

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

ESTELA MARQUES SOARES

**ESTUDO DE CASO: CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL NA ESCOLA ESTADUAL DR. LAURO CORREA DO AMARAL
NO MUNICÍPIO DE GUAPÉ - MG**

Varginha/MG

2025

ESTELA MARQUES SOARES

**ESTUDO DE CASO: CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL NA ESCOLA ESTADUAL DR LAURO CORREA DO AMARAL NO
MUNICÍPIO DE GUAPÉ – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso II,
apresentado ao curso de Engenharia
Civil do Centro Universitário do Sul de
Minas, como pré-requisito parcial para
obtenção do grau de bacharel, sob
orientação da Prof. Lucas Tempesta
Rosa.

Varginha/MG

2025

ESTELA MARQUES SOARES

**ESTUDO DE CASO: CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL NA ESCOLA ESTADUAL DR LAURO CORREA DO AMARAL NO
MUNICÍPIO DE GUAPÉ – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso II,
apresentado ao curso de Engenharia
Civil do Centro Universitário do Sul de
Minas, como pré-requisito parcial para
obtenção do grau de bacharel, sob
orientação da Prof. Lucas Tempesta
Rosa.

Aprovado em / /

Prof. Lucas Tempesta Rosa

Membro da Banca Examinadora 1

Membro da Banca Examinadora 2

OBS.:

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, fonte de força e inspiração em todos os momentos. Aos meus pais, por seu amor incondicional e apoio constante. À minha família, pelo incentivo e carinho ao longo da caminhada. Aos amigos que estiveram ao meu lado nos desafios e conquistas, e a cada pessoa que, de alguma forma, contribuiu para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por me conceder força, fé e saúde ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. Minha gratidão especial vai aos meus pais, Leonilson Sidnei Soares e Selma Gonçalves Marques, pelo amor incondicional, apoio constante, confiança e pelos ensinamentos compartilhados que levarão sempre comigo. Ao meu namorado, agradeço profundamente pela paciência nos momentos desafiadores e pelo carinho e compreensão que foram essenciais nessa caminhada. Estendo meu agradecimento a todos os meus familiares, que sempre acreditaram no meu potencial e torceram pelo meu sucesso. Aos colegas de classe, deixo meu reconhecimento pelo companheirismo, apoio e pelas experiências compartilhadas ao longo dessa jornada. Ao meu orientador, Lucas Tempesta Rosa, sou imensamente grata pela dedicação, paciência, incentivo e pelos conhecimentos transmitidos, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Por fim, deixo meu sincero agradecimento a todos os professores e amigos e todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui, conquistando meus objetivos e realizando este sonho. Muito obrigada a todos!

“Para a minha mãe que sempre me ensinou a sonhar, e para o meu pai que sempre realiza os meus sonhos”

RESUMO

Este trabalho apresenta os critérios e métodos aplicados no desenvolvimento de um estudo de caso de captação e aproveitamento de água pluvial para a Escola Estadual Dr. Lauro Correa do Amaral, situada no município de Guapé/MG. Também serão discutidos os resultados obtidos a partir do dimensionamento realizado. Considerando a crescente escassez de água potável e o seu elevado consumo, buscou-se uma alternativa viável para suprir parte dessa demanda, sendo a utilização da água da chuva a principal solução identificada. Para isso, inicialmente foram realizadas pesquisas em normas técnicas, publicações acadêmicas e fontes online, com o objetivo de aprofundar o entendimento sobre o tema e os procedimentos de dimensionamento de sistemas pluviais. Em seguida, foram coletados dados históricos de precipitação da região, possibilitando a análise do regime de chuvas local. Também foram reunidas informações sobre a edificação, incluindo suas dimensões e o volume de consumo atual de água potável. Com base nesses dados, foi efetuado os cálculos para o dimensionamento das calhas, condutores verticais, condutores horizontais e reservatórios, os quais serviu como base para a definição da melhor forma de implantação do sistema. E por fim, foi elaborada a conclusão final.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial; Dimensionamento de Sistema; Escassez de água; Precipitação.

ABSTRACT

This paper presents the criteria and methods applied in the development of a rainwater harvesting and utilization project for the Dr. Lauro Correa do Amaral State School, located in the municipality of Guapé, Minas Gerais. The results obtained from the sizing process will also be discussed. Considering the growing scarcity of potable water and its high consumption, a viable alternative was sought to meet part of this demand, with rainwater harvesting being the primary solution identified. To this end, research was initially conducted on technical standards, academic publications, and online sources to deepen understanding of the topic and procedures for sizing rainwater systems. Subsequently, historical precipitation data from the region were collected, enabling analysis of the local rainfall pattern. Information about the building was also gathered, including its dimensions and current potable water consumption volume. Based on this data, calculations were made for the sizing of gutters, vertical conductors, horizontal conductors, and reservoirs, which served as the basis for defining the best approach to implement the system. And finally, the final conclusion was reached.

Keywords: Rainwater harvesting; System sizing; Water scarcity; Precipitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de água salgada e água doce no planeta	18
Figura 2 - Sistema de tratamento de água.....	21
Figura 3 - Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais conforme a NBR 15527.	23
Figura 4 - Exemplo de sistema de aproveitamento de águas pluviais	29
Figura 5 - Área do telhado para coleta.....	30
Figura 6 - Indicações para cálculo de área de contribuição	31
Figura 7: Processo de filtragem para água pluvial.....	35
Figura 8: Complementação de reservatório com água potável.....	37
Figura 9: Fachada da Escola Dr. Lauro Correa do Amaral	40
Figura 10: Território de Guapé-MG	49
Figura 11: Vista aérea da Escola Estadual Dr. Lauro Correa do Amaral	50
Figura 12: Enquete de utilização do vaso sanitário	51
Figura 13:Parâmetros para cálculo da Intensidade de Precipitação em Guapé/MG	53
Figura 14: Croqui da locação das bombas no sistema	67
Figura 15: Modelo do filtro de água pluvial.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Determinações de período de retorno.....	27
Tabela 2 - Coeficientes de Runoff médios.....	32
Tabela 3 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.....	33
Tabela 4 - Cuidados específicos quanto à instalação e à manutenção do sistema.....	38
Tabela 5 - Frequência de manutenção.....	39
Tabela 6 - Coeficientes de rugosidade.....	43
Tabela 7: Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).....	44
Tabela 8 - Quantidade de pessoas que atuam na escola.....	50
Tabela 9: Resultado na enquete da utilização do vaso sanitário na escola Dr. Lauro Correa do Amaral.....	51
Tabela 10: Quantidade e porcentagem das pessoas que dão descargas na escola.....	52
Tabela 11: Precipitação média em um período de 30 anos na cidade de Guapé.....	52
Tabela 12: Consumo médio histórico representativo.....	55
Tabela 13: Estimativa de demanda semanal de água não potável.....	56
Tabela 14: Dimensionamento de calhas.....	58
Tabela 15 - Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).....	59
Tabela 16 – Estimativa de volume aproveitável de precipitação.....	60
Tabela 17 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.....	61
Tabela 18: Utilização da água acumulada.....	61
Tabela 19: Dados para o cálculo da bomba.....	64
Tabela 20: Comprimento Equivalente de Sucção.....	64
Tabela 21: Comprimento Equivalente de Recalque.....	65
Tabela 22: Dados da bomba.....	66
Tabela 23: Custo de material.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
EMA - Estação Meteorológica Automática
IC - Indicador de Consumo de Água
IDF - Intensidade-Duração-Frequência
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
MG - Minas Gerais
NBR - Norma Brasileira
TO - Taxa de Ocupação
UNIS/MG - Centro Universitário do Sul de Minas

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1.	Água	18
2.2.	O desperdício de água.....	19
2.3.	Água potável e água não potável	20
2.4.	Consumo de água pluvial	22
2.4.1.	A captação da água da pluvial.....	22
2.5.	A qualidade da água pluvial	23
2.6.	Aproveitamento da água da chuva.....	25
2.7.	Precipitação	25
2.7.1.	Estimativa de precipitação	26
2.7.2.	Intensidade de precipitação	26
2.8.	Estimativa de demanda de água não potável para fins comerciais	27
2.9.	Normas de referências	28
2.10.	Componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial	28
2.10.1.	Área de captação	29
2.10.2.	Área de contribuição	30
2.10.3.	Vazão de projeto.....	31
2.10.4.	Coefficiente de Runoff	32
2.10.5.	Calhas.....	33
2.10.6.	Condutores verticais.....	34
2.10.7.	Condutores horizontais.....	34
2.10.8.	Filtros	35
2.10.9.	Reservatórios.....	35
2.10.10.	Bombas.....	36
2.10.11.	Complementação dos reservatórios com água potável.....	36
2.11.	Manutenção do sistema	37
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1.	Local de Estudo	40
3.2.	Definições da intensidade de precipitação.....	41
3.3.	Estimativa de Demanda de Água Não Potável.....	41

3.4.	Estimativa do uso de água não potável.....	42
3.5.	Determinação da área de cobertura contribuinte	42
3.6.	Definição da vazão de Projeto	42
3.7.	Dimensionamento dos componentes do sistema	43
3.7.1.	Dimensionamento das calhas	43
3.7.2.	Dimensionamento dos Condutores Verticais	44
3.7.3.	Dimensionamento dos condutores horizontais.....	44
3.7.4.	Determinação do volume aproveitável da precipitação média mensal	45
3.7.5.	Dimensionamento dos reservatórios	46
3.7.6.	Dimensionamento da bomba hidráulica	46
3.8.	Análise da viabilidade de execução do sistema.....	48
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
4.1.	Apresentação do Local de Estudo.....	49
4.2.	Local de estudo e informações sobre a escola	50
4.3.	Gastos de água potável no local de estudo	51
4.4.	Estimativa de precipitação média mensal.....	52
4.5.	Calculo de intensidade e precipitação.....	53
4.6.	Cálculo da área de contribuição.....	54
4.7.	Cálculo da vazão de projeto.....	54
4.8.	Cálculo da estimativa de consumo de água potável	54
4.9.	Cálculo da estimativa de demanda de água não potável.....	56
4.10.	Dimensionamento dos componentes do sistema	57
4.10.1.	Dimensionamento das calhas	57
4.10.2.	Dimensionamento dos condutores verticais.....	58
4.10.3.	Dimensionamento dos condutores horizontais.....	59
4.10.4.	Volume aproveitável de precipitação média mensal.....	59
4.10.5.	Dimensionamento dos reservatórios	60
4.10.5.1.	Dimensionamento do reservatório inferior	60
4.10.5.2.	Dimensionamento do primeiro reservatório superior	62
4.10.5.3.	Dimensionamento do segundo reservatório superior.....	63
4.10.5.4.	Dimensionamento do terceiro reservatório superior	63
4.10.6.	Dimensionamento da bomba hidráulica	63
4.10.6.1.	Bomba do reservatório superior 1	63
4.10.7.	Filtro.....	67

4.11. Análise da viabilidade de execução do sistema	68
4.12. Custo dos componentes do sistema	69
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água potável é um problema global agravado pelo uso inadequado, desperdício e aumento da demanda. No Brasil, apesar da vasta disponibilidade hídrica, a escassez em algumas regiões é consequência da má distribuição populacional, industrial e agrícola. A conscientização sobre o uso racional da água, aliada ao incentivo governamental, é fundamental para enfrentar esse desafio. Uma solução eficaz é o aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis, prática já adotada em diversos países. Essa tecnologia promove a economia de água tratada, auxilia na prevenção de enchentes e reforça a sustentabilidade nas áreas urbanas impermeabilizadas. (Tomaz, 2010a).

Diante do cenário atual de crescente escassez de água potável e dos altos índices de desperdício registrados no Brasil, torna-se cada vez mais urgente buscar soluções sustentáveis para o uso racional dos recursos hídricos. Em instituições públicas de ensino, como a Escola Estadual Dr. Lauro Correa do Amaral, observa-se um consumo significativo de água em práticas que não exijam potabilidade, como limpeza de áreas externas, irrigação de jardins e acionamento de descargas sanitárias. Assim, a implementação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial surge como uma alternativa viável para reduzir a dependência do abastecimento público, diminuir custos operacionais e promover práticas sustentáveis no ambiente escolar. Além disso, esse tipo de solução pode desempenhar um papel educativo, contribuindo para o desenvolvimento de uma cultura de preservação dos recursos naturais entre alunos, funcionários e comunidade.

Dessa forma, o presente trabalho tem como finalidade a elaboração de um dimensionamento de sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, com foco na redução do consumo de água potável e no uso sustentável dos recursos hídricos disponíveis. A proposta é atender à demanda hídrica não potável identificada na Escola Estadual Dr. Lauro Correa do Amaral, localizada no município de Guapé-MG, considerando as atividades que permitam a substituição da água tratada por água da chuva, como limpeza de áreas externas, irrigação de jardins e descargas sanitárias.

Para o desenvolvimento do dimensionamento, será realizada uma análise detalhada das características da edificação, abrangendo a área de cobertura apta à

captação, os índices pluviométricos da região e as condições das instalações hidráulicas existentes. O dimensionamento também será elaborado com base nas normas técnicas aplicáveis, visando garantir a eficiência operacional, a viabilidade construtiva e a segurança no uso da água coletada. Espera-se, com isso, propor uma solução que contribua para práticas mais sustentáveis e que aumente a autonomia hídrica da escola diante dos desafios relacionados à escassez de água potável.

