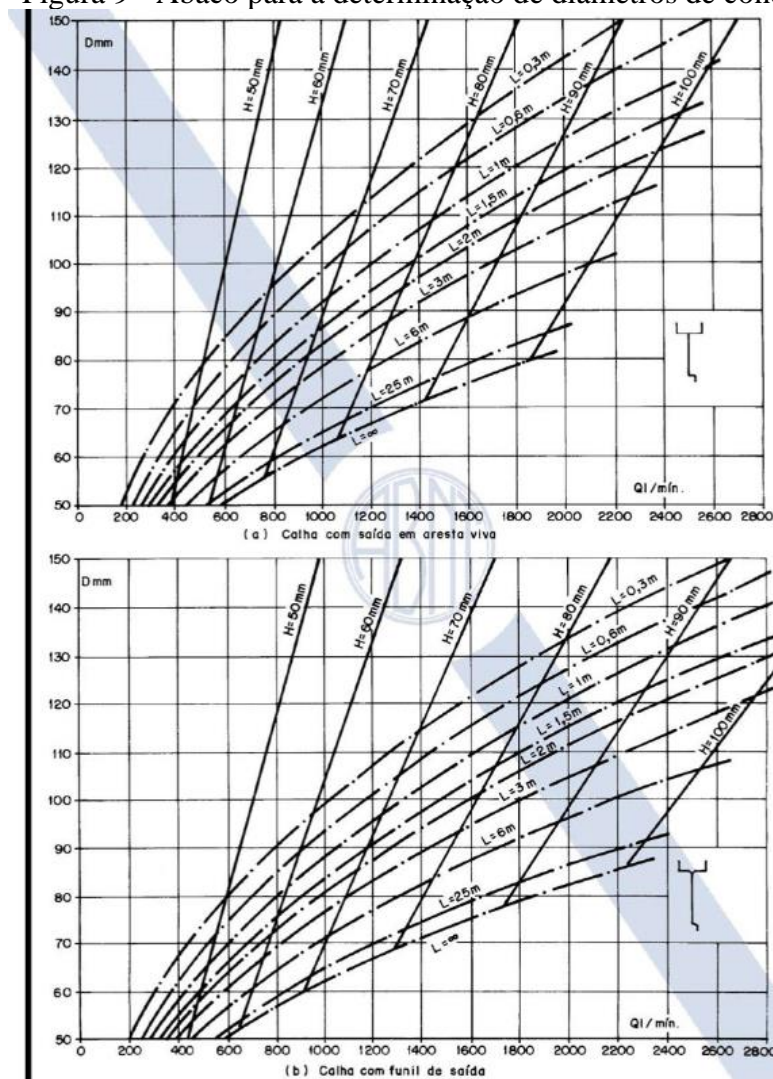
$Q \rightarrow$ é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

$H \rightarrow$ é a altura da lâmina de água na calha, devendo ser expressa em milímetros (mm);

$L \rightarrow$ é o comprimento do condutor vertical, devendo ser expresso em metros (m).

Posteriormente, para determinar o diâmetro interno do condutor vertical conforme mostrado na figura 9, a NBR 10844 (ABNT, 1989) especifica o ábaco que deve ser utilizado no cálculo do valor dos dados definidos.

Figura 9 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais



Fonte: (ABNT, 1989)

3.7.7 Considerações para condutores horizontais

Conforme orientações da NBR 10.844 (ABNT, 1989), as tubulações horizontais têm a finalidade de coletar a água da chuva e direcioná-la para destinos autorizados. No caso de eletrodutos horizontais, a NBR 10.844 (ABNT, 1989) determina que seu projeto deve priorizar a manutenção de um declive consistente, com valor mínimo de 0,5%. Além disso, a norma especifica que ao determinar o tamanho de conduítes horizontais circulares, a vazão deve ser calculada com base em uma profundidade de água equivalente a 2/3 do diâmetro interno (D) da tubulação.

As diretrizes previstas na NBR 10.844 (ABNT, 1989) também enfatizam a importância de atender situações específicas envolvendo tubulações expostas e enterradas. De acordo com a norma, são exigidas inspeções nas tubulações expostas sempre que elas estiverem conectadas a outras tubulações, sofrerem mudanças de inclinação ou direção, ou a cada 20 metros em trajetos retos. Da mesma forma, para tubulações enterradas, a disponibilização de caixas de areia é necessária em casos de ligações de tubulações, mudanças de inclinação ou direção e a cada 20 metros em trajetos retos. Adicionalmente, a norma destaca a exigência de curvas de longo raio nas ligações entre condutores horizontais e verticais, independentemente de estarem expostos ou enterrados, com previsão de inspeções ou caixas de areia.

A principal ênfase da NBR 15527 (ABNT, 2019) é que as caixas de areia não são adequadas para utilização em sistemas de captação de águas pluviais. Em vez disso, caixas de inspeção devem ser utilizadas nessas tubulações. A capacidade de fluxo dos condutores de seção horizontal é fornecida na Tabela 5.

No formato circular, todas as vazões foram determinadas através de cálculos utilizando a fórmula de Manning-Strickler, com a profundidade da água fixada em 2/3 do diâmetro interno (D).

Tabela 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

	Diâmetro interno (D) (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
		0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226

3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: Adaptado de ABNT (1989)

3.7.8 Do filtro a ser utilizado

Conforme afirma Rodrigues (2010), esses dispositivos são normalmente instalados no sistema de tubulação antes do reservatório para remover eficazmente sedimentos e pequenos detritos da água. Este processo melhora significativamente a qualidade da água armazenada, reduzindo a presença de microrganismos e algas. Dentre os diversos tipos de filtros disponíveis no mercado, Tomaz (2010b) destaca o filtro volumétrico pela sua excepcional eficiência. Independentemente do volume de água que passa, este filtro elimina detritos de forma consistente. O autor explica ainda que esse tipo de filtro consiste em peneiras de limpeza automática, que filtram e descartam os detritos com eficiência, mas geram algum subproduto no processo.

O processo de filtração do filtro volumétrico é elucidado na Figura 10, proporcionando uma compreensão abrangente de sua mecânica. Foi demonstrado que este processo resulta em perdas que variam de aproximadamente 20% a 55%.

Figura 10 – Filtro para Cisterna



Fonte: Aquesol [201-].

3.7.9 Dimensionamento do reservatório

O dimensionamento de reservatórios de águas pluviais pode ser realizado por meio de seis métodos distintos, conforme especifica a NBR 15527 (ABNT, 2019). A seleção do método mais adequado para um determinado projeto fica a critério do projetista. As seções a seguir apresentarão uma explicação detalhada de métodos.

3.7.10 Rippl

O dimensionamento pode ser estabelecido através da utilização de séries históricas, mensais ou diárias nesta abordagem específica.

O método de Rippl, conforme afirma Tomaz (2011b), ganhou popularidade como a abordagem mais utilizada devido à sua simplicidade e praticidade. Normalmente, este método fornece o valor mais alto para o volume do reservatório, servindo como uma referência valiosa para o volume limite máximo.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (5)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação} \quad (6)$$

$$V = \sum S_{(t)} \text{ Somente Para Valores } S_{(t)} > 0 \quad (7)$$

Onde:

$S(t) \rightarrow$ é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo;

$Q(t) \rightarrow$ é o volume de chuva utilizável em um certo espaço de tempo;

$D(t) \rightarrow$ é a demanda ou consumo em um certo espaço de tempo;

$V \rightarrow$ é o volume necessário para reservatório;

$C \rightarrow$ é o coeficiente de escoamento superficial.

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

3.7.11 Método da simulação

A exclusão da evaporação da água é um aspecto crucial desta abordagem. Ao analisar um mês específico, a equação de continuidade é empregada para avaliar um reservatório finito.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (8)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação} \quad (9)$$

Onde:

$S(t)$ → é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo;

$S(t-1)$ → é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo, menos 1;

$Q(t)$ → é o volume de chuva utilizável em um certo espaço de tempo;

$D(t)$ → é o consumo ou demanda em um certo espaço de tempo;

V → é o volume do reservatório definido;

C → é o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de Runoff.

Portanto, a norma ressalta a importância de desenvolver duas hipóteses para este método. Destaca ainda que no início da contagem do tempo “t”, o reservatório deve estar completamente cheio, e os dados históricos servem como evidência demonstrativa das condições futuras.

3.7.12 Azevedo Neto

Neste método o volume de chuva é encontrado utilizando a seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (10)$$

Onde:

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

T → é a quantidade de meses de pouca chuva ou seca;

A → é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

V → é o volume de água aproveitável e do reservatório, devendo ser expresso em litros (L).

3.7.13 Prático alemão

O método empírico discutido considera o menor valor do volume do reservatório e utiliza 6% do volume anual de consumo ou o volume anual de precipitação utilizável.

$$V \text{ adotado} = \text{mín.}(V; D) \times 0,06 \quad (11)$$

Onde:

V → é volume anual aproveitável de água de chuva, devendo ser expresso em litros (L);

D → é a demanda anual da água não potável, devendo ser expresso em litros (L);

V adotado → é o volume de água do reservatório, devendo ser expresso em litros (L).

