UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

DECLARAÇÃO

LAURA SOUTO MARRA DA MADEIRA

PROJETO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em: 12/04/2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA/UFG - Orientador)

Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos (EECA/UFG - examinador)

Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza (EECA/UFG - examinador)

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA/UFG - Orientador)

Em: 14/04/2022

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

- **Todos os campos do presente documento são de preenchimento obrigatório, sendo os mesmos adequados a quantidade de examinadores;**
- **Após preenchido, o documento deve ser assinado por todos os examinadores e também pelo orientador do referido trabalho.**

Documento assinado eletronicamente por **Saulo Bruno Silveira E Souza**, **Professor do Magistério Superior**, em 12/04/2022, às 10:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Marcus André Siqueira Campos**, **Professor do Magistério Superior**, em 12/04/2022, às 10:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Prado Abreu Reis**, **Professor do Magistério Superior**, em 18/04/2022, às 17:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2824094** e o código CRC **9B951A04**.

Referência: Processo nº 23070.018695/2022-71 SEI nº 2824094

PROJETO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Laura Souto Marra da Madeira[1], Ricardo Prado Abreu Reis[2]

PALAVRAS CHAVE:

Sistemas Hidráulicos-Sanitários
Aproveitamento de águas pluviais;
Desenvolvimento de projeto;

RESUMO:
A concepção de um projeto na área de engenharia ou áreas afins passa por diversas etapas desenvolvimento e estruturação que visam sua criação de forma organizada buscando atender os requisitos de desempenho operacionais das necessidades de seus usuários. Este trabalho consiste na apresentação de um projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais de uma residência unifamiliar. Para tanto, foram definidas a base arquitetônica e sua localização, de onde foram retirados os parâmetros de projeto como área de contribuição, intensidade pluviométrica, áreas disponíveis, população de agentes consumidores, perfis de consumo entre outros foram considerados neste processo de desenvolvimento. Ao final, todos os principais componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva (calhas, condutores, dispositivos de descarte da água de escoamento inicial, reservatórios, etc.) tiveram suas metodologias de concepção detalhadas e foram dimensionados e especificados para a residência, objeto de estudo deste trabalho.

*** Contato com os autores:**

[1] **e-mail: laura_marra_souto@hotmail.com (L. S. Madeira)**
Graduanda em Engenharia Civil na Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás

[2] **e-mail: ricardo_reis@ufg.br (R. P. A. Reis)**
Eng. Civil, Dr. Professor do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade Federal de Goiás

1. INTRODUÇÃO

Durante muitos anos, os recursos hídricos foram explorados sem a preocupação de preservação primando a ausência de programas que assegurassem a oferta adequada de água tratada para o consumo da população (BORGES, 20006). Atualmente, é cada vez mais nítido a necessidade da conservação e gestão de água no país, pois a cada ano são inúmeras pessoas que sofrem com a escassez de água devido à falta de uma gestão inteligente dos recursos.

A água é um elemento essencial à vida humana e à economia de todas as regiões do planeta, apesar disso existem permanentes ameaças ao ciclo hidrológico e à quantidade e qualidade de água. Essas ameaças decorrem devido ao uso excessivo da água para várias atividades humanas. Tais usos excessivos incluem águas provenientes de mananciais superficiais e subterrâneos, que são reservas importantes e substanciais de água doce em algumas regiões do planeta (TUNDISI, 2006).

O problema de escassez de água não é exclusividade das regiões áridas e semiáridas. Em muitos locais, onde há recursos hídricos em abundância, o consumo excessivo e mau uso da água faz com que seja necessário a restrição ao consumo (OLIVEIRA, 2005). Dessa forma, meios de aproveitamento inteligente da água são extremamente válidos para o mundo atual poder enfrentar assa nova realidade de escassez.

O Brasil é um país onde há enormes reservas de recursos hídricos e, por isso, muitas vezes não há uma cultura de consumo de água consciente em meio à população. Além disto, são poucas as ações de incentivo, desenvolvimento tecnológico, políticas públicas e projetos efetivamente voltados para a consolidação de estratégias de aplicação em larga escala de programas de uso racional e conservação das águas em edificações urbanas.

O uso de fontes alternativas de suprimento de água, em especial o aproveitamento de água de chuva surge como uma alternativa para o enfrentamento da escassez hídrica, uma vez que pode ser captada em qualquer região do país de acordo com seu ciclo hidrológico, possibilitando a criação de um sistema complementar de suprimento de água para fins que não necessitam de água potável para seus usos finais.

Assim, o estudo das etapas de desenvolvimento de um projeto de aproveitamento de água de chuva, aplicado a uma residência unifamiliar, pode contribuir para um melhor entendimento, por parte do meio técnico, de todas as etapas de concepção e de componentes que integram esse sistema.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo apresentar o projeto e o dimensionamento dos principais componentes de um sistema de aproveitamento de água de pluvial aplicado a uma residência unifamiliar situada na cidade de Goiânia.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

A disponibilidade de água potável para o desenvolvimento das ações antrópicas é um dos principais requisitos para o desenvolvimento humano, devido a isso, a segurança hídrica é de suma importância para a o avanço social, econômico e ambiental da terra (VERITATO, 2015). Em meio ao contexto de escassez hídrica, o aproveitamento de água pluvial surge como uma alternativa viável tecnicamente para suprir a falta d'água em épocas de seca e garantir a segurança hídrica em locais onde ocorra falta de abastecimento público.