Por fim, será realizada uma análise dos resultados obtidos a partir dos cálculos de dimensionamento, verificando-se, entre outros aspectos, o volume de precipitação disponível na região e sua capacidade de atender à demanda prevista para os usos não potáveis da instituição. Com isso, será possível avaliar a viabilidade do sistema proposto e sua contribuição para a redução do consumo de água tratada na escola.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

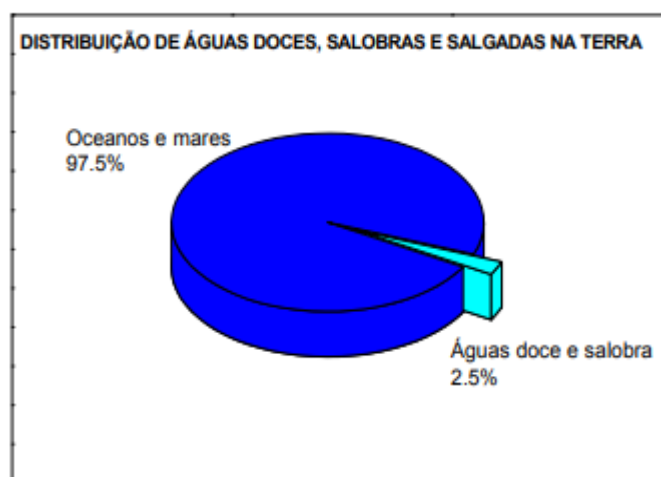
2.1. Água

A água é uma substância química essencial para a vida, composta por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (H_2O). Ela é incolor, inodora e insípida em seu estado puro, podendo ser encontrada nos três estados físicos: sólido (gelo), líquido (água) e gasoso (vapor de água) (Site Portal da Educação Ambiental, 2023).

A água cobre aproximadamente 71% da superfície terrestre e desempenha um papel fundamental nos processos biológicos, climáticos e geológicos do planeta. Além de ser indispensável para a sobrevivência dos seres vivos, a água também é amplamente utilizada para consumo humano, agricultura, indústria, geração de energia e diversas outras atividades (McMurry, 2012). Sua disponibilidade e qualidade são fatores críticos para a sustentabilidade ambiental e o bem-estar das populações.

Conforme apresentado na Figura 1, a maior parte da água do planeta está nos oceanos e mares, enquanto apenas uma pequena fração, cerca de 2,5%, encontra-se em terra, distribuída entre águas doces (em maior quantidade) e salobras (Nascentes e Costa, 2011).

Figura 1 - Distribuição de água salgada e água doce no planeta



Fonte: Livro Química Ambiental

Ainda do mesmo autor:

As águas utilizadas para consumo humano e para as atividades sócio econômicas são retiradas de rios, lagos, represas e aquíferos, também conhecidos como águas interiores. O volume de água doce prontamente disponível seria suficiente para atender de 5 a 6 vezes o mínimo anual que cada habitante do planeta precisa, considerando a população atual de aproximadamente 7 bilhões de habitantes (Nascentes e Costa, 2011).

2.2. O desperdício de água.

O desperdício de água constitui um dos principais desafios na gestão dos recursos hídricos, impactando diretamente a sustentabilidade e a disponibilidade desse recurso essencial. Segundo um estudo divulgado pelo Instituto Trata Brasil, com base em dados de 2019, o Brasil desperdiça cerca de 40% da água potável produzida. Esse volume corresponde a aproximadamente 7,5 mil piscinas olímpicas de água tratada perdidas diariamente. A região Sudeste é responsável por aproximadamente 50% de toda a água potável desperdiçada no país. Estados como Rio de Janeiro e São Paulo figuram, entre os maiores volumes absolutos de perdas, totalizando juntos cerca de 2,9 mil piscinas olímpicas de água desperdiçadas diariamente. (Instituto Trata Brasil, 2021).

Ainda do Instituto Trata Brasil (2021), apesar de apresentar percentuais de perdas inferiores aos de outras regiões brasileiras, o Sudeste sofre com elevados volumes absolutos de desperdício devido à sua grande concentração populacional e à intensa produção de água tratada. A redução das perdas é, portanto, um elemento estratégico para garantir a eficiência do sistema de abastecimento e promover a segurança hídrica a longo prazo.

O mesmo autor afirma que, além de avanços pontuais, o desperdício de água potável no Brasil permanece elevado, evidenciando falhas estruturais e a necessidade urgente de investimentos em tecnologias de gestão hídrica. Esse cenário revela a importância da implementação de sistemas alternativos ao modelo convencional de armazenamento e distribuição, com o objetivo de evitar desperdícios e promover o reaproveitamento da água. Nesse contexto, a captação da água pluvial destaca-se como uma solução eficiente e sustentável, capaz de complementar o abastecimento tradicional e contribuir significativamente para a redução da pressão sobre os recursos hídricos (Instituto Trata Brasil, 2021).

2.3. Água potável e água não potável

Na natureza não existe água pura. A água da chuva, a água dos lagos e córregos, a água fresca de um poço, a água da cachoeira; a água dos rios, a água do mar, toda essa água não é pura. Mas pode ou não ser própria para o consumo. A água própria para o consumo chama-se água potável. Por outro lado, a água imprópria para o consumo, não potável, pode tornar-se utilizável depois de tratada por processos adequados (Frota, e Vasconcelos, 2019).

A água potável apresenta as seguintes características: é límpida e inodora; fresca e sem impureza; contém uma pequena quantidade de sais minerais, oxigênio e gás carbônico dissolvido. Os sais minerais são importantes para o funcionamento equilibrado do nosso organismo. Assim, a água potável é a que devemos utilizar para beber e cozinhar nossos alimentos (Frota, e Vasconcelos, 2019).

Considera-se não potável qualquer água que não atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde. Dessa forma, qualquer água que não esteja em conformidade com os critérios microbiológicos, químicos ou de cianotoxinas definidos nos anexos 1 a 10 da legislação, é considerada imprópria para consumo e, portanto, não potável.

Segundo Frota e Vasconcelos (2019), no ambiente doméstico, a água descartada pelos sistemas de esgoto contém elevadas concentrações de resíduos como urina, fezes, detergentes, óleos e gorduras, os quais frequentemente são lançados diretamente em rios e mares, contribuindo significativamente para a poluição desses recursos hídricos. Embora em alguns países esse tipo de efluente seja tratado e reutilizado, no Brasil, devido à ampla disponibilidade de água doce, ainda há pouca preocupação com o reaproveitamento da água proveniente do esgoto.

O Ministério da Saúde (2021) afirma que, toda a água destinada ao consumo humano (seja utilizada para ingestão, preparo e cozimento de alimentos, higiene pessoal, limpeza ou qualquer outra forma de uso doméstico) deve obrigatoriamente passar por um controle de vigilância da qualidade da água, garantindo que suas condições físico-químicas e microbiológicas estejam dentro dos padrões estabelecidos pelas normas de saúde pública, de modo a prevenir possíveis riscos e danos à saúde da população.

Guitarrara (2025),

As principais fontes de água potável no mundo são de origem natural, isto é, correspondem a reservatórios encontrados na própria natureza tanto na superfície da Terra quanto em seu subsolo. Entretanto, nem sempre essa água está completamente livre de agentes poluidores, o que faz com que seja necessária a utilização de algum método de tratamento prévio para que, só então, ela possa ser consumida com segurança (Guitarrara 2025).

Seguindo o pensamento de Guitarrara (2025), pode-se afirmar que para garantir que a água seja segura para o consumo, ela deve passar por diversas fases de purificação e limpeza antes de ser distribuída à população por meio da rede urbana. Esse conjunto de processos define o tratamento da água potável.

A figura 2 mostra as etapas para captação e tratamento da água até estar adequada para o consumo humano. O processo é iniciado na captação da água em represas e mananciais, seguindo para o local de tratamento, depois é feito a floculação, decantação e filtração. Após todos esses processos serem realizados a água não potável passa a ser potável e é distribuída para a população (Anvisa, 2011).

Figura 2 - Sistema de tratamento de água



Fonte: Anvisa (2011)

Embora as fontes mais comuns de água potável sejam nascentes de rios, lagos, represas, cisternas, poços e a extração de aquíferos subterrâneos, em muitas regiões também se utiliza a captação da água da chuva para consumo ou uso doméstico (Guevara, 2019).

2.4. Consumo de água pluvial

A utilização da água da chuva para fins não potáveis é uma prática adotada há bastante tempo em diversos países. Essa solução tecnológica tem se expandido, destacando-se como uma medida importante para a conservação dos recursos hídricos. Além de reduzir o consumo de água potável, esse sistema também ajuda a minimizar os impactos de enchentes em áreas urbanas, especialmente onde a impermeabilização do solo dificulta a absorção da água pelas superfícies. (Thomaz, 2010a).

Conforme Bertolo (2006), as principais vantagens dos sistemas de captação de água da chuva incluem a diminuição do consumo de água potável e, consequentemente, a redução dos custos associados a ela. Além disso, esses sistemas contribuem para o controle de enchentes, pois ajudam a distribuir melhor o volume de água nos sistemas de drenagem urbana. Por outro lado, entre as desvantagens estão o alto custo inicial de instalação e a necessidade de manutenção constante para garantir o bom funcionamento do sistema. No entanto, é plausível imaginar que, com o avanço tecnológico e o aumento da demanda e oferta desses sistemas no mercado, tanto os custos de instalação quanto a necessidade de manutenção tendem a diminuir de forma significativa no futuro.

2.4.1. A captação da água da pluvial

A água da chuva é naturalmente purificada pelo processo de evaporação e condensação da água dos mares e lagos. No entanto, em grandes cidades, a poluição do ar, especialmente a liberação de dióxido de enxofre (SO_2) pela queima de madeira e combustíveis, pode tornar a chuva ácida. Isso acontece porque o SO_2 reage com a água na atmosfera, formando ácido sulfúrico (H_2SO_4), que se dissolve na chuva, tornando-a prejudicial ao meio ambiente (Frota, e Vasconcelos, 2019).

De acordo com a norma NBR 15527:2019 da ABNT, o funcionamento de um sistema de captação de água pluvial possui as seguintes etapas: a água da chuva é coletada por áreas impermeáveis como o telhado, em seguida passa por condutores como as calhas e é direcionada para o pré-tratamento e descarte. Em seguida, a água passa pelo reservatório e, posteriormente, é bombeada para sua utilização, conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3 - Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais conforme a NBR 15527



Fonte: Site ASIS ENGENHARIA (2024)

2.5. A qualidade da água pluvial

Segundo Pereira (2014), a qualidade da água das chuvas pode ser medida por meio de análises físico-químicas e microbiológicas para que seja avaliado seu possível aproveitamento em substituição à água potável originada da rede de abastecimento.

A qualidade da água representa uma questão tão relevante como a quantidade de água. Embora a maior parte do suprimento de água seja devolvida ao fluxo das correntes após o uso, sua qualidade é inevitavelmente degradada (Spiro e Stigliani, 2008, p. 246).

Telles (2010) afirma que as características físicas da água estão relacionadas aos sólidos presentes nela, afetando cor, sabor, turbidez, odor e temperatura. Embora sejam mais estéticas, podem influenciar a preferência pelo consumo. As características químicas dizem respeito às substâncias dissolvidas, alterando parâmetros como pH, alcalinidade, cloretos, nitrogênio e oxigênio dissolvido. Essas substâncias podem ser orgânicas ou inorgânicas e impactam a qualidade da água conforme seu uso. Já as

características biológicas envolvem a presença de microrganismos como bactérias, algas, fungos e vírus. A análise biológica é essencial para o controle de doenças e está alinhada com os interesses da Engenharia Sanitária e Ambiental.

A qualidade da água da chuva pode ser dividida em 4 etapas, sendo elas antes de atingir o solo (1), após escorrer pelo telhado (2), dentro do reservatório (3) e no ponto de uso (4). Na primeira etapa, considera-se a qualidade da água da chuva antes de entrar em contato com qualquer superfície. Na segunda etapa, avalia-se a qualidade da água após sua precipitação sobre o telhado ou outra superfície impermeabilizada e seu escoamento. Na terceira etapa, a água é armazenada em um reservatório, onde sua qualidade pode ser alterada devido ao acúmulo de sedimentos no fundo, tornando-se apta para uso. Na quarta etapa, a água é direcionada ao ponto de consumo, como a descarga de uma bacia sanitária. (Tomaz, 2009a).

É importante salientar que o uso de águas pluviais para águas não potáveis evita que seja desperdiçada uma água pura e tratada em limpeza de jardins, gramados, descargas de banheiros, e outras aplicações industriais que não precisam de água potável (Telles, 2010).

Telles (2010), ainda diz que quando a água pluvial é usada em substituição à água potável, os esgotos resultantes são classificados em esgotos sanitários, podendo, portanto, ser lançados nas redes públicas.

Segundo Richter e Netto (1991) um dos erros mais frequentes em projetos de tratamento de água é basear os estudos em apenas uma única análise. A qualidade da água pode variar ao longo do tempo, tornando essencial a realização de análises periódicas em diferentes épocas do ano. Somente a repetição desses testes pode minimizar os impactos das variações nos resultados.

Ainda os mesmos autores, afirma que em grandes mananciais com múltiplos usos, é possível utilizar a experiência adquirida em outros pontos de captação, tanto a montante quanto a jusante. Para compreender as condições de um manancial superficial, não basta apenas realizar exames e análises da água; a inspeção sanitária da bacia hidrográfica é uma medida sempre recomendada.

2.6. Aproveitamento da água da chuva

Sobre a importância do aproveitamento da água da chuva como alternativa contra a escassez, pode afirmar que:

O novo século traz crises de falta de água e o homem precisa discutir o futuro da água e da vida. Além da necessidade de economia, a reciclagem e a reutilização aparecem como alternativas para o uso racional da água. A reciclagem pode ser definida como o reaproveitamento de uma água utilizada para determinada função, apesar de suas qualidades físico-químicas e microbiológicas em função do uso. O reaproveitamento pode ser feito antes que a água atinja a rede esgoto (Macêdo, 2001 apud Pereira, 2014).

O aproveitamento da água da chuva surge como uma alternativa eficiente para atender à demanda da população quanto ao uso de água em atividades que não exijam potabilidade. Sendo um recurso natural abundante em grande parte do território brasileiro, a água pluvial pode ser utilizada em diversas tarefas cotidianas, como descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de roupas, calçadas e veículos. A implantação de sistemas de captação da água da chuva contribui para a redução do consumo de água tratada, ajuda a evitar alagamentos e enchentes, ameniza os efeitos de possíveis períodos de escassez e colabora com a preservação ambiental. (Marinoski, Ana Kelly 2007).

2.7. Precipitação

A precipitação refere-se à água proveniente do vapor atmosférico que se deposita na superfície terrestre sob diversas formas, como chuva, granizo, neve, neblina, orvalho ou geada. No contexto hidrológico brasileiro, a chuva é a forma mais relevante, dada a sua predominância e impacto no regime hídrico das regiões. (Rodrigues, 2017).