3.7.14 Prático Inglês

Neste método o volume de chuva é encontrado por meio da seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (12)$$

Onde:

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

A → é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

V → é o volume de água utilizável e de água da cisterna, devendo ser expresso em litros (L).

3.7.15 Prático Australiano

Para este método o volume de chuva deve ser encontrado utilizando a seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (13)$$

Onde:

C → é o coeficiente de escoamento superficial, sendo usualmente 0,8;

P → é a precipitação média mensal, devendo ser expressa em (mm);

$I \rightarrow$ é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, sendo usualmente 2 mm;

$A \rightarrow$ é a área de captação, devendo ser expressa em metros quadrados (m^2);

$Q \rightarrow$ é o volume mensal gerado pela chuva.

Depois disso, o volume do reservatório é determinado utilizando um método de cálculo que foi refinado através de numerosos testes, resultando em maior confiabilidade e valores de volume do reservatório mais precisos.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - V_t \quad (14)$$

Onde:

$Q_t \rightarrow$ é o volume mensal gerado pela chuva no mês t ;

$V_t \rightarrow$ é o volume de água encontrado no tanque no final do mês t ;

$V_{t-1} \rightarrow$ é o volume de água encontrado no tanque no início do mês t ;

$D_t \rightarrow$ é a demanda mensal;

Nota: Para o primeiro mês considera-se o reservatório vazio.

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

O volume do tanque designando será T .

Determinação do valor de falha para se encontrar o valor de confiança:

$$P_r = N_r/N \quad (15)$$

Onde:

$P_r \rightarrow$ é a falha; (14) (15)

$N_r \rightarrow$ é a quantidade de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

$$\text{Confiança} = (1 - P_r) \quad (16)$$

Aconselha-se que os valores de confiança fiquem entre 90% e 99%.

3.7.16 Para o dimensionamento do sistema elevatório

Na pesquisa de Netto (et al., 1998), explica-se que as bombas são dispositivos mecânicos projetados para transferir energia para a água, permitindo que ela se desloque de um local para outro através do sistema de tubulação. O estudo menciona ainda que as bombas centrífugas elétricas são comumente utilizadas em instalações de água, pois podem ser fabricadas para esse fim.

A exigência de bombeamento em diversos modelos é enfatizada na NBR 15527 (ABNT, 2019), que especifica que deve seguir as orientações descritas na NBR 12214 (ABNT, 2020). A norma também exige a consideração de recomendações para tubulações de sucção e descarga, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motobomba. Adicionalmente, permite a instalação de um dosador automático de derivado clorado adjacente à bomba.

Assim, para determinar o tamanho adequado de todo o conjunto de elevação, Netto (et al., 1998) enfatiza a utilização das seguintes equações:

Equação 17: Determinação do diâmetro de recalque, conforme Bresse;

Equação 18: Determinação do diâmetro de recalque com relação às horas de funcionamento do conjunto motor-bomba, conforme a NBR 5626 (ABNT, 2020);

Equação 19: Creder (2006);

Equação 20: Determinação da perda de carga com relação ao comprimento da tubulação e perdas localizadas, conforme Hazen-Williams;

Equação 21: Determinação da potência do conjunto motor-bomba;

$$\phi_{\text{recalque}} = k \times \sqrt{Q} \quad (17)$$

$$\phi_{\text{recalque ABNT}} = 1,3 \times X^{0,25} \times \sqrt{Q} \quad (18)$$

$$H_f = \frac{10,641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times L \quad (19)$$

$$H_{man} = H_g + \sum H_f \quad (20)$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \mu} \quad (21)$$

Sendo:

$K \rightarrow$ Coeficiente = 1,2;

$Q_p \rightarrow$ Vazão de projeto, devendo ser expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s);

$X \rightarrow$ Relação entre horas de funcionamento diário e 24 h;

$H_f \rightarrow$ Perda de carga, devendo ser expressa em metros (m);

$C \rightarrow$ Coeficiente Hazen-Williams;

$D \rightarrow$ Diâmetro das tubulações, devendo ser expresso em metros (m);

$P \rightarrow$ Potência da bomba, devendo ser expressa em cavalos (cv);

$H_{man} \rightarrow$ Altura manométrica, devendo ser expressa em metros (m);

$H_g \rightarrow$ Altura geométrica, devendo ser expressa em metros (m);

$Y \rightarrow$ Peso específico da água;

$\mu \rightarrow$ Rendimento do conjunto motor-bomba.

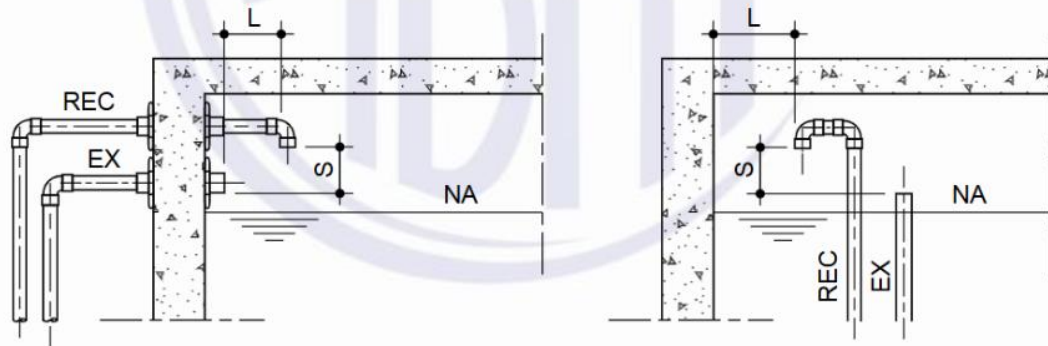
3.7.17 Acréscimo aos reservatórios com água potável

Em épocas de seca, os reservatórios do sistema de aproveitamento de águas pluviais podem não conter água suficiente para suprir a necessidade de água não potável do edifício. Como resultado, água adicional deve ser fornecida ao sistema.

Para evitar a contaminação da água potável, a NBR 5626 (ABNT, 2020) enfatiza a importância da implementação de medidas que garantam a separação entre os sistemas de água potável e não potável. A norma menciona especificamente o método de separação atmosférica, que requer uma barreira física entre o ponto de abastecimento e o nível de transbordamento do reservatório. Adicionalmente, a norma fornece orientações para o correto posicionamento do ponto de abastecimento em relação ao restante da rede de abastecimento de água.

As Figura 11 e 12, e a tabela 6 ilustra a localização e a separação atmosférica mínima do reservatório.

Figura 11– Separação atmosférica padronizada em reservatório superior



Legenda

EX extravasor

REC recalque

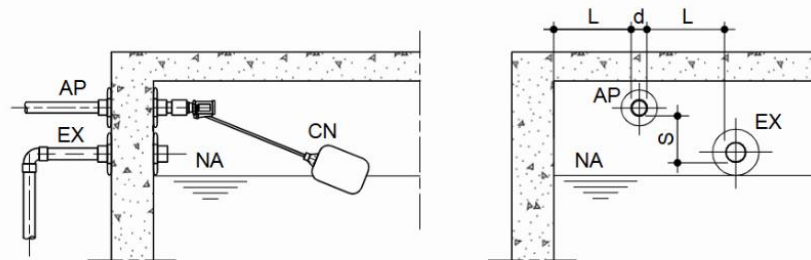
NA nível d'água (máximo)

L distância mínima entre o ponto de suprimento ou de utilização e qualquer obstáculo periférico ($L \geq 3d$)

S separação atmosférica mínima

Fonte: (ABNT, 2020)

Figura 12– Separação atmosférica padronizada em reservatório inferior



Legenda

AP alimentador predial

CN dispositivo automático de controle de nível

EX extravasor

NA nível d'água (máximo)

d diâmetro interno do tubo a montante do ponto de suprimento ou de utilização

L distância mínima entre o ponto de suprimento ou de utilização e qualquer obstáculo periférico ($L \geq 3d$)

S separação atmosférica mínima

Fonte: (ABNT, 2020)

Tabela 6 - Separação atmosférica mínima.

d mm	S mm
≤ 14	≥ 20
$14 < d \leq 21$	≥ 25
$21 < d \leq 41$	≥ 70
$d > 41$	$\geq 2d$

Fonte: Adaptado de ABNT (2020)

De acordo com as diretrizes da NBR 5626 (ABNT, 2020), afirma-se também que nos casos em que uma edificação possua instalação de água fria abastecida com água não potável, é necessário distinguir todos os reservatórios, tubulações e pontos de utilização por meio de símbolos e cores. Adicionalmente, os utilizadores deverão ser alertados com a mensagem de aviso: “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

3.8 Período de manutenção do sistema

Para garantir o funcionamento ideal e seguro do sistema de aproveitamento de água pluvial, é necessária a realização de manutenções regulares em todos os seus componentes, conforme previsto na NBR 15527 (ABNT, 2019). Para facilitar isso, a norma fornece diretrizes específicas para intervalos de inspeção e manutenção, que estão detalhados na tabela 7, com variações dependendo do componente específico.