O sistema de aproveitamento de água pluvial (SAAP) é um sistema de baixa complexidade que pode ser instalado em qualquer tipo de habitação. Entretanto, deve-se atentar para uma correta concepção de seus componentes, objetivando um funcionamento correto, seguro e eficiente em termos de operação e manutenção. A água da chuva carreia diversas substâncias presentes na atmosfera e nas superfícies de interceptação, em grandes centros urbanos a concentração de poluentes dispersos no ar é maior e isso impacta diretamente na qualidade da água. Dessa forma, segundo Oliveira (2015), em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial (SPAAP), a água da chuva deve sofrer tratamento adequado a sua finalidade de uso e, ainda sim, esse uso deve ser apenas para fins não potáveis.

3.2. FASES DE CONCEPÇÃO DO PROJETO

A criação de um projeto para construção, seja de engenharia, arquitetura ou áreas afins, passa por diversas etapas que devem ser seguidas para que ele seja estruturado de forma organizada e todas as disciplinas presentes no projeto se conciliem da melhor forma possível. Na Figura 3.1, é possível observar as etapas tradicionais de um projeto.

O primeiro passo para criar um projeto é a elaboração do Estudo Preliminar. Esse estudo visa identificar diversos fatores que vão influenciar na construção e, vão desde o posicionamento da edificação quanto a disposição da incidência solar, ao deslocamento do vento, a existência de fontes de ruídos sonoros, disponibilidade de mão de obra e matéria prima no local, entre outros aspectos que influenciam na concepção dos demais componentes dos sistemas prediais. Além disso, são analisadas, também, aspectos imateriais como por exemplo a função que a construção deve exercer, necessidades dos usuários, soluções que visam melhor operação, manutenção e sustentabilidade, o orçamento disponibilizado e o tempo que deve ser gasto na obra. A partir disso, cria-se a solução de projeto inicial que melhor atende os itens estudados e as demandas do cliente, que é a etapa de Anteprojeto.

De uma forma resumida, seguindo as etapas de elaboração de projetos, tem-se a elaboração do projeto legal, que consiste em entregar um produto que cumpra com os requisitos legais e documentais, que são necessários para que o projeto seja aprovado pelas autoridades com base nas normas e exigências governamentais. Após é obtida da aprovação do projeto para a construção, ou em muitos casos é solicitada pelos órgãos competentes a adequação e/ou alteração da solução inicial do projeto, para que se enquadre nos parâmetros exigidos.

Após essa etapa, é desenvolvido o projeto básico que de acordo com o Manual de Obas Públicas (2020) é constituído por um relatório técnico, contendo o memorial descritivo dos sistemas e componentes e o memorial de cálculo onde serão apresentados os critérios, parâmetros, gráficos, fórmulas, ábacos e "softwares" utilizados na análise e dimensionamento do projeto. Nessa etapa, também devem ser entregues as definições dos métodos construtivos que serão adotados, o custo dos serviços e materiais utilizados, as propostas para solucionar o impacto ambiental causado pela construção e o prazo de execução do projeto.

Por fim, tem-se a etapa do projeto executivo, essa é a entrega final do projeto, ou seja, nela devem estar todos os detalhes e informações necessárias para a elaboração da construção, de forma clara e precisa. "O Projeto Executivo deverá estar representado graficamente por desenhos de plantas, cortes, fachadas e ampliações de áreas molhadas ou especiais, em escala conveniente, e em tamanho de papel que permita fácil manuseio na obra e entendimento das informações de concepção dos sistemas a serem construídos." (SEAP, 2020) Além disso, devem ser entregues todos os memoriais de cálculo, memoriais de operação de sistemas específicos e memoriais descritivos do projeto, que possuem as informações essenciais do projeto e de operação da edificação. Nesta fase a documentação de concepção também contemple a listagem e especificação de materiais e componentes, informações essenciais para a orçamentação e execução dos serviços.

3.3. PREVISÃO DE CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

Para determinação do consumo da água não potável em uma residência é preciso saber identificar o perfil de consumo dos agentes consumidores de água potável e não potável. Em uma edificação residencial, por exemplo, existem vários pontos de consumo como: lavatórios, bacias sanitárias, chuveiros, pias, filtros, máquina de lavar roupa, tanque, maquinas de lavar louça e torneiras de jardim.

O sistema de uso fonte alternativas de água não potável deve ser independente do sistema de água potável, visto que a NBR 15.527 (ABNT, 2019) proíbe que os sistemas tenham qualquer ligação, evitando assim contaminações indesejadas no sistema potável. Dessa forma, o uso final de água não potável pode ser aplicado nos pontos de bacia sanitária, torneiras de jardim e de lavagem de pisos com acesso restrito, sistemas de irrigação de áreas verdes, usos ornamentais, sistemas de resfriamento de equipamentos de condicionamento de ar entre outros fins que não tenham contato primário que ocasiona risco direto ao usuário.