O processo de formação da precipitação está associado à ascensão de massas de ar úmido na atmosfera. À medida que essas massas sobem, ocorre um resfriamento adiabático, levando o vapor d'água a atingir seu ponto de saturação. Com a presença de núcleos higroscópicos, como partículas de poeira ou gelo, o vapor condensa-se em minúsculas gotas. Essas gotas permanecem suspensas até adquirirem peso suficiente para vencer a resistência do ar, precipitando-se então na superfície terrestre. (Barbosa Jr., 2007.)

2.7.1. Estimativa de precipitação

Para dimensionar adequadamente os sistemas de aproveitamento de água da chuva, é fundamental contar com pesquisas que disponibilizem dados históricos de precipitação referentes à área analisada.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2011), uma estação meteorológica automática (EMA) é composta por uma unidade central de memória que se conecta a diversos sensores. Esses sensores realizam coletas de dados meteorológicos a cada minuto e disponibilizam os resultados a cada hora, incluindo informações sobre temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, volume de precipitação, direção e velocidade dos ventos, além da radiação solar.

2.7.2. Intensidade de precipitação

Conforme Tomaz (2010e), a intensidade (I ou i) refere-se à quantidade de chuva que ocorre por unidade de tempo, sendo calculada pela fórmula $I = P/t$. Essa medida é geralmente expressa em milímetros por hora (mm/h) ou milímetros por minuto (mm/min).

Diversas fontes bibliográficas apresentam equações distintas para estimar a intensidade da chuva em determinadas regiões, o que pode levar a resultados variados. Contudo, com o objetivo de calcular a intensidade, duração e frequência (IDF) das chuvas em locais específicos, a Universidade Federal de Viçosa (1997), em parceria com os Departamentos de Engenharia Agrícola e Engenharia Civil, desenvolveu o software Plúvio. Esse programa permite aos usuários acessar equações de chuvas intensas aplicáveis a várias regiões do Brasil.

Dessa forma, foi elaborada uma metodologia para representar a intensidade das chuvas por meio da equação de intensidade, duração e frequência (IDF) da precipitação, mostrada no item 4.2.

De acordo com Tomaz (2010f), a duração da precipitação (t) considerada para telhados, em âmbito mundial, é padronizada em 5 minutos, conforme também estabelecido pela NBR 10844:1989 da ABNT. Além disso, o autor ressalta que, no

Brasil, o período de retorno (T) (definido como o intervalo médio entre eventos hidrológicos de igual ou maior magnitude) deve ser, no mínimo, de 25 anos, em razão dos efeitos provocados pelas Ilhas de Calor. A Tabela 1 apresenta as diretrizes da NBR 10844:1989 da ABNT relacionadas a esse parâmetro.

Tabela 1 - Determinações de período de retorno.

Características da área a ser drenada	Período de retorno (T)
Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados	1
Coberturas e/ou terraços	5
Coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado	25

Fonte: Adaptada da ABNT (1989).

2.8. Estimativa de demanda de água não potável para fins comerciais

Conforme Tomaz (2009c), prever o consumo de água não potável ainda é um grande desafio, seja para aplicações residenciais, comerciais ou industriais. O autor ressalta que a água da chuva, quando reaproveitada, é destinada exclusivamente a usos que não exigem potabilidade, como irrigação de jardins, limpeza de áreas externas, descargas em vasos sanitários, lavagem de veículos, processos industriais, abastecimento de reservatórios contra incêndio, entre outras finalidades compatíveis com esse tipo de água.

De acordo com estimativas de Tomaz (2009c), o consumo de água para diferentes atividades pode ser quantificado da seguinte forma: 9,0 litros por descarga em bacias sanitárias, 2,0 litros por metro quadrado por dia para a limpeza de pátios, a mesma quantidade para a irrigação de jardins, e 150 litros por lavagem de veículo. O autor também sugere frequências médias de uso: em indústrias, as bacias sanitárias são utilizadas cerca de cinco vezes por dia, enquanto em escolas e edifícios comerciais, essa frequência é de aproximadamente de uma a duas vezes diárias. Jardins costumam ser irrigados entre uma vez a cada quinze dias e até duas vezes por semana. Pátios, de modo geral, seguem a mesma frequência, exceto em áreas como refeitórios, onde a limpeza ocorre diariamente. Quanto à lavagem de veículos, estima-se uma média de quatro lavagens por mês.

2.9. Normas de referências

No Brasil, o aproveitamento da água da chuva é regulamentado por três normas principais: a NBR 15527:2019 da ABNT, que trata do uso da água pluvial em áreas urbanas para finalidades não potáveis, a NBR 5626:2020 da ABNT, que estabelece diretrizes para as instalações prediais de água fria e água quente e a NBR 10844:1989 da ABNT diz sobre a instalações prediais de águas pluviais.

A NBR 15527:2019 abrange alguns usos da água não potável em edificações sendo eles: sistema de resfriamento de água, descargas de bacias sanitárias, lavagem de veículos, lavagem de pisos, reserva técnica de incêndio, irrigação de horta e afins. É possível que essa água seja usada para outras situações, porém é necessário o estudo do profissional responsável pelo projeto ou sistema.

A NBR 5626:2020 define os critérios e requisitos para a drenagem da água da chuva em coberturas, garantindo que o projeto atenda a padrões adequados de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. Ela também, estabelece diretrizes e recomendações para o projeto, execução e manutenção das instalações prediais de água fria.

A NBR 10844:1989 define as orientações para o planejamento, execução e manutenção de sistemas de captação e escoamento de águas pluviais em edificações, com o propósito de assegurar a eficiência, segurança e durabilidade do sistema de drenagem. A norma contempla coberturas, terraços, pátios e demais superfícies expostas à chuva, estabelecendo critérios como inclinações mínimas para calhas e procedimentos de cálculo para o dimensionamento dos condutores, de modo a evitar alagamentos e problemas de erosão.

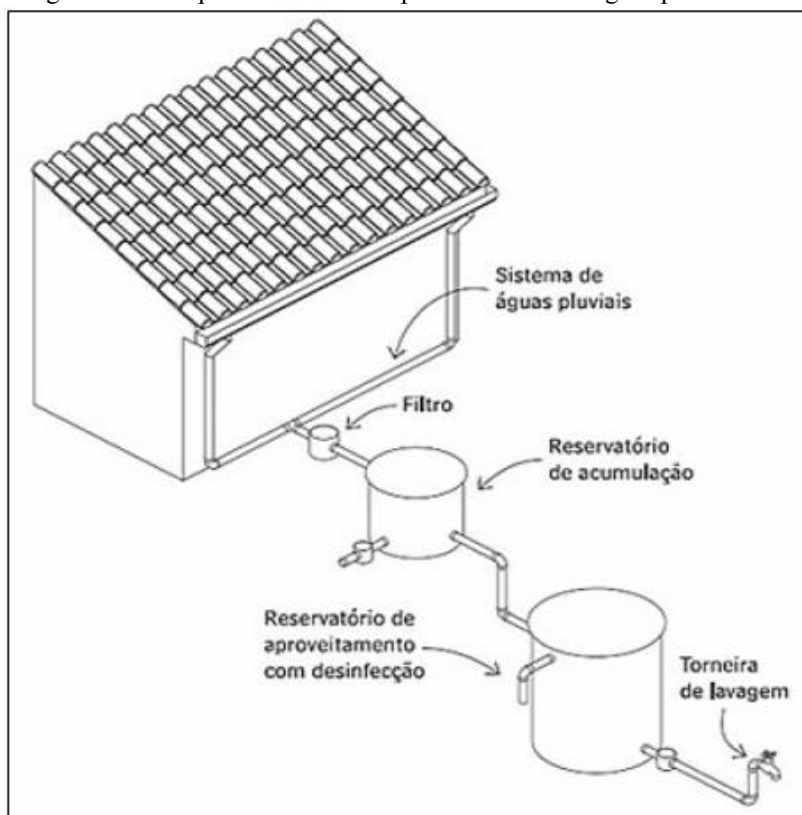
2.10. Componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial

De acordo com Koenig (2003 apud Anecchini, 2005) o sistema de aproveitamento da água da chuva é classificado como um sistema descentralizado de abastecimento de água, tendo como principal finalidade a preservação dos recursos hídricos por meio da redução do consumo de água potável.

Esse sistema deve ser constituído por componentes que possibilitem, de forma eficiente, a captação, filtração, armazenamento e distribuição da água precipitada. A

figura 4 mostra alguns componentes do sistema de captação e aproveitamento da água da chuva.

Figura 4 - Exemplo de sistema de aproveitamento de águas pluviais



Fonte: PINI (2008 apud HAGEMANN, 2009)

2.10.1. Área de captação

A NBR 15527:2019 da ABNT define como área de captação a “área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada”. Assim, a área das paredes que contornam a cobertura, mencionada na NBR 10844:1989 da ABNT para calcular a área de contribuição, não deve ser considerada na determinação da área de captação.

As áreas de captação de água da chuva geralmente incluem telhados ou superfícies impermeáveis no solo, como pátios, estacionamentos e calçadas. No entanto, a captação nos telhados é mais comum devido à melhor qualidade da água, já que as superfícies no solo são frequentemente afetadas pelo trânsito de pessoas e veículos. Além disso, em muitos casos, o volume de água captado nos telhados pode ser direcionado ao reservatório por gravidade, o que facilita o projeto. (ABNT, NBR10844:1989).

O telhado pode ser inclinado, levemente inclinado ou plano, e ser feito de diversos materiais, como telhas cerâmicas, fibrocimento, zinco/alumínio ou ferro galvanizado, concreto armado, plástico, lâminas de polycarbonato ou fibra de vidro, ardósia, manta asfáltica, entre outros. O tipo de material escolhido para o telhado é crucial para definir o coeficiente de escoamento superficial, que determina a quantidade de água da chuva que se transforma em escoamento. (ABNT, NBR10844:1989).

Assim, a qualidade da água captada depende dos materiais utilizados na construção do telhado, das impurezas que se acumulam nele e da manutenção periódica. A limpeza e lavagem devem ser feitas uma ou duas vezes ao ano, especialmente no final da estação seca. A figura 5 mostra um exemplo de área de captação em telhados.

Figura 5 - Área do telhado para coleta



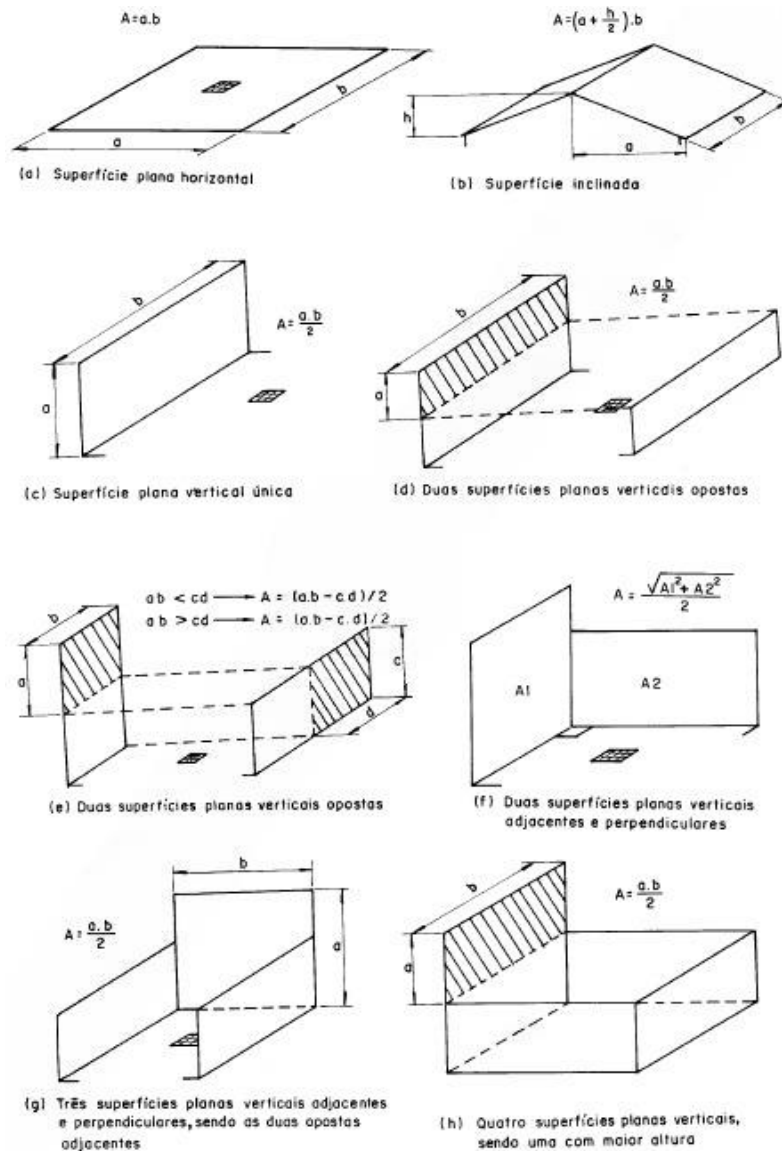
Fonte: Waterfall (2002 apud MAY, 2004).

2.10.2. Área de contribuição

De acordo com a NBR 10844:1989 da ABNT a área de contribuição é “a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto de instalação”. Ela também afirma que, para dimensionar o sistema de captação de água pluvial é necessário levar em consideração a inclinação do telhado e das paredes.

A figura 6 mostra algumas fórmulas apresentadas na NBR 10844:1989 da ABNT, para o cálculo da área de contribuição em diferentes tipos de cobertura.

Figura 6 - Indicações para cálculo de área de contribuição



Fonte: ABNT 10844:1989

2.10.3. Vazão de projeto

Segundo a NBR 10844:1989 da ABNT, a vazão de projeto é a vazão de referência utilizada para dimensionar condutores e calhas. A água da chuva, captada pela área de contribuição, é direcionada para os componentes do sistema, chegando ao reservatório para a sua utilização.

2.10.4. Coeficiente de Runoff

O coeficiente que expressa a proporção entre o volume total de água que escoar superficialmente e o volume total da chuva recebida é conhecido como coeficiente de Runoff, conforme definido pela NBR 15527:2019 da ABNT. Esse valor pode variar dependendo do tipo de superfície onde ocorre a precipitação.