Tabela 7 – Frequência de manutenção

Componente	Frequência de Manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza Trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza Trimestral
Calhas	Inspeção semestral Limpeza quando necessário

Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral Limpeza quando necessário
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual Limpeza quando necessário

Fonte: Adaptado de ABNT (2019)

A norma ABNT NBR 15527 (2019) destaca a importância de abordar cenários de manutenção onde são utilizados produtos que possam representar risco à saúde humana na área de coleta. Especifica que, nesses casos, o sistema deve ser desligado em ponto específico para evitar qualquer potencial contaminação da água armazenada na caixa d'água. Conforme afirma Rodrigues (2010), os usuários do sistema podem realizar inspeções por conta própria. No entanto, quando se trata de tarefas de manutenção relacionadas com sistemas de bombagem e tratamento, é necessário recorrer à experiência de técnicos especializados.

3.9 Média do consumo de água utilizando o IC

O indicador conhecido como IC, descrito por Oliveira e Gonçalves (1999), calcula a quantidade de água consumida em um determinado período de tempo e divide pelo número de indivíduos que consomem água nesse período. Este cálculo nos fornece um valor que representa a quantidade de água que pode ser consumida por cada pessoa em diversos tipos de estruturas.

Conforme afirmam Oliveira e Cardoso (2002), a fórmula para determinação do indicador de consumo (IC) é a seguinte:

$$IC = \frac{\text{Consumo de água do período}}{n^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (22)$$

Para garantir uma medição precisa do consumo de água em um período específico, o manual Conservação e Reúso de Água em Edificações (FIESP et al, 2005) sugere um método. Nos casos em que o consumo não varia sazonalmente, recomenda-se calcular a média e o desvio padrão da fatura de água dos três meses anteriores. Comparando estes valores com o intervalo determinado pela média \pm , pode-se obter um valor representativo.

O consumo médio histórico, representado pelo valor médio, é determinado pelo desvio padrão e pode ser utilizado como indicador de consumo de água na fórmula IC para o período determinado. No entanto, caso algum dos três valores mencionados ultrapasse o intervalo indicado, a média e o desvio padrão deverá ser recalculados com base no cálculo da conta de água do consumo do edifício nos últimos doze meses.

Em seguida, elimine quaisquer valores de consumo que estejam fora da faixa determinada pela média mais ou menos duas vezes o desvio padrão. Este processo permite o cálculo de uma nova média, que inclui apenas os valores dentro do intervalo especificado. A nova média resultante representa o valor histórico do consumo.

3.10 Estudo da precipitação do município

Para criar sistemas de captação de água da chuva de forma eficaz, é crucial realizar pesquisas completas. Esta pesquisa deve incluir a obtenção de dados históricos de precipitação específicos para o local de estudo. Instituições como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Agência Nacional de Águas (ANA) desempenham um papel significativo neste processo. Através de suas estações meteorológicas, eles coletam medições relacionadas a diversos fenômenos naturais que ocorrem em uma determinada área. Consequentemente, podem fornecer dados abrangentes sobre precipitação, incluindo registros anuais, mensais, diários e até horários.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024) define uma estação meteorológica de superfície automática como um sistema composto por uma unidade central de memória e múltiplos sensores. Esses sensores coletam dados meteorológicos a cada minuto e fornecem atualizações de hora em hora sobre vários fatores, como direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, umidade, temperatura, precipitação e radiação solar. Na Tabela 8 são apresentados dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), apresentando especificamente a precipitação mensal registrada em Varginha-MG no período de janeiro de 2014 a maio de 2023. Esses dados permitem estimar os níveis médios de precipitação para cada mês ao longo do ano.

Tabela 8 - Histórico de precipitação média mensal

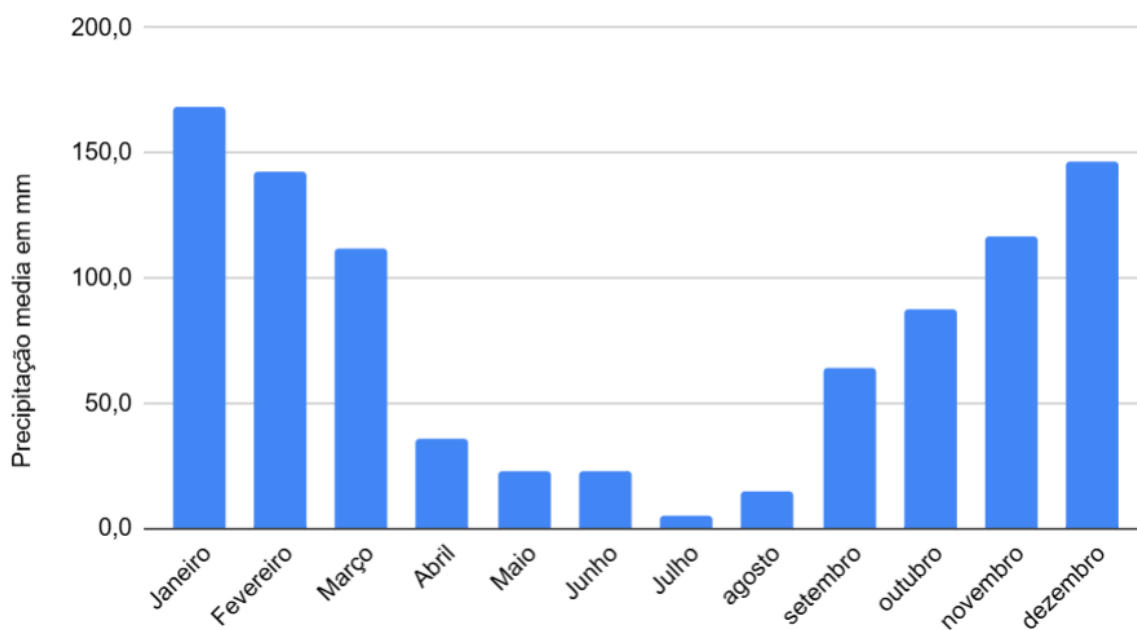
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2014	90,8	13,6	124,6	87,4	15,4	5,4	35,2	14,2	46	42,2	114,2	180
2015	114,6	137,2	196,4	78,4	50,4	10,6	6	18,2	133,6	41	317,4	181,2
2016	345	164,2	192,6	23	0	59,8	1	1	0	149,4	189,4	165,6
2017	140,4	73,8	128,2	36,2	66	47,6	0,2	13	67,6	134,4	143	1
2018	1	150	77,4	15,6	27	26,8	2,4	64	97	112,2	158,2	1
2019	1	0	104,2	44,2	1	0	0	8,4	72	21,8	84,2	218,6
2020	156,6	452,6	96,6	31,4	12,8	20,8	0,6	14,8	34,2	23,2	1	0
2021	153,1	1	59,2	10,2	29,6	32,2	0,8	0,4	29	178	0	206
2022	192,2	148,6	5,2	13,8	0	1	1	17	101	98	12,8	351,4
2023	489,4	288,2	130,8	22,4	25,2	22,7	4,7	1	58	80,1	146	163
Média	168,41	142,92	111,52	36,26	22,74	22,69	5,19	15,2	63,84	88,03	116,62	146,78

Fonte: Adaptado INMET (2024)

Tomando como base os últimos 10 anos de precipitação histórica da cidade de Varginha-MG, a figura 13, a seguir, destaca os meses de janeiro, fevereiro e dezembro, como sendo os meses com maior índice de precipitação média mensal.

Figura 13 – Precipitação medial mensal de Varginha

Precipitação média em mm versus



Fonte: Adaptado INMET (2024)

3.11 Intensidade de precipitação

O software Plúvio, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa em colaboração com os Departamentos de Engenharia Agrícola e Engenharia Civil, fornece um meio de determinar a intensidade, duração e frequência (IDF) das chuvas em áreas específicas do Brasil. Este software permite aos usuários acessarem a equação de chuvas intensas em diversas regiões do país. Os desenvolvedores enfatizam que o método mais eficaz para definir a intensidade das chuvas é através da equação IDF, ilustrada abaixo:

$$I_m = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (23)$$

Onde:

I_m → é a intensidade máxima média de precipitação, devendo ser expressa em (mm/h);

T → é o período de retorno em anos;

t → é a duração da precipitação em minutos;

K → parâmetro relativo à localidade;

a → parâmetro relativo à localidade;

b → parâmetro relativo à localidade;

c → parâmetro relativo à localidade.

Para utilizar a fórmula citada será necessário recorrer ao software Plúvio para obter os valores de (K , a , b , c). É importante notar que estes valores irão variar dependendo da região específica que está sendo estudada. Conforme afirma Tomaz (2015), o período de retorno (T) refere-se ao intervalo médio de tempo em que determinado fenômeno hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. De acordo com a NBR 10.844 (ABNT, 1989), a determinação do período de retorno (T) deve ser baseada nas características da área de drenagem, seguindo os valores descritos na tabela 9. Além disso, especifica-se que a duração da precipitação (t) deve ser definida em 5 minutos.