Um estudo realizado por Barreto (2008) pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Cidade de São Paulo verificou o perfil de consumo de sete residências típicas da cidade de São Paulo. No estudo foram implantados hidrômetros e *data-loggers* que faziam a leitura e registro dos dados de vazão que passava pela tubulação dos pontos de consumo. A precisão de leitura e armazenamento de dados era na ordem de 99%, o que se considera erros de leitura aceitáveis. Na Figura 3.1 pode-se observar o resultado obtido do consumo diário da residência, consumo per capta e participação percentual dos pontos de utilização.

FIGURA 3.1: Consumo médio diário *per capta* por ponto de utilização e por morador.
FONTE: (BARRETO, 2008).

Ponto de utilização	Participação (%)	Consumo (L/dia)	Consumo *per capita* (L/dia/hab.)
Chuveiro	13,9	106	35,3
Pia de cozinha	12,0	91	30,3
Máquina de lavar roupas	10,9	83	27,7
Tanquinho de lavar	9,2	70	23,3
Tanque com máquina de lavar	8,3	63	21,0
Caixa acoplada	5,5	42	14,0
Tanque	5,4	41	13,6
Lavatório	4,2	32	10,8
Outros usos	30,6	232	77,4
Total	**100,0**	**788**	**262,7**

3.4. INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Para a determinação da vazão de escoamento além da determinação da área de contribuição e dos materiais previstos para a sua construção que ocasionam perdas na produção de água aproveitável. Também deve-se considerar a intensidade pluviométrica local.

Assim, a obtenção de séries históricas de chuvas na região onde se pretende instalar o SPAAP devem ser obtidas para dar suporte ao dimensionamento dos principais componentes do sistema. O uso de bases de dados provenientes de fontes como INMET, Clima Tempo, HidroWeb, Agritempo, dentre outros, podem ser utilizados como parâmetros para retroalimentar os dados de vazões aproveitáveis de chuva a serem consideradas no dimensionamento do SPAAP. Para uma maior precisão de dimensionamento dos componentes do SPAAP, o registro de chuvas com menor intervalo de registro são preferíveis. Assim, dados de chuvas diários normalmente fornecem soluções mais precisas que dados médios mensais e/ou anuais.

3.5. PRINCIPAIS COMPONENTES DO SPAAP

De acordo com Tomaz (2010) os principais componentes do sistema de aproveitamento de águas de chuva são:

a) Áreas de captação:

Geralmente são os telhados das casas ou podem ser utilizadas telhas, o material da telha utilizada é um aspecto importante para a captação pois determinados materiais como as telhas de barro absorvem parte considerável da água, diminuindo a eficiência do sistema. Para uma melhor eficiência são indicadas as telhas metálicas.

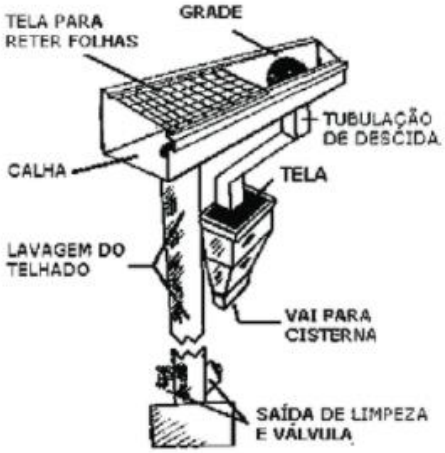
b) Calhas e condutores verticais:

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019) devem ser instalados, também, dispositivos para remoção de detritos, como por exemplo folhas que por ventura caiam sobre as calhas,

evitando entupimento da tubulação, esse dispositivo podem ser grades ou telas (Figuras 3.2 e 3.3).

FIGURA 3.2: Guia da Engenharia, 2022. Disponível em: Calha e condutor vertical de águas pluviais.
FONTE: https://www.guiadaengenharia.com/dimensionamento-calhas-condutores/ (acesso em 20/03/2022).

FIGURA 3.3: Sistema para retirada de materiais grosseiros.
FONTE: Researchgate, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-38-Dispositivos-para-remocao-de-materiais-grosseiros-Fonte-Adaptado-de-Texas_fig10_303985016 (acesso em 20/03/2022).



A Norma Brasileira 10.844 (ABNT, 1989) regulariza o dimensionamento das calhas e condutores verticais e horizontais nas instalações prediais de drenagem de águas pluviais.

c) Condutores Horizontais:

Segundo a NBR 10.844 (ABNT, 1989) os condutores horizontais são os tubos quem seguem paralelos ao chão, eles devem apresentar uma declividade mínima de 0,5% e sempre que possível deve ter declividades uniforme. Além disso, seu dimensionamento deve ser feito para um escoamento com lâmina d'água de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo. "Nas tubulações aparentes, devem ser previstas inspeções sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20 m nos percursos retilíneos." NBR 10.844 (ABNT, 1989). De acordo com a Norma, é necessário que as ligações entre condutores verticais e horizontais sempre sejam feitas com raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado.

d) Gradeamento

Comumente denominados de filtro ou filtro separador de folhas no meio comercial, o gradeamento consiste em um dispositivo colocado nos condutores de águas pluviais que visam reter partículas grosseiras que por venturam possam ter sido arrastados pela chuva no processo de lavagem das superfícies de contribuição. Atualmente existem vários modelos disponíveis no mercado nacional. A Figura 3.4 ilustra alguns dos dispositivos de gradeamento disponíveis nacionalmente. É importante ressaltar que as perdas de água em cada um dos dispositivos que compõem o SPAAP devem ser consideradas no calculo do volume de chuva aproveitável.