Segundo Tomaz (2009b), no processo de dimensionamento, o volume de água da chuva que pode ser aproveitado difere do volume total precipitado, pois ocorrem perdas devido à evaporação, à limpeza inicial do telhado, aos processos de auto limpeza, entre outros fatores. Por isso, o autor reforça a definição apresentada na norma, caracterizando o coeficiente de Runoff como a razão entre o volume de água que escoar superficialmente e o volume total de chuva precipitada.

Em seguida, a tabela 2 apresenta o coeficiente de *Runoff* para diferentes tipos de materiais que estão presentes nas coberturas mais usuais.

Tabela 2 - Coeficientes de Runoff médios.

MATERIAL	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	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2010).

De acordo com a NBR 15527:2019 da ABNT, a eficiência do sistema de captação de água da chuva, representada pelo fator de captação (η), considera tanto o funcionamento do dispositivo de descarte de sólidos quanto a presença de um sistema de desvio do escoamento inicial, caso este seja utilizado. Tomaz (2009a) define essa eficiência como o resultado da multiplicação do coeficiente de escoamento superficial (Runoff) pela eficiência do dispositivo de remoção do first flush. Segundo o autor, o coeficiente de Runoff ideal é 0,95, enquanto a eficiência do sistema de descarte do primeiro fluxo de água é de 0,85. A multiplicação desses dois valores ($0,95 \times 0,85$) resulta em 0,80, o que significa que cerca de 80% da água da chuva que atinge a cobertura pode ser efetivamente aproveitada. Além disso, Tomaz (2009b) destaca que deve ser calculado o volume de água de chuva aproveitável.

2.10.5. Calhas

De acordo com a NBR 10844:1989 da ABNT, a calha é definida como um “canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino”. A norma classifica as calhas em três tipos distintos: calha de água furtada, calha de beiral e calha de platibanda.

A NBR 10844:1989 da ABNT, orienta que “as calhas de beiral e platibanda sejam fixadas, sempre que possível, de forma centralizada sob a extremidade da cobertura e o mais próximo possível dessa”. Além disso, a inclinação deve ser uniforme, com um valor mínimo de 0,5%. Quando essas calhas não possuírem saída em uma das extremidades, o dimensionamento deve considerar a vazão correspondente à maior das áreas de contribuição.

No que diz respeito às calhas de água furtada, a NBR 10844:1989 da ABNT informa que a inclinação deve ser definida conforme o projeto da cobertura.

Além disso, a norma estabelece que, para calhas de beiral ou platibanda com saída situada a menos de 3 metros de uma mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes indicados na tabela 2.

Tabela 3 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.

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

Fonte: Adaptada da ABNT (1989).

Para o dimensionamento das calhas, a NBR 10844:2019 da ABNT estabelece que o mesmo deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler ou qualquer outra fórmula equivalente.

A NBR 15527:2019 da ABNT determina que devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos nas calhas e nos condutores verticais e horizontais, como grades e telas, que atendam à NBR 12213:1992 da ABNT.

2.10.6. Condutores verticais

Segundo a NBR 10844:1989 da ABNT, o condutor vertical é definido como a “tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício”.

A NBR 10844:1989 da ABNT também recomenda que os condutores verticais sejam projetados, preferencialmente, em uma única linha vertical contínua. Quando houver necessidade de desvios, estes devem ser feitos utilizando curvas de 90° com raio longo ou curvas de 45°, sendo indispensável a inclusão de dispositivos de inspeção nesses trechos. Os condutores podem ser instalados interna ou externamente ao edifício, conforme as exigências do projeto, o uso e a ocupação da edificação, bem como o material utilizado. A norma ainda define que o diâmetro interno mínimo para condutores verticais de seção circular é de 70 mm.

2.10.7. Condutores horizontais

De acordo com a NBR 10844:1989 da ABNT, o condutor horizontal é definido como o “canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até os locais permitidos pelos dispositivos legais”.

De acordo com a norma, os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que viável, com uma inclinação constante de no mínimo 0,5%. Para tubulações de seção circular, o dimensionamento deve considerar o escoamento com altura da lâmina d’água correspondente a dois terços do diâmetro interno (D) do tubo. A NBR também apresenta uma tabela, que fornece as vazões correspondentes para diferentes materiais e inclinações usuais, calculadas com base na fórmula de Manning-Strickler.

A NBR 10844:1989 da ABNT também estabelece diretrizes para o dimensionamento de tubulações aparentes, exigindo a instalação de dispositivos de inspeção sempre que houver conexões com outras tubulações, mudanças de declividade ou de direção, ou a cada 20 metros em trechos retilíneos. Para tubulações enterradas, a norma determina a utilização de caixas de areia nas mesmas situações: conexões com outras tubulações, mudanças de direção ou declividade, e a cada 20 metros de percurso retilíneo.

No que se refere à ligação entre condutores verticais e horizontais, a norma destaca que esta deve ser feita sempre por meio de curvas de raio longo, acompanhadas de inspeção ou caixa de areia, independentemente de o condutor horizontal ser aparente ou enterrado. No entanto, a NBR 15527:2019 da ABNT diverge nesse ponto, exigindo que, em vez de caixas de areia, sejam utilizadas caixas de inspeção.

2.10.8. Filtros

O filtro é o componente responsável por purificar a água captada, separando resíduos e, em alguns casos, realizando uma filtragem mais detalhada das impurezas. Há uma grande variedade de modelos disponíveis no mercado, sendo papel do projetista avaliar qual opção é a mais adequada para o projeto, considerando a área de captação e o grau de filtragem necessário mostrado na figura 7:

Figura 7: Processo de filtragem para água pluvial.



Fonte: Aquesol (2017).

2.10.9. Reservatórios

Conforme a NBR 15527:2019 da ABNT, é permitido usar seis métodos diferentes para calcular os reservatórios de água de chuva. Os melhores métodos para cada tipo de dimensionamento que está sendo desenvolvido serão de responsabilidade e definidos

pelo autor. Os métodos são, Método Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

Segundo Tomaz (2010b), o método de Rippl se tornou o mais aceito, devido a sua facilidade de aplicação e simplicidade. Ele apresenta normalmente o nível máximo d'água no reservatório, que se torna de utilização importante para a obtenção do valor limite do volume.

2.10.10. Bombas

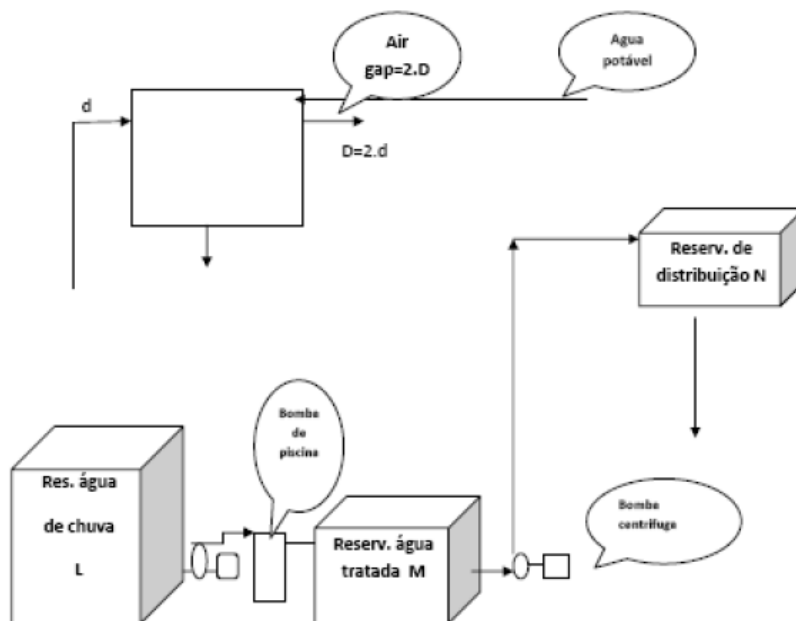
Conforme explicado por Netto et al. (1998), as bombas são dispositivos mecânicos projetados para transferir energia à água, possibilitando seu deslocamento de um ponto a outro dentro do sistema de tubulação. O autor destaca que, na maioria das instalações hidráulicas, utilizam-se bombas centrífugas, que podem ser encontradas em diversos modelos e normalmente são acionadas por motores elétricos.

De acordo com a NBR 15527:2019 da ABNT, nos casos em que for necessário o uso de bombeamento, devem ser seguidas as diretrizes estabelecidas na NBR 5626:2020 da ABNT. A norma permite, ainda, a instalação de um dosador automático de produto clorado junto à bomba. Além disso, devem ser observadas as recomendações relativas às tubulações de sucção e recalque, às velocidades mínimas de sucção e à escolha adequada do conjunto motor-bomba.

2.10.11. Complementação dos reservatórios com água potável

Em períodos de estiagem prolongada, torna-se necessário complementar o abastecimento de água pluvial com água potável fornecida pela concessionária pública. De acordo com Tomaz (2010d), recomenda-se que essa complementação seja direcionada ao reservatório de distribuição, e não ao reservatório de água tratada, nem aos reservatórios intermediários. A Figura 8 ilustra a forma de entrada da água potável complementar no sistema.

Figura 8: Complementação de reservatório com água potável.



Fonte: Tomaz (2010d).

Conforme a NBR 5626:2020 da ABNT, não deve haver interligação entre tubulações de águas fornecidas por redes públicas de concessionárias e as que conduzam água proveniente de sistema particular de abastecimento (conexão cruzada), seja a última com água potável ou não.

2.11. Manutenção do sistema

Para garantir a qualidade da água e a durabilidade do sistema de aproveitamento, é essencial realizar uma operação e manutenção adequadas. Inspeções periódicas e limpezas regulares das superfícies de captação, calhas, condutores e reservatórios são fundamentais para minimizar os riscos de contaminação e deterioração do sistema.

Além disso, o acúmulo de folhas e materiais orgânicos nas calhas e reservatórios pode aumentar a acidez da água armazenada, favorecendo a corrosão e a consequente dissolução de metais presentes em reservatórios, torneiras e tubulações.

Segundo May (2004), é fundamental adotar alguns cuidados específicos quanto à instalação e à manutenção do sistema, entre os quais se destacam na tabela 4:

Tabela 4 - Cuidados específicos quanto à instalação e à manutenção do sistema

Evitar a entrada de luz solar no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
Manter a tampa de inspeção fechada;
Colocar grade ou tela na saída do extravasor para evitar a entrada de pequenos animais;
Realizar, ao menos uma vez por ano, a limpeza do reservatório, retirando a lama acumulada no fundo;
O reservatório deve apresentar pequena declividade de fundo, facilitando a limpeza e remoção de lama;
É recomendável localizar o reservatório de acumulação de água pluvial próximo ao condutor vertical, sendo ele elevado, enterrado ou apoiado;
Garantir que a água coletada seja somente para fins não potáveis;
Prever o reabastecimento do reservatório de água pluvial com água potável, garantindo o consumo diário em períodos de estiagem prolongada;
Tomar os devidos cuidados para que a água de chuva não contamine o reservatório de água potável, caso os reservatórios estejam interligados;
Localizar a entrada de água potável acima da entrada de água de chuva para que não retorne água de chuva ao reservatório de água potável;
Instalar um dispositivo no fundo do reservatório para evitar a turbulência na água e a agitação dos sedimentos depositados no fundo;
Diferenciar a cor da tubulação de água de chuva, para realçar o uso não potável, além da utilização de roscas e torneiras diferentes para evitar possível interconexão com o sistema de água potável. Devem ser instaladas placas de sinalização com os dizeres “Água Não Potável” próximas à mangueira de jardim ou no quintal;
Verificar a necessidade de filtração e cloração da água de chuva armazenada;
Não fazer a conexão da rede de água potável com a rede de água de chuva no sistema de distribuição.

Fonte: May (2004)

A NBR 15527:2019 da ABNT apresenta a tabela 5, com a frequência em que devem ser realizadas manutenções em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva.

Tabela 5 - Frequência de manutenção.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte	Inspeção mensal Limpeza trimensal
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza trimensal
Calhas, área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral Limpeza quando necessário
Dispositivo de desinfecção, bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, Limpeza quando necessário

Fonte: Adaptada da ABNT (2019).

A norma também estabelece que, se forem utilizados produtos que possam representar risco à saúde humana, o sistema deve ser desconectado, evitando que essas substâncias entrem no reservatório de água da chuva. A reconexão só poderá ser realizada após a área ter sido devidamente lavada, garantindo que não haja mais perigo de contaminação pelos produtos utilizados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do dimensionamento de captação e utilização da água pluvial destinado à escola Dr. Lauro Correa do Amaral, adotou-se a seguinte metodologia: identificação do local de estudo; levantamento de informações referentes à instituição; cálculo da precipitação média mensal estimada; determinação da intensidade das chuvas; delimitação da área de contribuição; definição da vazão de projeto; cálculo do consumo de água potável; estimativa da demanda de água não potável; dimensionamento dos diferentes componentes do sistema; e, por fim, análise da viabilidade para implantação do sistema.

3.1. Local de Estudo

Este trabalho desenvolve um estudo aplicado em uma escola na cidade de Guapé, Escola Estadual Dr. Lauro Correa do Amaral. Por meio da análise do projeto arquitetônico conforme apresentado no anexo A, da realização de visitas técnicas e de entrevista com os funcionários da escola, serão obtidas as informações essenciais para o desenvolvimento do dimensionamento. Esses encontros permitirão o levantamento do histórico da escola, além da compreensão de seus objetivos e áreas de atuação. A imagem 9 representa a fachada da escola.

Figura 9: Fachada da Escola Dr. Lauro Correa do Amaral



Fonte: A autora (2025)

3.2. Definições da intensidade de precipitação

Utilizando a equação IDF (intensidade, duração e frequência da precipitação), buscou-se determinar os valores de intensidade de chuva para o município de Guapé-MG, com o apoio dos dados fornecidos pelo software Plúvio e dos parâmetros normativos estabelecidos para o período de retorno (T) e a duração (t). A equação utilizada é apresentada a seguir:

$$Im = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

Onde:

$Im \rightarrow$ é a intensidade máxima média de precipitação, expressa em milímetros por hora (mm/h);

$K \rightarrow$ é um parâmetro relativo à localidade;

$T \rightarrow$ é o período de retorno, expresso em anos;

$a \rightarrow$ é um parâmetro relativo à localidade;

$t \rightarrow$ é a duração da precipitação, expressa em minutos (min);

$b \rightarrow$ é um parâmetro relativo à localidade;

$c \rightarrow$ é um parâmetro relativo à localidade.