Tabela 9 – Período de retorno

Característica da área a ser drenada	T (anos)
Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados	1 ano
Coberturas e ou terraços	5 anos

Coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possam ser tolerados	25 anos
--	---------

Fonte: Adaptado de ABNT (1989)

4 METODOLOGIA

Para garantir a viabilidade da iniciativa de captação e aproveitamento de águas pluviais no residencial Reserva das Flores, foi elaborada uma metodologia abrangente. Esta metodologia abrange diversas etapas, incluindo avaliação do local, coleta de informações do residencial, estimativa das médias mensais de precipitação, determinação da intensidade da precipitação, identificação das áreas contribuintes, definição da vazão do projeto, estimativa do consumo de água potável, avaliação da demanda de água não potável, cálculo de potencial de economia de água potável, dimensionamento de calhas e condutores verticais, determinação do volume útil a partir da precipitação mensal, dimensionamento de reservatórios, projeto de sistemas de elevação, dimensionamento de redes de distribuição, elaboração de projetos hidráulicos, levantamento quantitativo e estimativa de custos, além de notas descritivas e de cálculo.

4.1 Local de estudo

Conhecimentos fundamentais para o desenvolvimento do projeto podem ser adquiridos através da realização do estudo dentro do residencial Reserva das Flores localizado em Boa Esperança/MG. Ao realizar visitas técnicas e analisar o projeto arquitetônico, é possível obter dados valiosos.

A seguir, a figura 14 demonstra vista aérea do local a ser estudado.

Figura 14 – Vista aérea da localização do Reserva das Flores.



Fonte: Google Earth (2024)

Este projeto será desenvolvido para um único bloco, tendo a possibilidade de ser executado nos demais blocos, pelo fato de se tratar de torres idênticas.

4.2 Projeção da precipitação média mensal

Para determinação da precipitação média mensal no local de estudo serão utilizados dados de janeiro de 2014 a maio de 2024 no município de Boa Esperança/MG (tabela 8), fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

4.3 Projeção da intensidade de precipitação

Para determinar os níveis de intensidade de precipitação em Boa Esperança-MG, utilizaremos a equação de intensidade, duração e frequência de precipitação (IDF). Esta equação será combinada com dados obtidos no software Plúvio e levará em consideração os valores prescritos para o período de retorno (T) e duração (t). A equação é a seguinte:

$$I_m = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (24)$$

4.4 Demarcação da área de cobertura contribuinte

Através da realização de visitas técnicas in loco e da análise do projeto arquitetônico do residencial, iremos recolher dados essenciais relativos à área e inclinação da cobertura, bem

como à área da platibanda. Esses dados servirão de base para o cálculo da área contribuinte, utilizando as fórmulas prescritas para superfícies inclinadas e superfícies verticais de acordo com as normas descritas na figura 8, especificamente nas seções (b) e (d). As fórmulas são as seguintes:

$$\text{Área} = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (25)$$

$$\text{Área} = \left(\frac{a \times b}{2} \right) \quad (26)$$

4.5 Definição da vazão de projeto

Para determinar a vazão de projeto do projeto, o primeiro passo é estabelecer a intensidade das chuvas e a área contribuinte da região. Essas informações serão então utilizadas para calcular a quantidade de água que o telhado pode captar por minuto, parâmetro crucial para o dimensionamento de calhas e calhas. O fluxo de projeto pode ser determinado usando a seguinte fórmula:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (27)$$

4.6 Projeção de demanda de água não potável

Na ausência de pesquisas suficientes no Brasil para estabelecer parâmetros de engenharia para prever o consumo de água em edifícios específicos, atualmente são utilizados dados estimados, conforme observado por Tomaz (2009). Segundo o autor, os vasos sanitários têm um consumo estimado de 9,0 L/descarga, enquanto os pátios comuns necessitam de aproximadamente 2,0 L/m² por dia para lavagem e os jardins comuns necessitam de 2,0 L/m² por dia para irrigação.

Tomaz (2009) destaca também que a frequência de utilização de casas de banho por pessoa é de aproximadamente 5 vezes por dia em ambientes industriais e 2 vezes por dia em escolas e edifícios de escritórios. Além disso, o autor menciona que os jardins são normalmente regados uma vez a cada 15 dias a duas vezes por semana.

Normalmente, os pátios são lavados uma vez a cada 15 dias a duas vezes por semana, enquanto outras áreas externas são limpas uma ou duas vezes por semana. Estas estimativas são importantes para determinar a quantidade de água não potável utilizada num agregado familiar.

4.7 Projeção da economia de água potável

A estimativa de economia de água potável a ser alcançada para o residencial Reserva das Flores com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, será feita através de coleta dados de valores cobrados pelo m³ de água potável junto a companhia SAAE (Serviço Autónomo de Água e Esgoto) de Boa Esperança. Assim será possível estimar o quanto economizará com o uso deste sistema.

4.8 Dimensionamento das calhas

Para determinar o tamanho adequado das calhas para o telhado em análise, consultaremos a tabela 4, que descreve a capacidade das calhas semicirculares conforme especificado na NBR 10844 (ver item 3.7.5). Nosso objetivo é minimizar o potencial de transbordamento devido a bloqueios nos bicos a jusante, por isso instalaremos duas calhas de plataforma, cada uma equipada com um bico a montante e a jusante.

4.9 Dimensionamento dos condutores verticais

Para estabelecer a ligação entre os condutores verticais e os bicos em ambas as extremidades de cada calha, será utilizado material de PVC (policloreto de vinila). O dimensionamento destes condutores será determinado através da equação fornecida por Vasconcelos (2017).

$$Q = 0,019 \times T_o^{5/3} \times D^{8/3} \quad (28)$$

Para determinar o diâmetro necessário, a equação será aplicada utilizando o valor de vazão designado (Q). Adicionalmente, será considerada uma taxa de ocupação de 30% (To). Assim, o seguinte cálculo pode ser feito:

Para acomodar a vazão de projeto em cada calha, será determinado o diâmetro apropriado e será selecionado um diâmetro disponível comercialmente, igual ou maior que o valor calculado.

4.10 Projeção do volume aproveitável da precipitação média mensal

O dimensionamento preciso do reservatório é fundamental para atender à demanda de água não potável gerada pela edificação. O fator chave na determinação do tamanho do reservatório é o volume utilizável da precipitação média mensal. Para calcular esse volume, utiliza-se a seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (29)$$

Assim, para determinar o volume utilizável, devem-se utilizar os valores médios mensais de precipitação, a área de captação, o coeficiente de escoamento superficial (que é 0,95 conforme indicado na seção 3.7.4) e a eficiência do dispositivo de filtragem (que é 0,8 conforme mencionado na seção 3.7.8).

4.11 Dimensionamento dos reservatórios

Para atender a demanda de água não potável do residencial, será implementado um sistema composto por dois reservatórios. Um reservatório ficará situado próximo a quadra poliesportiva, enquanto o outro será posicionado sobre o talude próximo ao reservatório de água potável. O tamanho dos reservatórios será determinado tanto pelo método Rippl (ver item 3.7.10) quanto pelo método Azevedo Netto (ver item 3.7.12). Os volumes obtidos por meio desses métodos serão então examinados e será selecionado o volume mais adequado ao projeto em questão para estabelecer as dimensões do reservatório.

Para garantir um abastecimento de água confiável, o reservatório superior será projetado para acomodar as necessidades diárias de água não potável das áreas comuns do residencial.

Sua capacidade deve ser suficiente para atender a demanda no período de dois dias, dispensando a necessidade de acionamento da unidade elevatória.

4.12 Dimensionamento do sistema elevatório

Para facilitar a transferência da água da chuva do reservatório inferior para o reservatório superior, deve ser instalado um sistema de elevação. Este sistema será composto por tubos de sucção, tubos de descarga e um conjunto motobomba que possui potência suficiente para impulsionar a água, garantindo que ela atinja toda a altura do sistema. O dimensionamento do sistema será determinado com base nas equações descritas por Netto (et al., 1998), que são explicadas detalhadamente na seção 3.7.16, levando em consideração os comprimentos equivalentes de cada componente especificados por Creder (2006). As equações são fornecidas abaixo:

$$\emptyset \text{ recalque} = k \times \sqrt{Q} \quad (30)$$

$$\emptyset \text{ recalque ABNT} = 1,3 \times X^{0,25} \times \sqrt{Q} \quad (31)$$

$$H_f = \frac{10,641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times L \quad (32)$$

$$H_{man} = H_g + \sum H_f \quad (33)$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \mu} \quad (34)$$

4.13 Dimensionamento da rede de distribuição

O dimensionamento da rede de distribuição obedecerá às especificações da NBR 5626 (ABNT, 1998). Estes requisitos determinam que a rede deve manter uma pressão mínima de 5 kPa em todos os locais e uma pressão mínima de 10 kPa nos pontos onde são utilizadas instalações sanitárias com caixas anexas e torneiras de jardim. Além disso, as tubulações da rede não devem ultrapassar a velocidade máxima de 3 m/s, e a perda de pressão por unidade não deve ultrapassar o limite especificado.

A proporção é de 0,08 m/m por unidade.