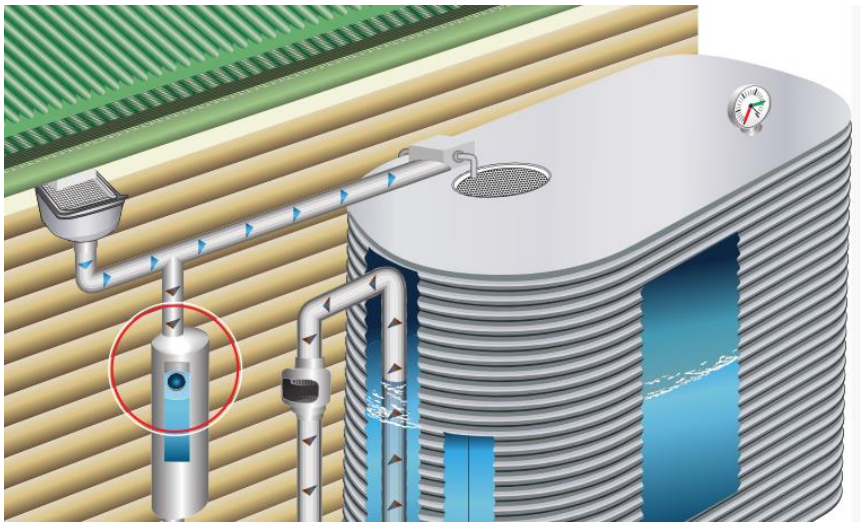
FIGURA 3.4: Sistema de gradeamento (Filtro de folhas) para retirada de materiais grosseiros da água de chuva.

FONTE: Fortlev (2022); Terra Potável (2022); 3P Acquasave (2022).

e) Dispositivo de descarte do escoamento inicial (*first flush*):

O sistema de descarte do escoamento inicial descarta toda água que lava a superfície de contribuição no inicio de um evento de chuva, isso evita que grande parte dos contaminantes presentes nesta água que lava a superfície sejam direcionadas para o reservatório de armazenamento de água de chuva, deteriorando a qualidade da água já armazenada. Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), recomenda-se no mínimo o descarte de 2 mm da precipitação inicial. A Figura 3.5 ilustra um dispositivo de descarte do escoamento inicial instalado em um SPAAP.

FIGURA 3.5: Dispositivo de Descarte do Escoamento Inicial
FONTE: https://liter.com.br/reuso-de-agua-de-chuva-separador-de-fluxo/ (acesso em 20/03/2022).



f) Reservatório:

O reservatório pode ser somente inferior ou pode ser utilizado superior e inferior. Pode estar apoiado, enterrado ou elevado. Podem ser de concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster etc. Atendendo a NBR 15527 (ANBT, 2019) os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano. A Figura 3.6 ilustra um reservatório de aproveitamento de água de chuva enterrado, instalado após um gradeamento de detenção e folhas.

FIGURA 3.6: Reservatório Armazenamento de Água Pluvial
FONTE: https://www.reservatoriodeaguamineral.com.br/reservatorio-de-agua-de-chuva-residencial/ (acesso em 20/03/2022).

g) Extravasor:

Deve ser instalado um dispositivo extravasor a fim de evitar o transbordamento da água no reservatório, este deverá possuir um filtro ou sifão para evitar a entrada de pequenos animais. O efluente extravasado do reservatório de aproveitamento de água de chuva deve ser preferivelmente infiltrado no solo.

3.6. QUALIDADE DA ÁGUA

A composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora. (TOMAZ, 2010) Além disso, no ambiente urbano a água da chuva carreia as partículas e gases que estão em suspensão na atmosfera como o dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2), e óxidos de nitrogênios (NO_x), tornando-a imprópria para consumo.

Essa água ao ser precipitada também percorre o telhado do edifício antes de ser armazenada no reservatório, podendo ser contaminada com impurezas presentes na superfície. Os telhados podem conter fezes de animais como passarinhos ou ratos, folhas, galhos e matéria orgânica de árvores, além disso, dependendo do tipo do material que s ão feitas as telhas também pode haver contaminação dos componentes químicos desse material, como tintas ou telhas de fibrocimento.

A manutenção dos equipamentos do sistema deve ser periódica e deve seguir a frequência descrita na NBR 15527 (ABNT, 2019), de acordo com a Tabela 3.1.