Com o uso do software Plúvio, o usuário pode acessar os valores dos coeficientes (K, a, b, c), que são específicos para cada região analisada, permitindo assim a aplicação da equação IDF mencionada anteriormente.

3.3. Estimativa de Demanda de Água Não Potável

Para elaborar um dimensionamento de aproveitamento de água da chuva que atenda às necessidades da escola, será levado em conta o consumo estimado com base na quantidade de funcionários e alunos que atuam atualmente no local e entrevista com os mesmos.

3.4. Estimativa do uso de água não potável

Com base nos valores obtidos na estimativa da demanda de água não potável, será realizada a análise do potencial de economia de água potável proporcionada pela implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.

3.5. Determinação da área de cobertura contribuinte

A área do telhado e a inclinação da cobertura serão determinadas com base no projeto arquitetônico do edifício (anexo A). A partir dessas informações, será realizado o cálculo da área de contribuição do telhado para a captação de água pluvial, utilizando-se fórmulas previstas na norma ABNT NBR 10844/1989, referentes a superfícies inclinadas, apresentadas na figura 6, (ver item 2.11.2). A equação utilizada apresentada a seguir:

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

Onde:

a → metade da largura do telhado

h → altura do telhado

b → comprimento do telhado

3.6. Definição da vazão de Projeto

Após a definição da área de contribuição e da intensidade de precipitação da região, procede-se à determinação da vazão de projeto (ver item 2.11.3), visando calcular o volume de água captado pela cobertura. Esse valor será utilizado no dimensionamento dos condutores e calhas. A fórmula utilizada para o cálculo da vazão de projeto é apresentada a seguir:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (3)$$

Onde:

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

$I \rightarrow$ é a intensidade pluviométrica, expressa em milímetros por hora (mm/h);

$A \rightarrow$ é a área de contribuição, expressa em metros quadrados (m²).

3.7. Dimensionamento dos componentes do sistema

3.7.1. Dimensionamento das calhas

Com base na fórmula de Manning-Strickler será determinada a seção das calhas a serem utilizadas na cobertura em estudo indicado pela NBR10844.

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times R h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$R h = \frac{P}{S} \quad (5)$$

Onde:

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

$S \rightarrow$ é a área da seção molhada, expressa em metros quadrados (m²);

$n \rightarrow$ é o coeficiente de rugosidade (tabela 3);

$R \rightarrow$ é o raio hidráulico, expresso em metros (m);

$P/H = P/S \rightarrow$ é o perímetro molhado, expresso em metros (m).

$i \rightarrow$ é a declividade da calha, em metro por metro (m/m);

$K \rightarrow$ valor igual a 60.000;

A tabela 6 apresenta os valores dos coeficientes de rugosidade dos materiais que são normalmente utilizados na fabricação das calhas.

Tabela 6 - 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: Adaptada da ABNT (1989).

3.7.2. Dimensionamento dos Condutores Verticais

Para captar o volume de água transportado pelas calhas, serão instalados tubos verticais conectados aos bocais. Esses tubos serão feitos de PVC (policloreto de vinila) e seu dimensionamento será realizado com base no método Frutuoso de Dantas:

$$Q = 0,0039 \times d^2 \times H^{0,5} \quad (6)$$

Onde:

Q = é a vazão de projeto

d = diâmetro

H = altura da lâmina d'água

Para dimensionar os condutores verticais, será considerada a vazão correspondente a cada calha. Com base nisso, será calculado o diâmetro necessário para conduzir a vazão projetada por calha, adotando, ao final, um diâmetro comercial que seja igual ou superior ao valor obtido na equação.

3.7.3. Dimensionamento dos condutores horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais, considera-se a vazão de projeto, a declividade do condutor horizontal e o coeficiente de rugosidade ($n=0,011$). A NBR apresenta a Tabela 7, que fornece as vazões correspondentes para diferentes materiais e inclinações usuais, calculadas com base na fórmula de Manning-Strickler.

Tabela 7: Capacidade dos 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	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptada da ABNT (1989).

3.7.4. Determinação do volume aproveitável da precipitação média mensal

Para dimensionar adequadamente o reservatório de armazenamento, é fundamental calcular o volume de precipitação média mensal que pode ser efetivamente aproveitado, de modo a suprir toda a demanda de água não potável da edificação. Para isso, aplica-se a seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (7)$$

Onde:

$V \rightarrow$ é o volume da cisterna, expressa em litros (L);

$P \rightarrow$ é a precipitação média mensal, expressa em milímetros (mm);

$A \rightarrow$ é a área do telhado em projeção em metros quadrados (m²);

$C \rightarrow$ é o coeficiente de Runoff do telhado (adimensional) = 0,95;

$\eta \rightarrow$ é o rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema = 0,85;

Portanto, para a realização do cálculo do volume aproveitável vão ser utilizados os valores de precipitação média mensal, área da captação, coeficiente de Runoff, no

qual vai ser adotado 0,9 (ver item 2.11.4) e do rendimento do filtro, no qual vai ser adotado 0,8.

3.7.5. Dimensionamento dos reservatórios

Com o objetivo de atender integralmente à demanda de água não potável da edificação em análise, serão dimensionados quatro reservatórios de armazenamento, sendo o de maior capacidade instalado de forma enterrada no solo, enquanto os três de menor porte ficarão em posição elevada. O dimensionamento do reservatório inferior será realizado por meio da aplicação do Método de Rippl descrito abaixo:

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

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

$$V = \sum S_{(t)} \text{ Somente Para Valores } S_{(t)} > 0 \quad (10)$$

Onde:

$S_{(t)}$ → volume de água no reservatório em um intervalo de tempo;

$Q_{(t)}$ → volume de chuva utilizável em um intervalo de tempo;

$D_{(t)}$ → demanda ou consumo em um intervalo de tempo;

V → volume requerido para reservatório;

C → coeficiente de escoamento superficial.

Sendo que: $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Já os reservatórios superiores terão sua capacidade definida a partir da avaliação dos valores correspondentes ao consumo diário de água não potável da edificação.

3.7.6. Dimensionamento da bomba hidráulica

Para o dimensionamento da bomba, será levado em consideração as seguintes fórmulas:

Dimensionamento do diâmetro de recalque com relação às horas de funcionamento, ou seja, funcionamento descontínuo do conjunto motor-bomba, como propõe a NBR 5626 (ABNT, 1998);

$$Q_{nec.} = \frac{V_{reservatório}}{Tempo} \quad (11)$$

$$D_R = 1,3 \left(\frac{T}{24} \right)^{0,25} \times \sqrt{Q} \quad (12)$$

Para o diâmetro de sucção, será um diâmetro maior que o diâmetro de recalque.

Dimensionamento da perda de carga com relação ao comprimento da tubulação e perdas localizadas, como propõe Hazen-Williams;

$$H_t = \frac{10,646 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \quad (13)$$

Determinação da altura manométrica;

$$H_{man} = H_g + \sum H_f \quad (14)$$

Dimensionamento da potência do conjunto motor-bomba;

$$P = \frac{1000 \times Q \times H}{75 \times \eta} \quad (15)$$

Quando:

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

$T \rightarrow$ Tempo de funcionamento diário;

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

$C \rightarrow$ Coeficiente Hazen-Williams;

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

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

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

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

$\gamma \rightarrow$ Peso específico da água;

3.8. Análise da viabilidade de execução do sistema

Após a determinação da demanda de consumo e o dimensionamento dos principais componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial, torna-se necessária uma análise referente à viabilidade de sua implementação. Essa verificação deve considerar os dispositivos da edificação que podem operar com água não potável, bem como o número de alunos e funcionários que serão atendidos por esses equipamentos. Dessa maneira, é possível avaliar se o volume de água captada será suficiente para suprir as demandas previstas e garantir o funcionamento adequado do sistema proposto.

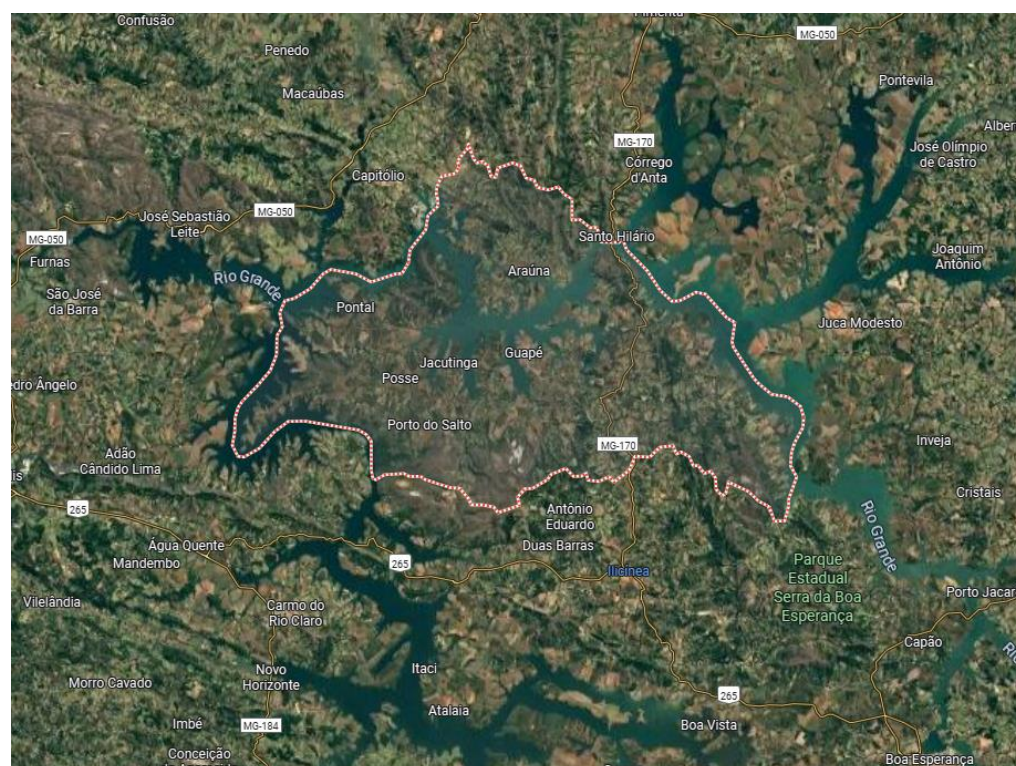
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Apresentação do Local de Estudo

Guapé é um município brasileiro localizado no sul de Minas Gerais. De acordo com o IBGE (2020), a cidade possui uma área territorial de 934,345 quilômetros quadrados (km²) e uma população estimada de 14073 em 2024.

Localiza-se a cerca de 296 quilômetros da capital Belo Horizonte, e faz limite com os municípios de Capitólio, Alpinópolis, Formiga, Piumhi, Pimenta, Boa Esperança, Cristais, Ilicínea, Carmo do Rio Claro e São José da Barra. A figura 10 mostra o limite do território de Guapé.

Figura 10: Território de Guapé-MG



Fonte: Google Maps (2025)

A cidade teve sua história marcada pela construção da Usina Hidrelétrica de Furnas, que resultou na inundação de parte do município onde era a antiga cidade. A economia local é impulsionada pela agricultura, com produção de café e milho.

4.2. Local de estudo e informações sobre a escola

A Escola Estadual Dr. Lauro Correa do Amaral foi construída no início da década de 80. Ela é composta por quatro blocos e uma quadra poliesportiva. A escola também possui uma área gramada de 212,32m². A imagem 11 mostra a vista aérea da escola.

Figura 11: Vista aérea da Escola Estadual Dr. Lauro Correa do Amaral



Fonte: Google Earth Pro (2025)

Atualmente existem cerca de 526 pessoas na escola, incluindo alunos e servidores. A tabela 8 mostra a quantidade de pessoas que atuam na escola:

Tabela 8 - Quantidade de pessoas que atuam na escola.

	Servidores femininos	Servidores masculinos	Alunos femininos	Alunos Masculinos
Matutino (7h às 11:25h)	16	11	118	157
Vespertino (12:30h às 16:55h)	9	7	59	65
Noturno (19h às 22:30h)	6	3	32	43

Fonte: A autora

4.3. Gastos de água potável no local de estudo

Para estimar a quantidade de água consumida na Escola Dr. Lauro Corrêa do Amaral, foi realizada uma entrevista com alunos e funcionários, com o objetivo de identificar quantas vezes, em média, cada pessoa utiliza o vaso sanitário e se aciona a descarga após o uso. Foi aplicado um questionário conforme a figura 12.

Figura 12: Enquete de utilização do vaso sanitário

Utilização do vaso sanitário

Identificação:

Feminino ☐ Masculino ☐

Quantas vezes por dia voce utiliza o vaso sanitário?

0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ mais de 2 ☐

Quando você utiliza o vaso sanitário você aciona a descarga?

Sim ☐ Não ☐

Fonte: A autora (2025)

A partir das repostas obtidas pelo questionário foi possível elaborar a tabela 9 com o seguinte resultado:

Tabela 9: Resultado na enquete da utilização do vaso sanitário na escola Dr. Lauro Correa do Amaral

Grupo	Mulheres	Homens
Total	240	286
Não utiliza o vaso sanitário	137	155
Utiliza 1 vez/dia e aciona a descarga	96	-
Utiliza 1 vez/dia e não aciona a descarga	-	88
Utiliza 1-2 vezes/dia e aciona a descarga	7	43

Fonte: A autora (2025)

Muitas mulheres e homens justificaram que não usam o vaso sanitário pois não tem recursos nos banheiros da escola.

Com todas essas informações recolhidas, foi possível criar a tabela 10 que apresenta a quantidade e a porcentagem de homens e mulheres que acionam a descarga por dia.

Tabela 10: Quantidade e porcentagem das pessoas que dão descargas na escola.

	Quantidade que dão descargas	Porcentagem (%)
Feminino (alunos e funcionários)	103	43,00
Masculino (alunos e funcionários)	43	15,00

Fonte: A autora (2025)

Com isso pode ser concluído que menos de 50% dos alunos/funcionários que usam o vaso sanitário não acionam a descarga após o uso.