4.14 Elaboração do projeto hidráulico

Ao utilizar os resultados das equações fornecidas, realizar visitas técnicas para recolha de dados e consultar o projeto arquitetônico descrito no anexo A, o aspecto hidráulico do projeto pode ser desenvolvido de forma eficaz. Este processo de desenvolvimento ocorrerá dentro do programa AutoCad, será apresentado detalhadamente no apêndice , permitindo uma visão abrangente do projeto.

Ao fornecer uma visão abrangente do sistema e seus vários componentes, isso não só destacará todo o escopo do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais no bloco que está sendo examinado, mas também identificará todas as localizações específicas de calhas, condutores, reservatórios e outros elementos integrais.

4.15 Quantitativo e estimativa de custos

Ao finalizar o projeto e determinar as dimensões de todo o sistema, podemos proceder ao cálculo dos materiais necessários. Isso envolve determinar a quantidade de cada componente do sistema necessária para o projeto. Para determinar a quantidade, nos referiremos ao Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e à planilha de referência de preços para obras no Estado de Minas Gerais (SETOP). Ao estabelecer a quantidade e o custo de cada componente, podemos estimar com precisão o gasto total necessário para a execução do projeto.

4.16 Memorial descritivo e de cálculo

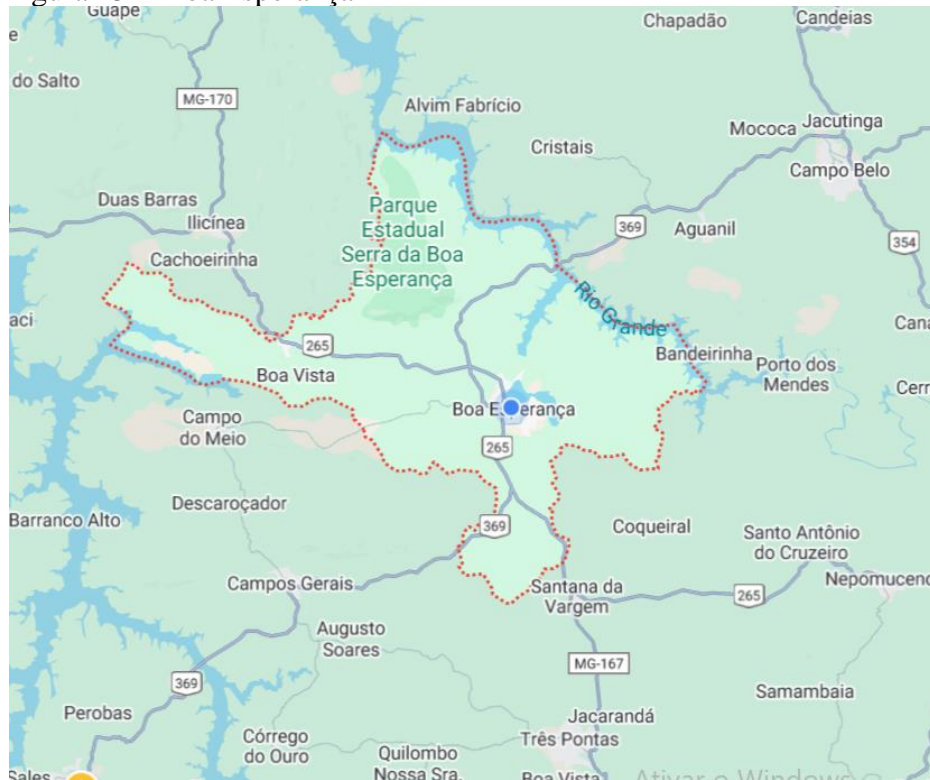
Uma vez devidamente avaliado o sistema e elaborado o projeto, será realizado um levantamento quantitativo e estimativa de custos. Em seguida, será elaborado o memorial descritivo e de cálculo, incluído no Anexo B. Este memorial apresentará não apenas o projeto em si, mas também enfatizará os métodos, materiais e tabelas utilizados ao longo de sua elaboração. Além disso, descreverá os materiais e serviços específicos necessários para a execução bem-sucedida do projeto.

5 RESULTADOS E DISCUSÕES

5.1 Local de estudo

A cidade de Boa Esperança está localizada na região do sul de Minas Gerais, a 275 km da capital Belo Horizonte. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município em 2022 conta com Área territorial de 860.669km² e uma população 39.848 habitantes.

Figura 15 - Boa Esperança



Fonte: Google Maps

A figura abaixo apresenta em execução o residencial Reserva das Flores, localizado na rua capitão Fortunato Maia 120, no bairro jardim das magnólias em Boa Esperança/MG. O empreendimento contará com 12 torres residências, sendo 4 torres com 6 pavimentos e 8 torres com 4 pavimentos, contendo 4 apartamentos por pavimento e um total de 224 apartamentos.

Figura 16 - Residencial em estudo.



Fonte: DM2 Construtora

Este projeto será executado para um único bloco, que poderá ser aplicado aos demais blocos, já que todas as torres têm o mesmo projeto arquitetônico.

5.2 Precipitação média do município.

Com base nos dados da série histórica de precipitação para a cidade de Varginha (ver tabela 8), foi possível elaborar a tabela 10. Nela, aplicou-se o método da média aritmética para calcular os valores de precipitação média mensal, referentes a cada mês do ano.

Tabela 10 - Precipitação histórica do município de Varginha

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2014	90,8	13,6	124,6	87,4	15,4	5,4	35,2	14,2	46	42,2	114,2	180
2015	114,6	137,2	196,4	78,4	50,4	10,6	6	18,2	133,6	41	317,4	181,2
2016	345	164,2	192,6	23	0	59,8	1	1	0	149,4	189,4	165,6
2017	140,4	73,8	128,2	36,2	66	47,6	0,2	13	67,6	134,4	143	1
2018	1	150	77,4	15,6	27	26,8	2,4	64	97	112,2	158,2	1
2019	1	0	104,2	44,2	1	0	0	8,4	72	21,8	84,2	218,6
2020	156,6	452,6	96,6	31,4	12,8	20,8	0,6	14,8	34,2	23,2	1	0
2021	153,1	1	59,2	10,2	29,6	32,2	0,8	0,4	29	178	0	206
2022	192,2	148,6	5,2	13,8	0	1	1	17	101	98	12,8	351,4
2023	489,4	288,2	130,8	22,4	25,2	22,7	4,7	1	58	80,1	146	163
Média	168,41	142,92	111,52	36,26	22,74	22,69	5,19	15,2	63,84	88,03	116,62	146,78

Fonte: Adaptado de INMET (2024)

A análise da tabela 10 revela que os valores de precipitação em janeiro costumam ser, na maioria das vezes, os mais altos registrados ao longo do ano, resultando na maior média de precipitação mensal para esse mês.

5.3 Cálculo de intensidade de precipitação

De acordo com a equação intensidade-duração-frequência (IDF) e os valores de (K, a, b, c) fornecidos pelo software Plúvio, além de considerar um período de retorno de 5 anos e duração de 5 minutos, ambos estabelecidos como especificações, é possível calcular a intensidade de precipitação na cidade de Boa Esperança/MG conforme figura abaixo.

Dados do Software Plúvio: k:4291,578, a: 0,175, b:31,733, c: 1,025.

$$I_m = \frac{4291,578 \times 5^{0,175}}{(5 + 31,733)^{1,025}} = 141,49 \text{ mm/h} \quad (35)$$

O valor da intensidade da precipitação obtido será crucial para calcular posteriormente a vazão de projeto do telhado do edifício durante a análise.

5.4 Area de contribuição

Ao estudar o projeto arquitetônico do local da investigação, informações sobre o tamanho do telhado do edifício foram obtidas, essas informações permitiram que os seguintes cálculos fossem feitos:

$$\text{Área } C1 = \left(6,90 + \frac{2,40}{2}\right) \times 16,13 = 130,65 \text{ m}^2 \quad (36)$$

$$\text{Área } C5 = \left(6,94 + \frac{2,40}{2}\right) \times 15,13 = 123,15 \text{ m}^2 \quad (37)$$

$$\text{Área } C2 + C8 = \left(\left(2,30 + \frac{0,95}{2}\right) \times 2,30\right) \times 2 = 12,76 \text{ m}^2 \quad (38)$$

$$\text{Área } C4 + C6 = \left(\left(6,57 + \frac{2,40}{2}\right) \times 6,57\right) \times 2 = 102,09 - 12,76 = 89,33 \text{ m}^2 \quad (39)$$

$$\text{Área } C3 + C7 = \left(\left(2,27 + \frac{0,95}{2}\right) \times 1\right) \times 2 = 5,49 \text{ m}^2 \quad (40)$$

Area de contribuição total: 361,38 m²

O valor da área contribuinte também é importante na determinação da vazão de projeto do telhado do edifício.

5.5 Cálculo da vazão de projeto

Após o cálculo dos parâmetros de intensidade de precipitação e área contribuinte, podemos agora calcular a vazão de projeto conforme mostrado abaixo para que ela possa ser usada na próxima seção para projetar calhas e condutores do sistema.