TABELA 3.1: Frequência de manutenção dos componentes do sistema.
FONTE: ABNT (2019)

COMPONENTE	FREQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Calhas [a]	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção mensal
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, limpeza quando necessário
[a] Além da limpeza, deve ser realizada verificação da existência de formação de áreas de acúmulo de água e eliminação quando necessário, para evitar a proliferação de vetores, em especial mosquitos.	

Segundo Tomaz (2010) é extremamente importante a adoção de alguns cuidados como não alocar os reservatórios em locais que tenham contato direto com a luz solar e, também, colocar elementos filtrantes na saída do extravasor para bloquear a entrada de pequenos animais. Além disso, a NBR 15527 (ABNT, 2019) também prevê alguns parâmetros mínimos de qualidade da água como o valor do pH entre 6,0 e 9,0, da Turbidez menor que 5,0 uT e de contagem de coliformes (E. coli), menor que 200 a cada 100 mL.

Para melhoria da qualidade da água visando atender os parâmetros da Norma é possível utilizar do método da cloração, adicionando ao sistema uma bomba dosadora de cloro no ponto de recalque. Segundo Tomaz (2010) essa desinfecção é altamente recomendada principalmente quando a água de chuva for utilizada em descargas de bacias sanitárias.

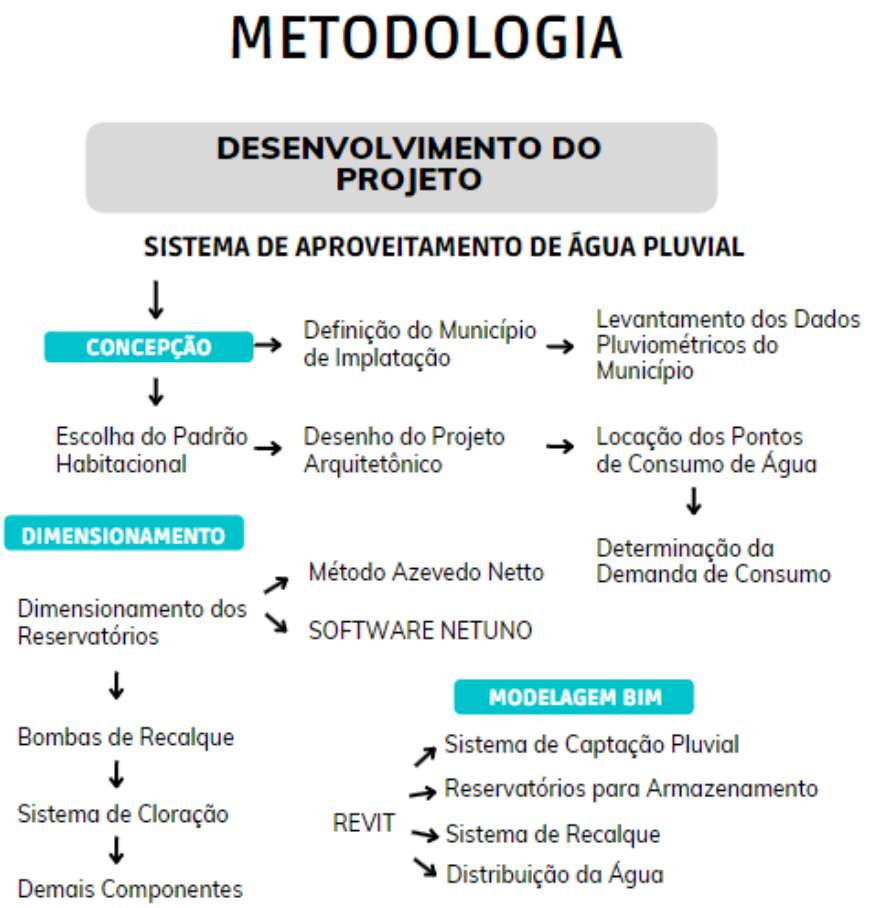
4. METODOLOGIA

A metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho compreende as seguintes etapas: 1) escolha do projeto arquitetônico de uma edificação residencial unifamiliar que servira de base para o desenvolvimento da concepção do SPAAP, 2) determinação dos pontos de consumo de água potável e potenciais usos a serem atendidos por fontes alternativas de suprimento de água não potável, 3) determinação das áreas de contribuição, 4) determinação do perfil de consumo dos usuários com relação a demanda de água potável e não potável, 5) levantamento dos dados pluviométricos da região de estudo, 6) dimensionamento dos componentes do SPAAP 7) dimensionamento dos reservatórios superior e inferior 8) propostas de componentes necessários para garantir a qualidade da água.

O trabalho contempla a apresentação das principais etapas de concepção do SPAAP considerando as fases de desenvolvimento de projeto apresentadas no item 4.3 (Figura 4.4). O sistema contemplará o lançamento dos Sistemas de Captação Pluvial e Distribuição de Água Fria proveniente do Reservatório de Aproveitamento de Águas Pluviais. O projeto será modelado em BIM utilizando-se o Software Revit para lançamento da Modelagem e o Software Netuno para auxílio na determinação do volume do reservatório, além disso será descrita a metodologia para realização do projeto e os seus principais elementos constituintes.

A metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho seguirá o fluxograma apresentado na Figura 4.1.