4.4. Estimativa de precipitação média mensal

Foram levantadas as precipitações médias mensais previstas para o local de estudo, com base em registros em um período de 30 anos no município de Guapé, disponibilizados pelo site Clima Tempo (2025).

Na tabela 11 os dados apresentados representam o comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano. É possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias da região de Guapé, mostrados a seguir:

Tabela 11: Precipitação média em um período de 30 anos na cidade de Guapé

Mês	Mínima	Máxima	Precipitação (mm)
Janeiro	20°	27°	275
Fevereiro	20°	27°	176
Março	19°	26°	179
Abril	18°	25°	64
Maio	15°	23°	40
Junho	14°	22°	18
Julho	13°	23°	13
Agosto	14°	25°	15
Setembro	16°	27°	59

Outubro	18°	27°	110
Novembro	19°	26°	193
Dezembro	19°	26°	274

Fonte: Adaptado Site Clima Tempo (2025).

Com base na tabela apresentada, conclui-se que os meses mais chuvosos na região de Guapé ocorrem no verão, especialmente em janeiro e dezembro, que também correspondem aos períodos de temperaturas mais elevadas. Por outro lado, os meses de menor precipitação são julho e agosto, durante o inverno, que coincidem com as temperaturas mais baixas do ano.




Através dos valores apresentados pela série histórica de precipitação na cidade de Guapé/MG no período de 30 anos (tabela 11), é possível a realização do cálculo de intensidade e precipitação.

4.5. Cálculo de intensidade e precipitação

Para calcular a intensidade de precipitação no município de Guapé/MG, foi utilizada a equação de Intensidade, Duração e Frequência (IDF) de precipitação e os valores de (K, a, b, c), informados pelo software Plúvio 2.1, conforme apresentado na figura 13 a seguir.

Figura 13: Parâmetros para cálculo da Intensidade de Precipitação em Guapé/MG

Data de emissão do relatório: 11/08/2025

Copyright (2005) © GPRH

RELATÓRIO

Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação

LOCALIZAÇÃO:

Localidade: Guapé **Estado:** Minas Gerais

Latitude: 20°45'42"

Longitude: 45°55'03"

PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:

K: 2048,334

a: 0,168

b: 16,670

c: 0,913

Fonte: Software Plúvio 2.1 (2025).

Considerando um período de retorno de 5 anos e uma duração de 5 minutos, conforme a NBR 10844:1989ABNT, calcula-se a intensidade de precipitação para o município de Guapé/MG, apresentada abaixo:

$$I_m = \frac{2048,334 \times 5^{0,168}}{(5 + 16,67)^{0,913}} = 161,88 \text{ mm/h}$$

De posse do valor da intensidade de precipitação, resta calcular a área de contribuição, e então será possível determinar a vazão de projeto da cobertura.

4.6. Cálculo da área de contribuição

Através de visitas técnicas no local de estudo e da análise do projeto arquitetônico, foram levantados dados referentes às dimensões da cobertura da quadra, que permitiram a realização dos cálculos da área de contribuição, os quais são apresentados a seguir.

$$\text{Declividade do telhado da quadra} = 15\%$$

$$\text{Área de cobertura} = 682,86 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contribuição de uma aba} = \left(11,16 + \frac{1,70}{2} \right) * 33,18 = 398,49 \text{ m}^2$$

4.7. Cálculo da vazão de projeto

Com os valores de intensidade de precipitação e da área contribuinte, considerando que o dimensionamento será realizado na quadra poliesportiva, é possível determinar a vazão de projeto para a edificação. Tal vazão será de extrema importância para o dimensionamento dos componentes do sistema, as calhas e condutores.

$$Q = \frac{161,88 * 398,49 * 0,9}{60} = 967,61 \text{ litros/min}$$

4.8. Cálculo da estimativa de consumo de água potável

Para obter uma estimativa mais precisa do consumo de água potável, foram analisados os valores das contas mensais fornecidas pelo Serviço Autônomo de Água e

Esgoto (SAAE) no período de setembro de 2024 a agosto de 2025, conforme o anexo C.

Através da análise das faturas, foi possível elaborar a tabela 12, e a partir das marcações do consumo de água da edificação, foi determinado a média aritmética, obtendo-se então o consumo médio histórico representativo. O valor encontrado servirá para estimar o consumo de água potável por colaborador ativo na edificação.

Tabela 12: Consumo médio histórico representativo.

Nº	Data	Média diária (L/dia)	Verificação	Média diária (L/dia)
1	Set/24	4370,0	Ok	4370,0
2	Out/24	2660,0	Ok	2660,0
3	Nov/24	2820,0	Ok	2820,0
4	Dez/24	2380,0	Ok	2380,0
5	Jan/25	330,0	Leitura fora da taxa	-
6	Fev/25	1060,0	Ok	1060,0
7	Mar/25	3830,0	Leitura fora da taxa	-
8	Abr/25	3640,0	Leitura fora da taxa	-
9	Mai/25	2800,0	Ok	2800,0
10	Jun/25	3870,0	Ok	3870,0
11	Jul/25	2680,0	Ok	2680,0
12	Ago/2	2390,0	Ok	2390,0
Média		2735,833	Consumo médio histórico (L/dia)	2781,11

Fonte: a autora.

Após definir o valor do consumo médio histórico representativo, procede-se ao cálculo da estimativa de demanda de água não potável. Na sequência, apresentam-se os cálculos, considerando uma média de 150 pessoas em relação a enquete realizada com os alunos e funcionários da escola.

4.9. Cálculo da estimativa de demanda de água não potável

Para a realização da estimativa de gastos de água não potável, considerou conforme a utilização real da escola, a irrigação do jardim duas vezes por semana e a limpeza (lavagem) da quadra apenas uma vez a cada 15 dias e a utilização da bacia sanitária sendo 150 pessoas que utilizam e dão descargas 1 vez ao dia.

Logo, considerando uma média de 150 pessoas que utilizam a descarga nos banheiros, e que os mesmos farão uso das bacias sanitárias uma vez ao dia, são realizados os seguintes cálculos:

$$\text{Consumo de descargas} = 12L / \text{desc} * 150 \text{ pessoas} * 1 \text{ vez/dia} = 1800L$$

Durante visitas técnica, foram identificadas as áreas destinadas à irrigação de jardins e à lavagem dos pátios. O jardim foi medido, totalizando 212,32 m². Já a área correspondente a quadra é de 620,0 m². Com base nesses valores, é apresentado a seguir o cálculo do consumo de água não potável para tais finalidades.

$$\text{Consumo de irrigação} = 2,0 L \times 212,32 m^2 = 424,64 L / \text{irrigação}$$

$$\text{Consumo lavagem da quadra} = 2,0 L \times 620,0 m^2 = 1240,0 L / \text{lavag}$$

Levando em conta que a irrigação dos jardins ocorrerá duas vezes por semana e que a lavagem da quadra será realizada a cada 15 dias, foi elaborada a Tabela 13, apresentando a estimativa do consumo semanal de água não potável na edificação.

Tabela 13: Estimativa de demanda semanal de água não potável.

Nº	Dia da semana	Uso	Demanda diária para 150 colaboradores (L)
1	Segunda-feira	Bacia sanitária	1800,00
2	Terça-feira	Bacia sanitária + Rega jardins	2224,64
3	Quarta-feira	Bacia sanitária	1800,00
4	Quinta-feira	Bacia sanitária	1800,00
5	Sexta-feira	Bacia sanitária + Rega jardins + Lavagem pátios	3464,64
6	Sábado	Sem uso	0,00

7	Domingo	Sem uso	0,00
---	---------	---------	------

Fonte: a autora.

Com base nos valores apresentados na Tabela 13, foi estimada a demanda mensal de água não potável da edificação. Considerou-se um total de 23 dias de utilização máxima, correspondentes ao período de funcionamento de segunda a sexta-feira. No intervalo de 30 dias (um mês), estabeleceu-se que a irrigação dos jardins ocorrerá, no máximo, 9 vezes e a lavagem da quadra até 2 vezes, de acordo com a frequência de duas regas semanais e uma lavagem quinzenal. A seguir, apresenta-se a estimativa da demanda mensal de água não potável.

$$\text{Consumo mensal} = 23 \times 1800 + 9 \times 424,64 + 2 \times 1240,0 = 47701,76 \text{ L/mês}$$

Vale atentar-se que no mês de janeiro não tem aula, com isso tem apenas 9 funcionários trabalhando de segunda a sexta, a irrigação do jardim não é realizada pois o mês é chuvoso e não há limpeza da quadra, já nos meses de julho e dezembro o período de aula é de apenas 15 dias, reduzindo o consumo de água em uma média de 40%, conforme informações obtidas pela vice-diretora da escola. Então os gastos de janeiro, julho e dezembro são expressadas a seguir:

$$\text{Consumo em janeiro} = 9,0 \text{ funcio/dia} \times 12,0 \text{ litros/desc} \times 23 \text{ dias vez}$$

$$\text{Consumo em janeiro} = 2484 \text{ L/mês}$$

$$\text{Consumo de jul e dez} = 47701,76 \times 60\% = 28621,10 \text{ L/mês}$$

4.10. Dimensionamento dos componentes do sistema

4.10.1. Dimensionamento das calhas

Considerando o telhado da quadra poliesportiva da escola Dr. Lauro Correa do Amaral, a calha a ser dimensionada será duas calhas de beiral, onde, através da vazão de projeto calculada (4.7), a fórmula de Manning para o cálculo da capacidade das calhas (ver item 3.7.1) são determinados a seção, comprimento e declividade que as calhas possuirão quando instaladas.

Para o dimensionamento das calhas considera-se os seguintes fatores: duas calhas, uma em cada lateral do telhado da quadra que recebe 50% da vazão de projeto.

Cálculo da capacidade da calha:

$$\text{Área molhada} = 25\text{cm} * 15\text{cm} = 375\text{cm}^2 \rightarrow 0,0375\text{m}$$

$$\text{Perímetro molhado} = 15\text{cm} + 25\text{cm} + 15\text{cm} = 55\text{cm} \rightarrow 0,55\text{m}$$

$$\text{Raio hidráulico} = \frac{0,0375}{0,55} = 0,07\text{m}$$

$$Q = 60.000 * \left(\frac{0,0375}{0,011} \right) * (0,07^{\frac{2}{3}}) * (0,50\%^{\frac{1}{2}}) = 2456,63\text{L/min}$$

A capacidade da calha é maior que a vazão de projeto (ver item 4.7), sendo assim ela atende a vazão.

Para evitar um desnível acentuado de aproximadamente 16 cm entre o início e o final da calha (diferença correspondente à distância entre o telhado e a calha) optou-se pela instalação de duas calhas no mesmo lado, partindo do ponto central do beiral em direção às extremidades. Dessa forma, o declive de cada calha será reduzido para cerca de 8 cm, e a vazão total de projeto será distribuída entre quatro áreas de contribuição do telhado, demonstrados na tabela 14.

Tabela 14: Dimensionamento de calhas.

Calhas	Declividade (%)	Comprimento (m)	<u>n</u>	Vazão de projeto (L/min)	Desnível (m)	Medidas (cm)
C1 Beiral direito	0,5	16,40	0,011	483,81	0,08	25 x 18
C2 Beiral esquerdo	0,5	16,40	0,011	483,81	0,08	2 x 18

Fonte: a autora (2025).

A calha terá uma seção de 25cm de largura e 18cm de altura para que não ocorra um transbordamento.

4.10.2. Dimensionamento dos condutores verticais

A partir da equação de dimensionamento dos condutores verticais (item 3.7.2) e da vazão de projeto atribuída a cada calha, iniciou-se a definição dos diâmetros dos condutores, conforme o método Frutuoso de Dantas:

$$483,81 = 0,0039 * d^2 * 150^{0,5}$$

$$d = 100,64mm \rightarrow d \text{ adot} = 150mm$$

4.10.3. Dimensionamento dos condutores horizontais

Considerando a vazão de projeto = 483,81 (ver item 4.7), a declividade do condutor horizontal (0,50%) e o coeficiente de rugosidade ($n=0,011$) é possível encontrar o valor do diâmetro do condutor horizontal na tabela 15 de capacidade dos condutores horizontais de seção circular.

Tabela 15 - Capacidade dos 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	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptada da ABNT (1989).

Portanto será, 4 condutores horizontais, um em cada extremidade das calhas, com 5,52m e 150mm de diâmetro.

4.10.4. Volume aproveitável de precipitação média mensal

Com base nos valores de precipitação média mensal apresentados na Tabela 11 (item 4.4) e aplicando a equação de volume aproveitável (itens 3.7.4), elaborou-se a Tabela 16, que mostra a estimativa do volume de água pluvial passível de aproveitamento em cada mês do ano.

Tabela 16 – Estimativa de volume aproveitável de precipitação.

Mês	Precipitação média (mm)	Área de captação (m²)	Runoff	Rendimento do Filtro	Volume (L)
Janeiro	275,0	797,00	0,9	0,85	167668,9
Fevereiro	176,0				107308,1
Março	179,0				109137,2
Abril	64,0				39021,12
Maiο	40,0				24388,2
Junho	18,0				10974,69
Julho	13,0				7926,165
Agosto	15,0				9145,575
Setembro	59,0				35972,6
Outubro	110,0				67067,55
Novembro	193,0				117673,1
Dezembro	274,0				167059,2

Fonte: a autora (2025).

Com os dados de volume aproveitável e precipitação média apresentados na tabela 11, será possível realizar o dimensionamento do reservatório inferior da edificação.

4.10.5. Dimensionamento dos reservatórios

4.10.5.1. Dimensionamento do reservatório inferior

Para dimensionar o reservatório de armazenamento inferior, garantindo sua capacidade de suprir a demanda da edificação em estudo, foram realizados os cálculos necessários por meio do método de Rippl.

Assim, elaborou-se a Tabela 17, na qual, a partir da demanda mensal de água não potável de 47701,46L (conforme item 4.9) e dos volumes aproveitáveis obtidos na Tabela 16 (item 4.10.4), determinou-se o volume total que precisa ser reservado.