C1:308,09 L/min C2:15,04 L/min C3:6,46 L/min C4:105,31 L/min C5:290,40 L/min
C6:105,31 L/min C7:6,46 L/min C8:15,04 L/min

$$Q_{total} = \frac{141,49 \text{ mm/h} \times 361,38 \text{ m}^2}{60} = 852,19 \text{ litros/min} \quad (41)$$

5.6 Cálculo de estimativa de demanda de água não potável

Levando em consideração os 24 apartamentos para os blocos de 6 pavimentos e 16 apartamentos para o bloco de 4 pavimento, e uma estimativa de 3 pessoas por apartamento, totalizamos 72 pessoas para o bloco com 6 pessoas e 48 pessoas no bloco com 4 pavimentos. E consideraremos para este projeto: 5 descargas diária por pessoa; 2 litros por m² de limpeza de pátio e 150 litro de agua por limpeza de carro, chegaremos aos seguintes consumos:

Estimativa de demanda diária de água não potável considerando 72 pessoas das torres com 24 apartamentos.

$$\text{Gastos com descargas} = 9,0 \times 72 \text{ pessoas} \times 5 \text{ vezes ao dia} = 3240 \text{ L/dia} \quad (42)$$

$$\text{Gastos com descargas} = 9,0 \times 48 \text{ pessoas} \times 5 \text{ vezes ao dia} = 2160 \text{ L/dia} \quad (43)$$

Área de calçamento e limpeza de automóveis.

Portanto levando em consideração todo o calçamento de 136 m² presente ao redor do bloco, estima-se o seguinte cálculo.

$$\text{Gasto com limpeza de pátio} = 136 \text{ m}^2 \times 2 \text{ L/m}^2 = 272 \text{ L/a cada lavagem.} \quad (44)$$

Considerando a frequência de lavagem de carros de 4 vezes/mês e que o gasto seja de 150 litros por lavagem, conforme parâmetros de engenharia, obtêm-se:

$$\text{Gasto com limpeza de carro} = 1 \text{ carro} \times 150 \text{ litros/lavagem} \times 4 = 600 \text{ litros/mês} \times 18 \text{ carros} = 10.800 \text{ Litros/mês} \quad (45)$$

A partir dos valores apresentados, foi elaborada na tabela 11 uma estimativa de demanda mensal considerando a utilização do bloco durante 30 dias. Também foi estabelecido que os calçamentos poderão ser lavados 5 vezes durante o período de 30 dias, sendo 5 o número máximo que poderá ocorrer, em uma frequência de limpeza utilizada de 1 vez/semana. E também levaremos em consideração a limpeza de 4 vezes/mensais para cada um dos 18 automóveis

Tabela 11- Estimativa de demanda de água não potável.

Nº	Demanda	Utilização	Demanda diária (L)	Demanda mensal (L)	Demanda em m ³
1	72 pessoas	Vaso sanitário	3240	97.200	97,20
2	48 pessoas	Vaso sanitário	2160	64.800	64,80
3	Comum	Calçamento	-	1.360	1,36
4	Comum	Automoveis	-	10.800	10,80

Fonte: O autor.

Os valores de demanda de água não potável encontrados nos cálculos apresentados, serão fundamentais para que o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva possa ser projetado com precisão.

5.7 Dimensionamento das calhas

Serão fixadas 8 calhas no telhado, podendo ser elaborada a tabela 12, que a partir da vazão de projeto calculada (cf. item 5.6) e dos valores da tabela 4 da capacidade das calhas semicirculares prescritas pela NBR 10844 (cf. item 3.7.5), especifica o diâmetro das calhas e apresenta o comprimento e a inclinação na instalação.

Tabela 12 - Dimensionamento das calhas semicirculares.

Calhas	Dec. %	Calha (m)	n	Qp (L/min)	Acúmulo	Total trecho L/min	D. Int. (mm)	Verificação
C1	1	23,70	0,011	308,09	C1+C2+C3+C7+C8	351,09	150	ok
C2	1	4,60	0,011	15,04	C2+C3	21,50	150	ok
C3	1	1,00	0,011	6,46	C3	6,46	150	ok
C4	1	8,55	0,011	105,31	C4	105,31	150	ok

C5	1	21,70	0,011	290,40	C4+C5+C6	501,0 2	150	ok Continuação
C6	1	8,55	0,011	105,31	C6	105,3 1	150	ok
C7	1	1,00	0,011	6,46	C7	6,46	150	ok
C8	1	4,60	0,011	15,04	C7+C8	21,50	150	ok

Fonte: O autor.

5.8 Dimensionamento dos condutores verticais

A partir da equação para determinação do diâmetro dos condutores verticais e da vazão de projeto já calculada (ver item 5.6), pôde-se determinar o diâmetro (ver item 4.11) dos condutores verticais através dos seguintes cálculos:

$$Q_{CV1} = 351,09 \text{ litros/min} \quad (46)$$

$$351,09 = 0,019 \times 0,3^{5/3} \times D^{8/3} \quad (47)$$

$$D = 84,48 \text{ mm adotar } 150\text{mm}$$

$$Q_{CV2} = 501,02 \text{ litros/min} \quad (48)$$

$$501,02 = 0,019 \times 0,3^{5/3} \times D^{8/3} \quad (49)$$

$$D = 96,54 \text{ mm adotar } 150\text{mm}$$

A vazão do telhado foi distribuída entre dois condutores verticais, permitindo a escolha de um diâmetro adequado para suportar o volume de água de forma eficiente e segura.

5.9 Volume aproveitável da precipitação média mensal

Os valores médios mensais de precipitação determinados pela Tabela 8 e a equação de volume fornecida na seção 4.3 acima foram aplicados para desenvolver a Tabela 13, que estima o volume de chuva que pode ser colhido em cada mês do ano.

Tabela 13 - Volume aproveitável da precipitação média mensal.

Meses	Prec. Med. (mm)	Área Capt. (m)	Runoff	Rend. Filtro	Volume (L)	Volume (m ³)
Janeiro	168,41	294,54	0,95	0,8	37.698,64	37,70
Fevereiro	142,92	294,54	0,95	0,8	31.992,69	31,99
Março	111,52	294,54	0,95	0,8	24.963,79	24,96
Abril	36,26	294,54	0,95	0,8	8.116,81	8,12
Mai	22,74	294,54	0,95	0,8	5.090,35	5,09
Junho	22,69	294,54	0,95	0,8	5.079,16	5,08
Julho	5,19	294,54	0,95	0,8	1.161,78	1,16
Agosto	15,2	294,54	0,95	0,8	3.402,52	3,40
Setembro	63,84	294,54	0,95	0,8	14.290,60	14,29
Outubro	88,03	294,54	0,95	0,8	19.705,55	19,71
Novembro	116,03	294,54	0,95	0,8	26.105,43	26,11
Dezembro	146,78	294,54	0,95	0,8	32.856,76	32,86

Fonte: O autor

Vale lembrar, que valores de precipitação média e volume apresentados pela tabela 14, serão utilizados no dimensionamento do reservatório inferior do edifício.

5.10 Dimensionamento dos reservatórios

5.10.1 Dimensionamento do reservatório inferior

Para projetar um armazenamento que armazenasse um volume satisfatório de água necessária para a demanda não potável vinda do edifício, o reservatório inferior foi projetado pelo método Ripple e método Azevedo Netto.

Com base nisso, a Tabela 14 fornece o projeto produzido pelo método Ripple levando em consideração o número máximo de habitantes no local de 72 e 52 pessoas. A tabela calcula o volume total para o tanque com base na necessidade mensal de água não potável que é igual a 97,20, 64,80, e 12,16 m³/mês (conforme declarado no ponto 5.8) e os valores de volume trabalhável disponíveis conforme tabulado na Tabela 13 (conforme declarado no ponto 5.11).

Tabela 14 - Dimensionamento pelo método de Ripple, para o uso em vaso sanitário de 72 pessoas.

Meses	Cons. Mens (m³)	Vol. Mens (m³)	Vol. Result. (m³)
Janeiro	97,20	37,70	-59,50
Fevereiro	97,20	31,99	-65,21
Março	97,20	24,96	-72,24
Abril	97,20	8,12	-89,08
Maio	97,20	5,09	-92,11
Junho	97,20	5,08	-92,12
Julho	97,20	1,16	-96,04
Agosto	97,20	3,40	-93,80
Setembro	97,20	14,29	-82,91
Outubro	97,20	19,71	-77,49
Novembro	97,20	26,11	-71,09
Dezembro	97,20	32,86	-64,34
Volume do Reservatório Inf. (m ³)			Volume insuficiente para suprir consumo.

Fonte: O autor.

Tabela 15 - Dimensionamento pelo método de Ripple, para o uso em vaso sanitário de 48 pessoas.

Meses	Cons. Mens (m³)	Vol. Mens (m³)	Vol. Result. (m³)
Janeiro	64,80	37,70	-27,10
Fevereiro	64,80	31,99	-32,81
Março	64,80	24,96	-39,84
Abril	64,80	8,12	-56,68
Maio	64,80	5,09	-59,71
Junho	64,80	5,08	-59,72
Julho	64,80	1,16	-63,64
Agosto	64,80	3,40	-61,40
Setembro	64,80	14,29	-50,51
Outubro	64,80	19,71	-45,09
Novembro	64,80	26,11	-38,69
Dezembro	64,80	32,86	-31,94

Continuação

Volume do Reservatório Inf. (m ³)	Volume insuficiente para suprir consumo.
---	--

Tabela 16 - Dimensionamento pelo método de Ripple, para o uso em calçamento e limpeza de automóveis.