FIGURA 4.1: Fluxograma do Desenvolvimento do Projeto



4.1. DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO: PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico utilizado para o estudo realizado neste trabalho consiste de uma residência unifamiliar do tipo sobrado, contém dois pavimentos onde o pavimento inferior (Figura 4.2) é constituído por: sala de estar, sala de jantar, cozinha, área de serviço, lavabo, duas suítes, dois banheiros, área interna de jardim de inverno, garagem e quintal, já o pavimento superior (Figura 4.3) é constituído por: duas suítes, dois banheiros, lavabo, sala de televisão, lavabo, escritório, por fim, a cobertura (Figura 4.4) é constituída por planos distintos com telha isotérmica e laje de concreto impermeabilizada.

FIGURA 4.2: Planta baixa do pavimento térreo.

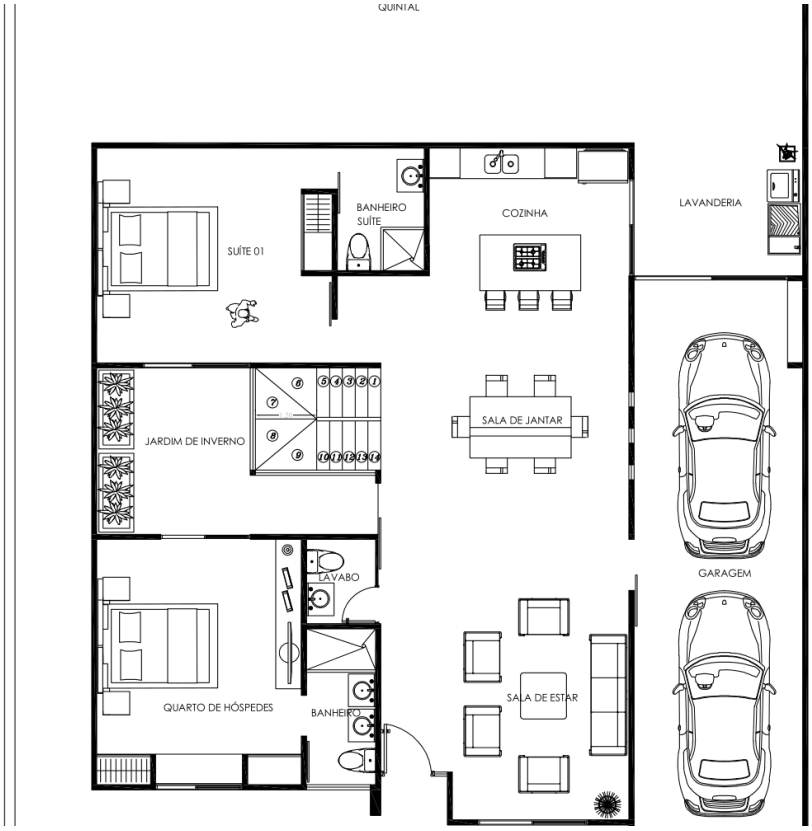
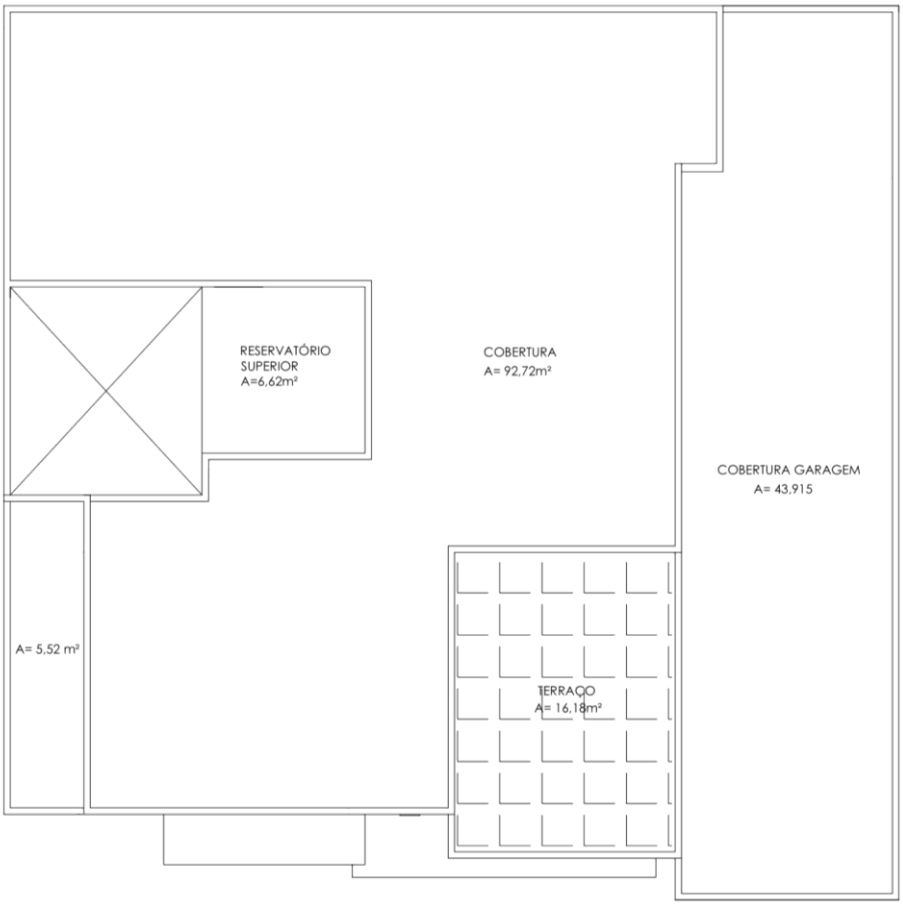


FIGURA 4.3: Planta baixa do pavimento superior.