Leva-se em consideração que o mês de janeiro não tem aula, então o reservatório permanece cheio, o mês de julho e dezembro tem apenas 14 dias de aulas (tirando sábados e domingos), pois inicia-se as férias no dia 20 de ambos os meses, então o gasto de água reduz em julho e dezembro.

Tabela 17 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.

Mês	Consumo Mensal (L)	Volume Aprov. Mensal (L)	Volume Resultante (L)
Janeiro	2484	167668,9	165.184,90
Fevereiro	47701,76	107308,1	59.606,34
Março	47701,76	109137,2	61.435,44
Abril	47701,76	39021,12	-8.680,64
Maiο	47701,76	24388,2	-23.313,56
Junho	47701,76	10974,69	-36.727,07
Julho	28621,1	7926,165	-20.694,94
Agosto	47701,76	9145,575	-38.556,19
Setembro	47701,76	35972,6	-11.729,16
Outubro	47701,76	67067,55	19.365,79
Novembro	47701,76	117673,1	69.971,34
Dezembro	28621,1	167059,2	138.438,10

Fonte: a autora.

Com base na Tabela 17, observa-se que os meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro (período de menor precipitação) não são suficientes para suprir a demanda de água não potável da escola. No entanto, a água coletada nos meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro pode ser utilizada para abastecer o reservatório durante os meses em que a chuva não é insuficiente.

Somando os valores negativos, que representam os períodos em que a quantidade de água da chuva não é suficiente para atender à demanda, obteve-se um total de 139.701,55 litros. Diante desse resultado, foi elaborada a Tabela 18, que apresenta a estratégia de utilização da água acumulada nos meses com excedente para compensar a falta de água nos meses em que o reservatório não consegue suprir o consumo necessário.

Tabela 18: Utilização da água acumulada

Consumo mensal - volume de Aproveitamento	descarte dos valores negativos	balanço de Vazão
-165184,90	0,00	139.701,55
-59606,34	0,00	139.701,55

-61435,44	0,00	139.701,55
8680,64	8680,64	131.020,91
23313,56	23313,56	107.707,35
36727,07	36727,07	70.980,28
20694,94	20694,94	50.285,35
38556,19	38556,19	11.729,16
11729,16	11729,16	0,00
-19365,79	0,00	19.365,79
-69971,34	0,00	89.337,13
-138438,10	0,00	139.701,55

Fonte: A autora (2025)

Entretanto, não é possível garantir que a precipitação se mantenha constante ao longo do ano. Por esse motivo, definiu-se que o reservatório inferior deve ser dimensionado para atender ao consumo por um período de 30 dias, considerando a possibilidade de ocorrência de estiagens, mesmo nos meses de maior índice pluviométrico. Para aumentar a segurança hídrica, acrescentou-se ainda uma margem adicional de 20% à capacidade total, garantindo que o reservatório não esvazie completamente durante períodos prolongados de seca.

O reservatório será construído em concreto armado e instalado de forma enterrada no solo, garantindo maior estabilidade térmica, proteção estrutural e melhor integração ao ambiente. Suas dimensões internas são de 4,5 m x 12,0 m x 3,5 m, resultando em um volume aproximado de 189 mil litros. Desse total, cerca de 162 mil litros serão destinados ao armazenamento efetivo da água pluvial, enquanto o volume restante corresponde ao espaço ocupado pela tubulação e demais componentes do sistema.

4.10.5.2. Dimensionamento do primeiro reservatório superior

O Reservatório 1 será destinado exclusivamente ao atendimento dos banheiros, abastecendo as descargas das bacias sanitárias. Sua capacidade total será de 1.500 litros, volume definido para garantir autonomia adequada e minimizar a necessidade de reabastecimento frequente. Devido às limitações de espaço na área de cobertura, o reservatório será subdividido em duas caixas d'água de 750 litros cada. Essa configuração permite a instalação segura no telhado, facilita o transporte e a manutenção das unidades, além de assegurar a mesma capacidade total prevista no dimensionamento.

4.10.5.3. Dimensionamento do segundo reservatório superior

O segundo reservatório será destinado ao abastecimento das atividades de lavagem da quadra, irrigação do jardim e atendimento à bacia sanitária localizada na área da quadra. Ressalta-se que a lavagem da quadra e a rega do jardim não ocorrem necessariamente no mesmo dia, e que o banheiro dessa área é pouco utilizado, o que reduz o consumo diário efetivo. Considerando esses fatores e visando evitar sobrecarga na estrutura onde o reservatório será instalado, optou-se por dimensioná-lo com capacidade equivalente a 40% da demanda total estimada para esses usos. Essa abordagem garante um equilíbrio entre a disponibilidade de água e a segurança estrutural, evitando esforços excessivos na laje ou suporte que receberá o reservatório, conforme descrito a seguir:

$$V. do reservatório superior 1 = \frac{(424,64 + 1240 + 1800) * 2}{5} = 1385,86 \text{ litros}$$

Conclui-se, portanto, que o reservatório superior 2 deverá possuir capacidade total de 1.500 litros.

4.10.5.4. Dimensionamento do terceiro reservatório superior

O reservatório superior 3 será destinado exclusivamente ao abastecimento do banheiro da sala do diretor e da secretária, ambientes que apresentam baixo consumo de água devido ao uso restrito e à baixa frequência de utilização. Em função dessa demanda reduzida, definiu-se uma capacidade de 500 litros para o reservatório, volume considerado suficiente para garantir autonomia adequada e funcionamento contínuo do sistema sem a necessidade de grandes volumes armazenados.

4.10.6. Dimensionamento da bomba hidráulica

4.10.6.1. Bomba do reservatório superior 1

Para o reservatório superior 1 será um volume de 1500 litros de água. Considerou-se como o tempo de reposição do reservatório um período de 2 horas, isto é, a bomba deve ter capacidade de preencher os 1500 litros de água em no máximo 2 hora. Para a realização dos cálculos foi criada a tabela 19 com os dados necessários

Tabela 19: Dados para o cálculo da bomba

Volume do reservatório	1500 litros
Tempo de reposição	2 horas
Comp. Real da tubulação de recalque	120,97 m
Comp. Real da tubulação de sucção	0,45 m
Coeficiente de rugosidade Hazen Willians	140
Altura a vencer	5,26 m
Altura da locação da bomba	0
Rendimento estimado da motobomba	30%
Altitude da locação da motobomba	750 m
Temperatura do líquido	20 °C

Fonte: A autora (2025)

Com isso tem-se a vazão necessária:

$$Q_{nec.} = \frac{1500}{2} = 750 \text{ L/h} \rightarrow 0,21 \text{ L/s}$$

Após achar a vazão necessária, calcula-se o diâmetro de recalque:

$$D_r = 1,3 \left(\frac{2}{24} \right)^{0,25} \times \sqrt{\frac{0,21}{1000} * 1000}$$

$$D_r = 10,12 \text{ mm}$$

$$D_{R,comer.} = 25 \text{ mm}$$

Para o diâmetro de sucção, adotou-se um diâmetro acima do diâmetro de recalque, tendo então:

$$D_{S,com} = 32 \text{ mm}$$

A tabela 20 e 21 informa os acessórios necessários para o comprimento de sucção e de recalque:

Tabela 20: Comprimento Equivalente de Sucção

Comprimento Equivalente de Sucção	32mm
--	-------------

Acessórios	Comp. Unitário	Quantidade	Comp. Equivalente
Válvula de retenção tipo pesado	5,8	1	5,8
Entrada normal	0,5	1	0,5
		Total	6,3

Fonte: A autora (2025)

Tabela 21: Comprimento Equivalente de Recalque

Comprimento Equivalente de Recalque			25mm
Acessórios	Comp. Unitário	Quantidade	Comp. Equivalente
Válvula de retenção tipo pesado	4,1	1	4,1
Registro de gaveta aberto	0,2	2	0,4
Curva 90°	0,5	14	7
Saída de canalização	0,9	1	0,9
Tê 90° saída bilateral	2,4	1	2,4
		Total	15,8

Fonte: A autora (2025)

Considerando a tubulação equivalente de peças mais o comprimento real da tubulação:

Comprimento total da tubulação de sucção: $0,45 + 6,3 = 6,75 \text{ m}$

Comprimento total da tubulação de recalque: $120,97 + 15,8 = 136,77 \text{ m}$

Para a perda de carga unitária:

$$\text{Sucção : } H_t = \frac{10,646 \times (0,00021)^{1,852}}{140^{1,852} \times (0,032)^{4,87}} = 0,0033 \text{ m}$$

$$\text{Recalque: } H_t = \frac{10,646 \times (0,00021)^{1,852}}{140^{1,852} \times (0,025)^{4,87}} = 0,011 \text{ m}$$

Perda de carga total:

$$Sucção = 0,0033 * 6,75 = 0,02 \text{ m. c. a}$$

$$Recalque = 0,011 * 136,77 = 1,5 \text{ m. c. a}$$

Altura manométrica:

$$Sucção Hman = 0,02 + 0 = 0,02 \text{ m. c. a}$$

$$Recalque Hman = 1,5 + (5,26 - 0) = 6,76 \text{ m. c. a}$$


Potência da bomba:

$$P = \frac{1000 * 0,00021 * (0,02 + 6,76)}{(75 * \frac{30}{1000})} = 0,06 \text{ cv} \rightarrow 1/6 \text{ cv}$$

Considerando que a bomba destinada ao primeiro reservatório superior é a que apresenta maior distância de recalque e, conseqüentemente, a maior perda de carga do sistema, verificou-se que a potência necessária para esse trecho corresponde à menor potência comercial disponível. Dessa forma, adotou-se o mesmo modelo de bomba para os demais reservatórios superiores, garantindo que todos operem com desempenho adequado mesmo em eventuais variações de perda de carga ou altura manométrica ao longo da instalação. Essa escolha também proporciona uma margem de segurança operacional, evitando o subdimensionamento em qualquer ponto do sistema.

A seleção da bomba foi realizada com base no Catálogo de Seleção de Bombas e Motobombas da Schneider apresentado no anexo D, adotando-se o modelo de menor potência comercial capaz de atender às condições de operação. A Tabela 22 apresenta a bomba escolhida.

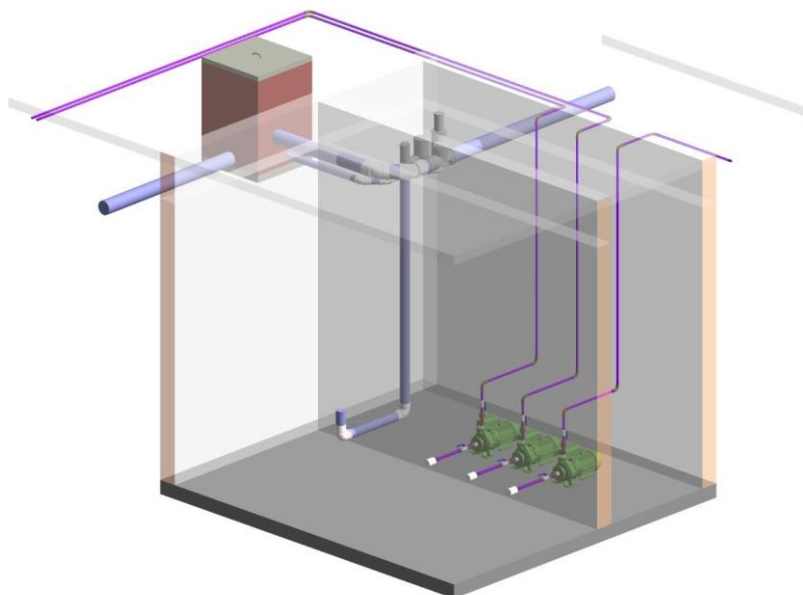
Tabela 22: Dados da bomba

Nomenclatura da bomba	Potência (cv)	Imagem
BC-98	1/6	

Fonte: Catálogo de motobombas da Schneider (2022)

A imagem 14 mostra a locação de como ficará as bombas ao lado do reservatório:

Figura 14: Croqui da locação das bombas no sistema



Fonte: A autora (2025)

4.10.7. Filtro

O filtro mais adequado para este sistema é o modelo FFF150, que realiza o descarte da primeira água. Esse dispositivo tem a função de eliminar a porção inicial da chuva, que normalmente carrega as impurezas acumuladas na cobertura após períodos sem precipitação. Entre esses contaminantes estão fuligem, poeira, fezes de pássaros e a própria acidez da água da chuva, que, ao iniciar a precipitação, promove uma “lavagem” da atmosfera, trazendo consigo partículas suspensas no ar. A Figura 15 apresenta o modelo do filtro utilizado.

Figura 15: Modelo do filtro de água pluvial



Fonte: Manual Auxtrat.

4.11. Análise da viabilidade de execução do sistema

Após a estimativa do consumo de água potável e da demanda de água não potável, bem como a definição da vazão de projeto e o dimensionamento dos elementos do sistema, procede-se à análise da viabilidade de sua execução.

Com base nos resultados obtidos, constatou-se que o volume de água pluvial coletado na área contribuinte é suficiente para suprir a demanda de água não potável da escola. Nos meses em que a precipitação for abaixo do calculado, será utilizada a água armazenada proveniente dos períodos de maior incidência de chuvas. Contudo, como a precipitação não ocorre de forma constante e pode variar ao longo dos anos (sendo possível que chova mais ou menos em determinados períodos), há a necessidade de um plano de contingência. Assim, caso em algum mês ocorra escassez de água pluvial, o reservatório do SAAE deverá ser acionado, utilizando-se a água potável fornecida pela autarquia municipal, a fim de evitar a falta de abastecimento na escola.

Importante destacar que a Escola Estadual Dr. Lauro Corrêa do Amaral passará por um processo de reforma, cujo objetivo é implementar melhorias estruturais e ampliar a acessibilidade para os alunos. Nesse contexto, o projeto de captação e aproveitamento de água pluvial poderá ser executado de forma integrada à reforma, uma vez que

eventuais alterações na edificação podem influenciar diretamente na implantação do sistema. Ressalta-se que o dimensionamento foi desenvolvido considerando pontos estratégicos da edificação, justamente para permitir sua adequação às intervenções previstas na reforma, sem comprometer a precisão dos cálculos ou a viabilidade técnica do sistema. Assim, o dimensionamento elaborado permanece válido, garantindo segurança, eficiência e compatibilidade com as futuras modificações estruturais. Dessa maneira, o desenvolvimento do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial mostra-se plenamente viável e eficaz.