Meses	Cons. Mens (m ³)	Vol. Mens (m ³)	Vol. Result. (m ³)
Janeiro	12,16	37,70	25,54
Fevereiro	12,16	31,99	19,83
Março	12,16	24,96	12,80
Abril	12,16	8,12	-4,04
Maio	12,16	5,09	-7,07
Junho	12,16	5,08	-7,08
Julho	12,16	1,16	-11,00
Agosto	12,16	3,40	-8,76
Setembro	12,16	14,29	2,13
Outubro	12,16	19,71	7,55
Novembro	12,16	26,11	13,95
Dezembro	12,16	32,86	20,70
Volume do Reservatório Inf. (m ³)			50,00

A seguir, foi elaborada a tabela 17, que apresenta o dimensionamento com o método de Azevedo Netto e a determinação já do volume total de reservatório através dos meses de pouca chuva, a área de captação (ver item 5.5) e a soma dos valores médios mensais de tabela apresentada na tabela 13 (ver item 5.11).

Tabela 17 - Dimensionamento pelo método de Azevedo Netto.

Fator	Prec. Anual (mm)	Área Capt. (m)	M. Pouca chuva	Vol. Res. (m ³)
0,042	940,20	294,54	5	58,15

Fonte: O autor.

Logo, observa-se que, ao realizar o dimensionamento pelo método de Ripple, verificamos uma insuficiência de volume de água pluvial para suprir a demanda dos gastos

com bacia sanitária, sendo possível somente o dimensionamento para limpeza de calçadas e veículos.

Assim, para facilitar a construção e a distribuição adequada da água, o tanque será enterrado e construído em concreto armado. Sua medida interna será de 5,0 m x 5,0 m x 3,0 m (comprimento x largura x altura), sendo um metro de altura destinado ao encanamento da elevação e dois metros de altura para o fornecimento de água, de modo que possa armazenar cinquenta mil litros de água da chuva.

5.10.2 Dimensionamento do reservatório superior

Assim como o reservatório inferior, o reservatório superior também foi dimensionado visando atender a limpeza de 18 veículos e a limpeza do calçamento ao redor do edifício. Vale ressaltar, que o reservatório superior de água não potável não inclui reserva de incêndio, estando esta reserva atribuída ao reservatório de água potável já existente. Cálculo a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Vol. do Reservatório para uso comum (calçamento e automóvel)} &= 272 + 2700 \quad (50) \\ &= 2972 \text{ litros} \end{aligned}$$

Logo, visando atender aproximadamente 1 dia de utilização de água não potável sem necessidade de acionamento do sistema elevatório, será utilizado um reservatório de polietileno com capacidade para armazenar 3 mil litros de água não potável.

5.11 Dimensionamento do sistema elevatório

Sabe-se que o volume do reservatório superior é 3 mil litros, e considerando que a bomba deve funcionar por 3 horas, somando o volume do reservatório inferior, poderíamos implementar todos os cálculos referentes ao dimensionamento do sistema de elevação por meio do projeto hidráulico apresentado no Apêndice A, tabelas 16 e 17 juntamente com os cálculos a seguir.

a) Diâmetros de recalque e sucção:

$$Q \text{ demanda} = 3 \text{ m}^3 \quad (51)$$

$$Q \text{ projeto} = 3 \times 1000 \div (3600 \times 3) \cong 0,28 \text{ litros/seg} \quad (52)$$

$$\emptyset \text{ recalque} = 1,2 \times \sqrt{(0,28 \div 1000)} = 0,02 \text{ m} = 20 \text{ mm} \quad (53)$$

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ recalque ABNT} &= 1,3 \times (2 \div 24)^{0,25} \times \sqrt{(0,28 \div 1000)} = 0,0117 \text{ m} \\ &= 11,7 \text{ mm} \end{aligned} \quad (54)$$

$$\emptyset \text{ recalque} = 20 \text{ mm} \quad (55)$$

$$\emptyset \text{ sucção} = 25 \text{ mm} \quad (56)$$

b) Perdas de carga de sucção e recalque:

→ L sucção = 1,5 m

→ L recalque = 22,0 m

→ C = 140 (PVC)

Tabela 18 - Comprimento equivalente de sucção (D = 25mm).

Peça	Qtd.	L equivalente unit. (m)
Entrada normal	1	0,5
Joelho de 90°	1	1,5
Reg. gaveta aberto	1	0,3
L equivalente total (m)		2,3

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

Tabela 19 - Comprimento equivalente de recalque (D = 20mm)

Peça	Qtd.	L equivalente unit. (m)	L equivalente (m)
Joelho de 90°	5	1,2	6,0

Válvula de retenção	1	2,7	2,7
Reg. gaveta aberto	2	0,2	0,4
Saída de canalização	1	0,9	0,9
L equivalente total (m)			10,0

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

$$H_{fsucção} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{\left(\frac{0,28}{1000}\right)^{1,85}}{0,025^{4,87}} \times (1,5 + 2,3) = 0,0734m \quad (57)$$

$$H_{fsucção} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{\left(\frac{0,28}{1000}\right)^{1,85}}{0,025^{4,87}} \times (1,5 + 2,3) = 0,0734m \quad (58)$$

$$H_{frecalque\ 6\ pavimentos} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{\left(\frac{0,28}{1000}\right)^{1,85}}{0,020^{4,87}} \times (22,30 + 10) = 1,849\ m \quad (59)$$

$$H_{frecalque\ 4\ pavimentos} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{\left(\frac{0,28}{1000}\right)^{1,85}}{0,020^{4,87}} \times (16,34 + 10) = 1,50\ m \quad (60)$$

c) Altura manométrica e potência da bomba:

Para torre de 6 pavimentos:

→ Hg sucção = 0,0 m

→ Hg recalque = 20,07 m

→ Rendimento do conjunto = 35,4%

$$H_{man} = 20,07 + 0,0734 + 1,849 = 22\ m \quad (61)$$

$$Pot.\ bomba = \frac{1000 \times (0,28 \div 1000) \times 22}{75 \times 0,354} = 0,232\ Cv \quad (62)$$

$$Pot.\ bomba + 20\% = 0,232 \times 1,2 = 0,278\ Cv \quad (63)$$

1	1-registro. gav. + 2-joe.90° + 1-T s.l.	0,40	0,19	20	0,60	0,032	26, 53	4,60	31,13	18,2 1	0,994	0,00	16,9
2	1-registro. gav. + 2-joe.90° + 1-T s.l.	0,40	0,19	20	0,60	0,032	26, 53	4,60	31,13	18,2 1	0,994	0,00	16,9
3	1-registro. gav. + 2-joe.90° + 1-T s.l.	0,40	0,19	20	0,60	0,032	34, 95	4,60	39,55	18,2 1	1,263	0,00	16,9
4	1-registro. gav. + 2-joe.90° + 1-T s.l.	0,40	0,19	20	0,60	0,032	34, 95	4,60	39,55	18,2 1	1,263	0,00	16,9

Fonte: O autor.

5.13 Levantamento quantitativo e estimativa de custos

Após dimensionado o sistema e desenvolvido o projeto, tornou-se possível realizar o levantamento quantitativo de todas as peças e materiais que serão utilizados, o qual, por conseguinte, permitiu estimar o valor que será gasto apenas com materiais, caso o projeto venha ser executado.

Portanto as tabelas 20, 21, 22 e 23, apresentam, de maneira inteligível, o consumo de materiais e gastos financeiros que serão gerados na execução do setor de captação, do sistema de recalque, da rede de distribuição e na construção do reservatório inferior.

Tabela 21 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (setor de captação).

Peças	Medida	Unid.	Qtd.	V. unit. R\$	Total R\$
Joelho 45°	150mm	u	2	73,62	147,62
Curva 90°	150mm	u	13	151,71	1972,23
Luva de correr	150mm	u	3	74,52	223,56
Luva de correr simples	150mm	u	15	64,55	968,25
Redução excêntrica	150mm x 100mm	u	1	8,93	8,93
Condutor vertical/horizontal	150mm	m	31	38,79	1202,49
Condutor vertical/horizontal	100mm	m	2	14,84	29,68

Ralo seco c/ grelha redonda	100mm x 40mm	u	1	9,65	9,65
Caixa de passagem (alvenaria)	(50x50x45) cm	u	5	341,00	1705,00
Suporte para calha	150mm	u	20	14,45	289,00
Calha semicircular 3m	150mm	u	25	37,71	942,75
Filtro AquaSave Twin	150mm	u	1	6.650,00	6.650,00
Adesivo plástico incolor	175 g	u	5	27,00	135,00
				Subtotal R\$	14.284,16

Fonte: O autor.

Tabela 22 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (sistema elevatório).