FIGURA 4.4: Planta de cobertura.



Por meio da planta de cobertura pode-se determinar a área disponível na edificação para captação pluvial, será utilizada o máximo da área possível para destinação ao reservatório de água pluvial. Assim, pode-se observar o cálculo da área de contribuição na Tabela 4.1.

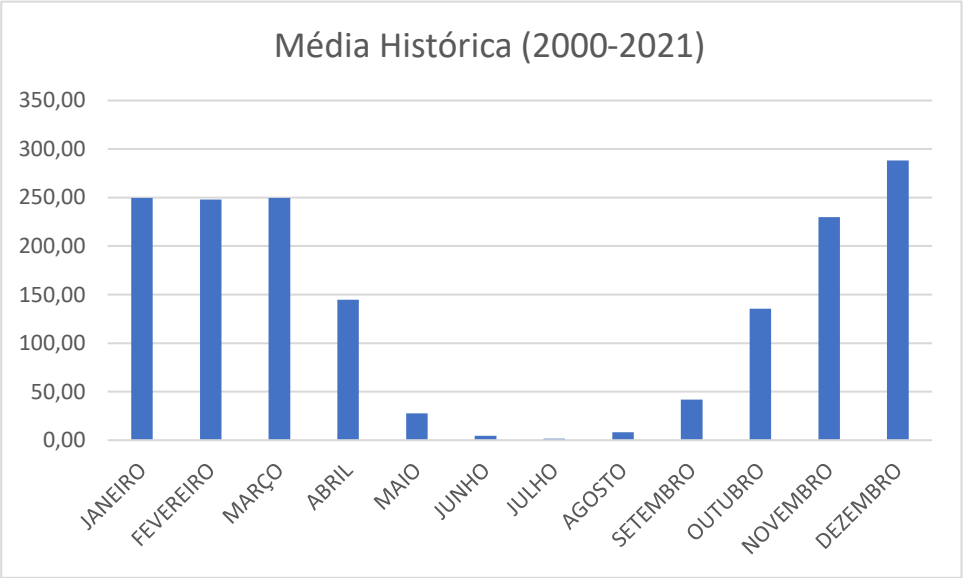
TABELA 4.1: Área de Cobertura destinada à captação pluvial na edificação

ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO PLUVIAL	(m²)
COBERTURA	92,72
COBERTURA DO RESERVATÓRIO	6,62
COBERTURA DA GARAGEM	43,91
COBERTURA DO QUARTO (PARTE TÉRREO)	5,52
TOTAL	148,77

4.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

Para a determinação do volume necessário de reservação foram obtidos os dados pluviométricos do município de Goiânia através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os dados foram requisitados de 2000 até o ano de 2021, formando-se assim um período de 21 anos com a média de precipitações histórica mensal, conforme Tabela 4.1.

GRÁFICO 4.1: Dados pluviométricos do município de Goiânia.
FONTE: INMET (2022)



4.3. DETERMINAÇÃO DA DEMANDA

A demanda de água do projeto irá suprir apenas usos não potáveis da água, os quais são: pontos de bacias sanitárias e torneiras de uso externo. Sendo as torneiras de jardim, utilizadas para regas das plantas e gramados existentes, e as torneiras de lavar, utilizadas para lavagem de pisos e carros. Os demais usos da residência serão atendidos pelo sistema convencional de abastecimento pela concessionária local, e não serão apresentados neste projeto. Estima-se, assim, uma porcentagem de 30% do uso total da água na residência que pode ser substituído pelo uso dá água de chuva.

Uma vez que se tem segundo Barreto (2008) o consumo de 272,7 litros de água por habitante/dia em uma edificação unifamiliar, estima-se que 394,05 litros/dia serão abastecidos pelo sistema de água pluvial, de acordo com a Tabela 4.2:

TABELA 4.2: Demanda de água na Residência

DEMANDA DE ÁGUA NA RESIDÊNCIA	
Demanda de água per capta (litros/hab.dia)	262,7
Habitantes (hab)	5
Demanda de água total (litros/dia)	1313,5
Porcentagem troca por água de aproveitamento (%)	30
Demanda de água não potável (litros/dia)	394,05

4.4. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE DESCARTE INICIAL

Para a determinação da vazão de escoamento que passa pelo telhado da edificação é preciso utilizar o coeficiente de escoamento superficial de *Runoff,* uma vez que a porosidade do material que é feito a telha interfere na vazão final do que é precipitado. Assim, de acordo com Tomaz (2010) o coeficiente é dado pelo quociente entre a água que escoa superficialmente pelo total da água precipitada. A Tabela 4.3 apresenta os valores característicos dos coeficientes de *Runoff* para os principais materiais utilizados para telhas.