4.12. Custo dos componentes do sistema

Abaixo tem-se a tabela 23 contendo o custo de material dos componentes do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial da Escola Dr. Lauro Correa do Amaral.

Tabela 23: Custo de material

Material	Un. De medida	Quantidade	Valor unitário R\$	Total R\$
Calha Quadrada de Chapa de Aço Galvanizado 25cm 16,40 m	M	4	15,67	1027,95
Tubo PVC 150 mm para Águas Pluviais 110,76 m	M	4	84,26	37330,55
Tubo PVC 25 mm para Águas 220,76	M	1	31,95	7053,28
Tubo PVC 32 mm para Águas 1,35	M	1	42,45	57,31
Caixa de inspeção	Un.	5	48,07	240,35
Filtro Coletor de Água Pluvial	Un.	1	1804,41	1804,41
Reservatório concreto armado	Un.	1	60000	60000
Bomba BC-98	Un.	3	477,00	1431,00
Curva 90° 25 mm	Un.	42	13,98	587,16

Tê 90° Saída Bilateral	Un.	2	1,11	2,22
Válvula de retenção tipo pesado	Un.	6	90,94	545,64
Registro gaveta aberto	Un.	5	75,25	376,25
Caixa d'água 750 litros	Un.	4	429,07	1716,28
Caixa d'água 500 litros	Un.	1	277,39	277,39
			Total	112449,79

Fonte: A autora (2025).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente escassez de água observada na sociedade atual tem impulsionado a busca por alternativas capazes de suprir esse recurso essencial, destacando-se entre elas o aproveitamento da água de chuva. Contudo, para a implementação desse sistema, é necessário considerar diversos fatores, como sua eficiência, viabilidade e funcionalidade.

A elaboração deste trabalho proporcionou o desenvolvimento de um dimensionamento voltado à captação e ao aproveitamento de água pluvial para a Escola Estadual Dr. Lauro Corrêa do Amaral, situada na cidade de Guapé/MG. Por meio dessa pesquisa, foram identificadas as demandas e a disponibilidade de água de chuva, além de realizado o dimensionamento de alguns dos principais componentes necessários ao funcionamento do sistema. Para atingir esse propósito, foram analisados parâmetros específicos e definidos os métodos adequados para o dimensionamento do sistema proposto.

Realizou-se a análise da edificação e das condições pluviométricas locais para verificar a viabilidade do sistema de aproveitamento de água pluvial. Com base nas faturas de consumo e em visitas técnicas, foram identificados os principais usos da água de chuva: abastecimento das bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem da quadra. Em seguida, dimensionaram-se os componentes do sistema. A seção da calha e os diâmetros dos condutores verticais e horizontais foram definidos conforme a vazão calculada e as recomendações das normas NBR 10488:1989, além do método de Frutuoso Dantas. O reservatório inferior foi dimensionado pelo Método de Rippl, assegurando volume adequado para períodos de estiagem. No sistema de bombeamento, a altura manométrica e a vazão requerida permitiram selecionar uma motobomba de baixa potência, conforme catálogo da Schneider. Por fim, foi realizado o levantamento dos custos dos materiais e componentes, garantindo a avaliação técnica e econômica do sistema dimensionado.

Dessa forma, constata-se que os objetivos definidos no início do trabalho foram plenamente alcançados. Os resultados obtidos comprovam a eficiência do sistema e evidenciam seu potencial para reduzir o consumo de água potável, gerar economia de recursos hídricos e promover práticas mais sustentáveis no ambiente escolar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUESOL. **Filtro volumétrico VF 1 3P Technik**. Disponível em: <http://www.aquesol.com/produtos/0,5092_kit-com-filtro-para-cisterna-acquasave-3p-technik>. Acesso em: 08 abr. 2025.

ASIS ENGENHARIA. *Captação e aproveitamento de água da chuva*. Disponível em: <https://www.asisengenharia.com.br/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

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 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BARBOSA JR., A. R. **Precipitação. Hidrologia Aplicada** – CIV 226. Universidade Federal de Ouro Preto. [S. l.]: [s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17403/material/11Precipitacao_UFOP.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2025.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Portal institucional. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br>. Acesso em: 10 abr. 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Portal institucional. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 ago. 2025.

GOOGLE. *Google Earth Pro – desktop version*. Disponível em: <https://www.google.com/earth/about/versions/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

GOOGLE. *Google Maps – Explorar mapas e rotas*. Disponível em: <https://maps.google.com/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, republicada em 24 maio 2021. Disponível em:

<https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html>. Acesso em: 26 fev. 2025.

CLIMATEMPO. Climatologia: Guapé – MG. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/4806/guape-mg>>. Acesso em: 20 maio 2025.

FROTA, Evanise Batista; VASCONCELOS, Nadja Maria Sales de. **Ciclos biogênicos: hidrosfera, atmosfera.** [S. l.]: [s. n.], 13 nov. 2019. Livro digital. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/559748>. Acesso em: 15 abr. 2025.

GUAPÉ (MG). Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE. *Portal institucional.* Disponível em: <https://saaeguape.mg.gov.br/>. Acesso em: 11 set. 2025.

GUIARRARA, Paloma. "Água potável"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/agua-potavel.htm>. Acesso em 24 de março de 2025.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET.** 2011. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Estados da região Sudeste concentram metade do desperdício de água que acontece no Brasil. 2021. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/estados-da-regiao-sudeste-concentram-metade-do-desperdicio-de-agua-que-acontece-no-brasil>>. Acesso em: 26 fev. 2025.

KOENIG, K. **Rainwater harvesting: public need or private pleasure?** Water 21, London: IWA, fev. 2003. p. 56–58. Apud ANNECCHINI, M. A utilização de águas pluviais para fins não potáveis. 2005. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - SC. 2007.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para o consumo não potável em edificações.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

McMURRY, John E.; FAY, Robert C. Química. Tradução da 6ª edição norte-americana. São Paulo: Pearson, 2012.

NASCENTES, C. C.; COSTA, L. M. Química Ambiental. [s.l.]: [s.n.], 2011. OHLWEILER, O. A. Química Analítica Qualitativa. Volume 1. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1978.

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

PEREIRA, Aline Patrícia; **Avaliação da Qualidade da Água da Chuva**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso.

Rodrigues, C. M. (2017). Capítulo 4 – Precipitação. In: Guimarães, R. C., Shahidian, S., & Rodrigues, C. M. (Eds.), **Hidrologia Agrícola** (2ª ed., pp. 81–118). Évora: ECT – Universidade de Évora e ICAAM. Recuperado de <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/22643>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M de Azevedo. Tratamento de água - Tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 1991. 332 p.

SEMIL – Secretaria do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo. *Água*. Portal de Educação Ambiental. São Paulo: SEMIL, 29 ago. 2023. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/agua/>. Acesso em: 30 mar. 2025.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. Química ambiental. 2. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2008. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 26 fev. 2025.

Software Plúvio 2.1. **Chuvas intensas para o Brasil**. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>. Acesso em: 31 mai. 2025.

TELLES, Dirceu D'Alkmin; COSTA, Regina Pacca (coord.). Reúso da água: conceitos, teorias e práticas. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 17 mar. 2025.

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. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2002.pdf. Acesso em: 01 abr. 2025.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 5 – Coeficiente de runoff. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2009b. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2005.pdf. Acesso em: 07 abr. 2025.

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, 2009c. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003.pdf. Acesso em: 15 abr. 2025.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 0 – Introdução. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010a. Disponível em: https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?in dex=true. Acesso em: 05 mar. 2025.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 19 – First flush. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010a. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo19.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2025.

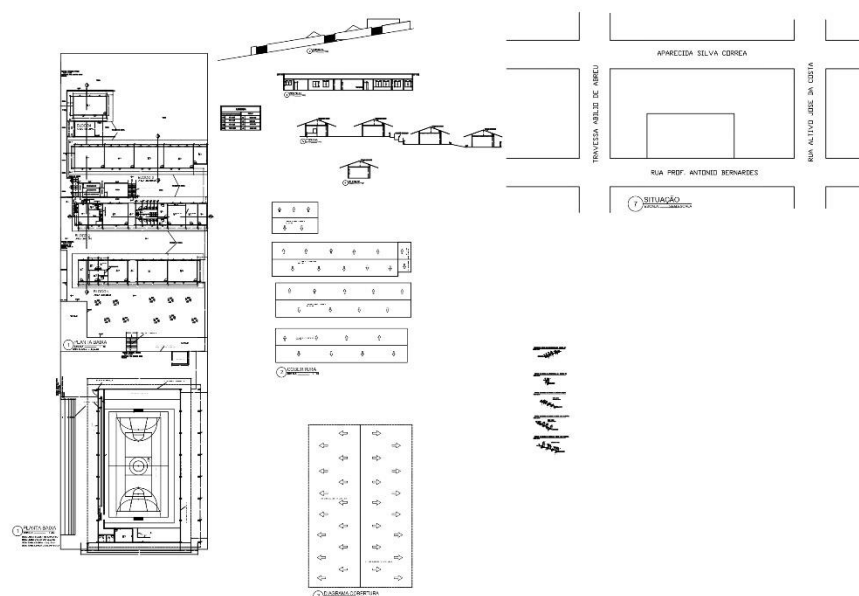
TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 20 – Automatização. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010d. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo20.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 21 – Noções de hidrologia. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010e. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo21.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 4 – Calhas e condutores. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010f. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2004.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2025.

Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Manual**. 1997. Disponível em: <<http://arquivo.ufv.br/ctq/terraco/Menu2.html>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

Anexo A – Projeto arquitetônico



Anexo B – Fotos da escola







Anexo C

Serviço Autônomo de Água e Esgoto

Listagem das últimas leituras/consumos



Rua Doutor Joaquim Coelho Filho, 280
Guapé - MG
CGC : 21.420.641/0001-75
Tel : (0xx35) 3856-1366

11/09/2025

Usuário: E.E.DR.LAURO CORREA DO AMARAL				Endereço: RUA PREF. ANTONIO BERNARDES, 347 - CENTRO		Economias: 01 A		Grade leitura: 0007				
CPF: Mapa cadastral : D-2-01620		Inscrição cadastral: -		Serviço: ÁGUA E ESGOTO								
Cód. ligação: 01351-6		Cons. médio:90		Hidr. : A10X098338								
		Inst : 14/07/2011										
Ref.	Data	Leitura	Ocorrência	N.Dias	Cons. mês	Cons. fat	Cons. Dia	Leiturista	Hidrômetro	C.médio	Ocorr. Aux.	Situação usuário
09/2024	13/09/2024 10:54:33 (30d)	002063 -		30	000131	000131	4,37	GASPAR DO ORIENTE F	A10X098338	000110	-	
10/2024	15/10/2024 11:20:40 (32d)	002148 -		32	000085	000085	2,66	GASPAR DO ORIENTE F	A10X098338	000101	-	
11/2024	12/11/2024 11:58:05 (28d)	002227 -		28	000079	000079	2,82	CARLOS DIVINO MARCIL	A10X098338	000098	-	
12/2024	11/12/2024 10:33:34 (29d)	002296 -		29	000069	000069	2,38	CARLOS DIVINO MARCIL	A10X098338	000078	-	
01/2025	10/01/2025 08:47:00 (30d)	002306	33-LEITURA FORA DA TAXA	30	000010	000015	0,33	CARLOS DIVINO MARCIL	A10X098338	000053	-	
02/2025	11/02/2025 08:46:30 (32d)	002340 -		32	000034	000034	1,06	GASPAR DO ORIENTE F	A10X098338	000038	-	
03/2025	12/03/2025 10:02:06 (29d)	002451	33-LEITURA FORA DA TAXA	29	000111	000111	3,83	GASPAR DO ORIENTE F	A10X098338	000052	-	
04/2025	14/04/2025 09:40:37 (33d)	002571	33-LEITURA FORA DA TAXA	33	000120	000120	3,64	GASPAR DO ORIENTE F	A10X098338	000088	-	
05/2025	14/05/2025 10:03:10 (30d)	002655 -		30	000084	000084	2,80	GASPAR DO ORIENTE F	A10X098338	000105	-	
06/2025	13/06/2025 10:00:12 (30d)	002771 -		30	000116	000116	3,87	GASPAR DO ORIENTE F	A10X098338	000107	-	
07/2025	11/07/2025 09:57:49 (28d)	002846 -		28	000075	000075	2,68	GASPAR DO ORIENTE F	A10X098338	000092	-	
08/2025	13/08/2025 09:49:26 (33d)	002925 -		33	000079	000079	2,39	GASPAR DO ORIENTE F	A10X098338	000090	-	

Anexo D

Motobombas Centrífugas Monoestágio

BC-98 - Rotor fechado

Aplicações Gerais:

Residências, fontes e cascatas, chácaras.

Silenciosa

PRODUTO **PROCEL** PATENTADO

A primeira motobomba centrífuga do Brasil a receber o PROCEL (Menor consumo de energia)

Imagem de Carlos Trindade

(*) Para altura de sucção entre 6 a 8 m.c.a., recomendamos utilizar tubulação de 1" até a união e inclinar levemente a motobomba para frente.

Modelo	Potência (cv)	Motor (cv)	Solução (p.p.)	Redução (p.p.)	Pressão máxima em m.c.a. (m.c.a.)	Altura máxima de sucção (m.c.a.)	Altura (m.c.a.)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS - rotação corrigida 3500 RPM																			
								Altura Manométrica Total (m.c.a.)																			
								2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
BC-98	1/8	x	3/4	3/4	18	8	107	4,5	4,3	4,2	4,1	3,9	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,5	2,3	2,0	1,6	1,2				
	1/2	x	3/4	3/4	20	8	107	5,5	5,4	5,2	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,2	2,9	2,6	2,3	1,8	1,1		

Motor WEG IP27 com flange e incorporada, proteção térmica e capacitor permanente, 2 polos, 60 Hz.

Rotor fechado de latão*, com 30% de eficiência e vidro (maior resistência). Temperatura máxima do líquido bombeado: 55 °C.

Equipamento desenvolvido para uso exclusivo em residências.