Peças	Medida	Unid.	Qtd.	V. unit. R\$	Total R\$
Joelho 90°	20mm	u	5	0,95	4,75
Joelho 90°	25mm	u	1	0,67	0,67
Tubo marrom água fria 6 m	20mm	u	6	27,00	162,00
Tubo marrom água fria 6 m	25mm	u	1	29,00	5,60
Registro de gaveta bruto	25mm	u	1	33,25	33,25
Adaptador c/ bolsa e rosca	25mm x 1/2"	u	1	1,75	1,75
Adesivo plástico incolor	175 g	u	3	27,00	81,00
Adaptador p/ caixa d'água	20mm	u	1	18,20	18,20
Válvula de retenção	25mmv	u	1	47,50	47,50
Bomba elétrica centrífuga	0,5 Cv	u	1	675,00	675,00
				Subtotal R\$	1.05312

Fonte: O autor.

Tabela 23 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (rede de distribuição).

Peças	Medida	Unid.	Qtd.	V. unit. R\$	Total R\$
Joelho 90°	20mm	u	4	0,75	3,00
Joelho 90° c/ bucha de latão	20mm x 1/2"	u	4	5,70	22,80
T	20mm	u	2	0,64	1,28
Tubo marrom água fria 3m	20mm	u	2	27,00	54,00
Registro de gaveta bruto	20mm	u	4	45,90	183,60
Adaptador p/ caixa d'água	20mm	u	2	18,20	36,40
Caixa d'água (polietileno)	3000 l	u	1	1363,71	1363,71
Adesivo plástico incolor	175 g	u	5	27,00	135,00
Subtotal R\$					1799,79

Fonte: O autor.

Tabela 24 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (reservatório).

Descrição	Unid.	Qtd.	V. unit. R\$	Total R\$
Escav. mecanizada em solo de 1° cat.	m ³	145	87,00	12.615,00
Apiloamento de fundo com soquete	m ²	40	27,30	1.092,00
Lastro de concreto magro com e = 8 cm	m ³	3,2	489,00	1.564,80
Armadura de aço CA-50 Ø ≥ 12,5mm	kg	1400	8,00	11.200,00
Forma e desforma de madeira de pinho	m ²	169	85,39	14.430,91
Fornecimento e lançamento de concreto, fck ≤ 20	m ³	17,5	420,00	7.350,00
Impermeabilização por cristalização	m ²	96	28,90	2.774,40
Reaterro manual das valas + (empolamento)	m ³	42,2	57,80	2.439,16
Tampa metálica para o reservatório	u	2	240,00	480,00
Subtotal R\$				53946,27

Fonte: O autor.

Com base no valor do subtotal das tabelas 20, 21, 22 e 23 acima, a tabela 24 é desenvolvida abaixo, que fornece uma estimativa do valor total a ser gasto em materiais se o projeto do sistema de coleta e uso de águas pluviais for implementado.

Tabela 25 - Estimativa de custo total do sistema.

Descrição	Valor R\$
Setor de captação	14.284,16
Sistema elevatório	1.053,12
Rede de distribuição	1.799,79
Reservatório inferior (concreto armado)	53.946,27
Subtotal R\$	71.083,34

Continuação

Fonte: O autor.

Assim, considerando os valores apresentados na tabela 24, o investimento necessário para a execução do projeto de aproveitamento de águas pluviais da edificação em estudo será de aproximadamente R\$ 71.083,24 (setenta e um mil, oitenta e três reais e vinte e quatro centavos).

6 CONCLUSÃO

Dada a situação ambiental adversa e incerta que o mundo enfrenta hoje, o uso de recursos sustentáveis que podem reduzir os impactos que um homem pode causar ao meio ambiente e o meio ambiente pode causar ao homem se torna muito importante. Os sistemas de coleta de água da chuva representam recursos tão importantes porque podem trabalhar interativamente com o homem e o meio ambiente para reduzir a situação de inundação em áreas onde há deficiência de sistemas de drenagem urbana, tornar o fornecimento de água mais contínuo em áreas de crise hídrica ou em áreas com baixo suprimento de água potável.

Mais importante, eles contribuem muito para a conservação de rios e lagos porque tal conservação é diminuída sobre o recurso de consumo de água de rios e lagos devido à diminuição do uso de água potável de tais sistemas. Considerando esta situação, este Trabalho de Conclusão de Curso apresentou o projeto completo e o custo aproximado de um sistema de coleta e utilização de água da chuva para um bloco de amostra do Condomínio Residencial Reserva das Flores que, quando implementado, tornará o edifício mais sustentável ao reduzir o consumo de água do rio e, conseqüentemente, contribuir para a saúde do meio ambiente.

Durante o trabalho, foram desenvolvidos os estudos hidrológicos essenciais para a realização dos cálculos preliminares que indicaram, para o município de Boa Esperança/MG, uma intensidade de precipitação de 141,49 mm/h e definiram que a cobertura do edifício em estudo possui área de contribuição de 361,38 m², o que pode gerar uma vazão projetada de 852,19 litros de água a cada minuto. Além disso, considerando os valores estimados de consumo de água não potável, é possível inferir que, para o prédio em estudo, uma grande quantidade de água potável que será utilizada, poderia ser poupada, se fornecida a água da chuva nos pontos de uso para a limpeza das calçadas e veículos.

Vale ressaltar que a Proposta de utilização da água da chuva para bacias sanitárias tornou se inviável, devido a demanda de água potável ser muito maior á não potável, em decorrência deste fato, o projeto foi direcionado somente para atender a limpeza de calçadas ao redor do edifício e lavagens de veículos dos moradores. Posteriormente, foi dimensionado o sistema de bombeamento que elevará essa água ao reservatório superior e em seguida distribuída pelas redes de distribuição de água não potável que o prédio deverá suportar.

Uma vez dimensionado o sistema e elaborado o projeto, foi feito um levantamento quantitativo de todos os materiais que seriam utilizados na sua execução. Com isso, foi possível estimar que o condomínio precisará investir aproximadamente R\$ 71.083,24 (setenta e um mil, oitenta e três reais e vinte e quatro centavos) para realizá-lo.

Com base no exposto, pode-se concluir que o Condomínio Residencial Reserva das Flores, poderá implementar este projeto em todas as suas torres, uma vez que elas têm plenas condições de receber um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, pois com a utilização do sistema, muitos litros de água potável podem ser economizados e conseqüentemente o edifício se tornará mais ecologicamente sustentável.

7 REFERÊNCIAS

ANNECCHINI, Karla Ponso Vaccari. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - Es, 2005.

ANVISA. **Norma de qualidade da água para consumo humano**. 2000. Disponível em: < https://bvs.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2000/prt1469_29_12_2000_rep.html >. Acesso em: 04 maio. 2024.

Aquesol. **Filtros** [201-]. Disponível em: <http://www.aquesol.com/editor/Image/filtro_VF1.png>. Acesso em: 26 abril. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da Água da chuva em Edificações**. 2006. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 423 p.

FIESP et al. **Conservação e Reúso da água em Edificações**. Disponível em: < <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 20 maio. 2024.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Dados Meteorológicos**. 2024. Disponível em: < <https://bdmep.inmet.gov.br/> >. Acesso em: 05 abril. 2024.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. 4. ed. Belo Horizonte: Jorge Macêdo, 2017. 944 p.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos (Ed.). **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial**. Barueri, Sp: Manuele, 2003.

NETTO, Azevedo et al. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1998. 669 p.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; CARDOSO, Cleverson Gomes. **Índices de desperdício de água em edifícios residenciais multifamiliares de Goiânia**. 2002. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1887_1896.pdf>. Acesso em: 05 março. 2024.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de e GONÇALVES, Orestes Marraccini. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 2000, Anais.. s.l.: ANTAC,

2000. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/directbitstream/40125100-0de3-42fc-a752-208652f1ff25/Goncalves-2000-metodologia.pdf>> Acesso em: 07 maio. 2024.

Organização das Nações Unidas (ONU), Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, (2015). Disponível em: <<https://sdgs.un.org/2030agenda>> Acesso em: 16 de maio de 2024..

RODRIGUES, José Carlos Moreira Resende. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 01 - Conceito de aproveitamento de água de chuva. [s.l]: Plínio Tomaz, 2011a.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 02 - Qualidade da água de chuva. [s.l]: Plínio Tomaz, 2009a.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 03 - Previsão de consumo de água não potável. [s.l]: Plínio Tomaz, 2009b.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 05 - Coeficiente de runoff. [s.l]: Plínio Tomaz, 2009c.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 06 - Dispositivos usados em reservatórios. [s.l]: Plínio Tomaz, 2010a.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 09 - Método de Rippl. [s.l]: Plínio Tomaz, 2011b.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 19 - First flush. [s.l]: Plínio Tomaz, 2010b.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais:** Capítulo 03 - Período de retorno. [s.l]: Plínio Tomaz, 2015.

VASCONCELOS, Ivana Prado de. **Projeto de instalações hidráulicas e sanitárias:** Instalações prediais de águas pluviais. 06 fev. 2017, 07 jul. 2017. 32 p. Notas de Aula. No prelo.