TABELA 4.3: Coeficientes de *Runoff* médios
FONTE: TOMAS (2011).

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 09
Cimento Amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Considerando a superfície do telhado como a principal área de captação de água de chuva, conforme prevê a NBR 15527 (ABNT, 2019). Seu cálculo, diferentemente do método utilizado para a determinação de vazões em condutores de escoamento de água pluvial, previsto na NBR 10844 (ABNT, 1989), que resulta em condições de projeto prevendo as vazões mais elevadas a fim de considerar a pior condição de projeto para o escoamento, deve ser realizado por meio da projeção horizontal da área de interceptação da chuva a ser aproveitada. Esta consideração é realizada na concepção dos SPAAP prevendo-se a pior condição de projeto em termos de volume aproveitável de água de chuva interceptada pela área de contribuição.

A NBR 15527 (ABNT, 2019) recomenda o descarte de 2 mm da precipitação inicial para a área de telhados, valor que será adotado no projeto. Para o dimensionamento do volume de descarte será adotada a Equação 1.

Para determinação do volume de descarte inicial irá ser utilizada a equação:

$$Vfist\ flush = A \times p \times n \qquad \text{(Equação 1)}$$

Em que:

$V_{first\ flush}$: Volume do reservatório de descarte inicial (L);

A: Área de captação do telhado (m²);

p: precipitação mínima (adotada de 2mm);

n: coeficiente de *Runoff.*

Utilizando os valores previamente determinados nos itens anteriores tem-se o volume de descarte a ser considerado neste projeto será de:

$$Vfirst\ flush = 148{,}77 \times 2 \times 0{,}9$$

$$V\ first\ flush = 267{,}80\ L$$

Além da área de cobertura de telhados, a edificação estudada apresenta uma área de 16,18 m² referente ao terraço. Entretanto, segundo Tomaz (2010), por se tratar de uma área de pisos, onde há mais contaminação, diferentemente dos telhados, o descarte inicial recomendado é de 25 mm. A NBR 15527 (ABNT, 2019) também proíbe o aproveitamento de água de chuva proveniente desta tipologia de área de contribuição. Dessa forma, por requerer um alto volume de descarte a captação de água pluvial de pisos não será adotada neste projeto.

4.5. DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

O reservatório de água pluvial é um dos componentes mais importantes de um SPAAP. O uso de uma metodologia consistente de dimensionamento do volume do reservatório de armazenamento de água de chuva é essencial para a obtenção de sua viabilidade técnica e econômica.

4.5.1. Software Netuno

O Netuno é um software que foi desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações que faz parte do programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. O programa utiliza de dados que permitem uma modelagem adequada do sistema e são apresentados resultados como a relação entre o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial e a capacidade do reservatório, o volume extravasado de água pluvial, entre outros. (GUISHI, 2014)

Para realizar a simulação é preciso ter conhecimento dos dados de precipitação locais diários, os quais foram retirados da plataforma do INMET, além disso entra-se com valores do consumo da residência, o percentual de água potável a ser substituído por água pluvial, a área

de captação disponível, o coeficiente de escoamento superficial do telhado, e volume desejado do reservatório superior se for utilizado, como apresentado na Tabela 4.4.

TABELA 4.4: Dados utilizados para dimensionamento do Reservatório no programa Netuno.

DADOS DE ENTRADA NETUNO	
Área de captação (m²)	148,77
Demanda total de água (litros per capta/dia)	262,7
Número de moradores	5
Descarte escoamento inicial (mm)	2
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial (%)	30
Volume do reservatório superior (litros)	400
Intervalo de simulação (litro)	1000-40000
Coeficiente de escoamento superficial (%)	95

Para atender a residência será utilizado um reservatório superior com volume igual à demanda diária de água na residência, calculada como:

Demanda diária = Demanda per capta x número de moradores x 30%

4.6. DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS

Como previsto pela NBR 10.844 (1989), a cobertura será subdividida em áreas menores com caimentos de orientações diferentes, de forma a evitar grandes percursos de água.

De acordo com a NBR 10.844 (1989) calcula-se a vazão de projeto por meio da Equação 3:

$$Q = I.A/60 \qquad \text{(Equação 3)}$$

Em que:
Q = Vazão de projeto, em L/min;
I = intensidade pluviométrica, em mm/h;
A = área de contribuição, em m²;
A intensidade pluviométrica deve ser calculada de acordo com o tempo de retorno projetado para a chuva, utiliza-se:

T = 1 ano para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;
T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços;

T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

Neste caso, a chuva de projeto será calculada para a cobertura da edificação, então o tempo de retorno será de 5 anos, podem ser observados os períodos de retorno para a cidade de Goiânia na Tabela 4.5, e as áreas de contribuição na Tabela 4.6 e na Figura 4.1 que representa a cobertura do telhado com o sentido das inclinações e do fluxo da água.

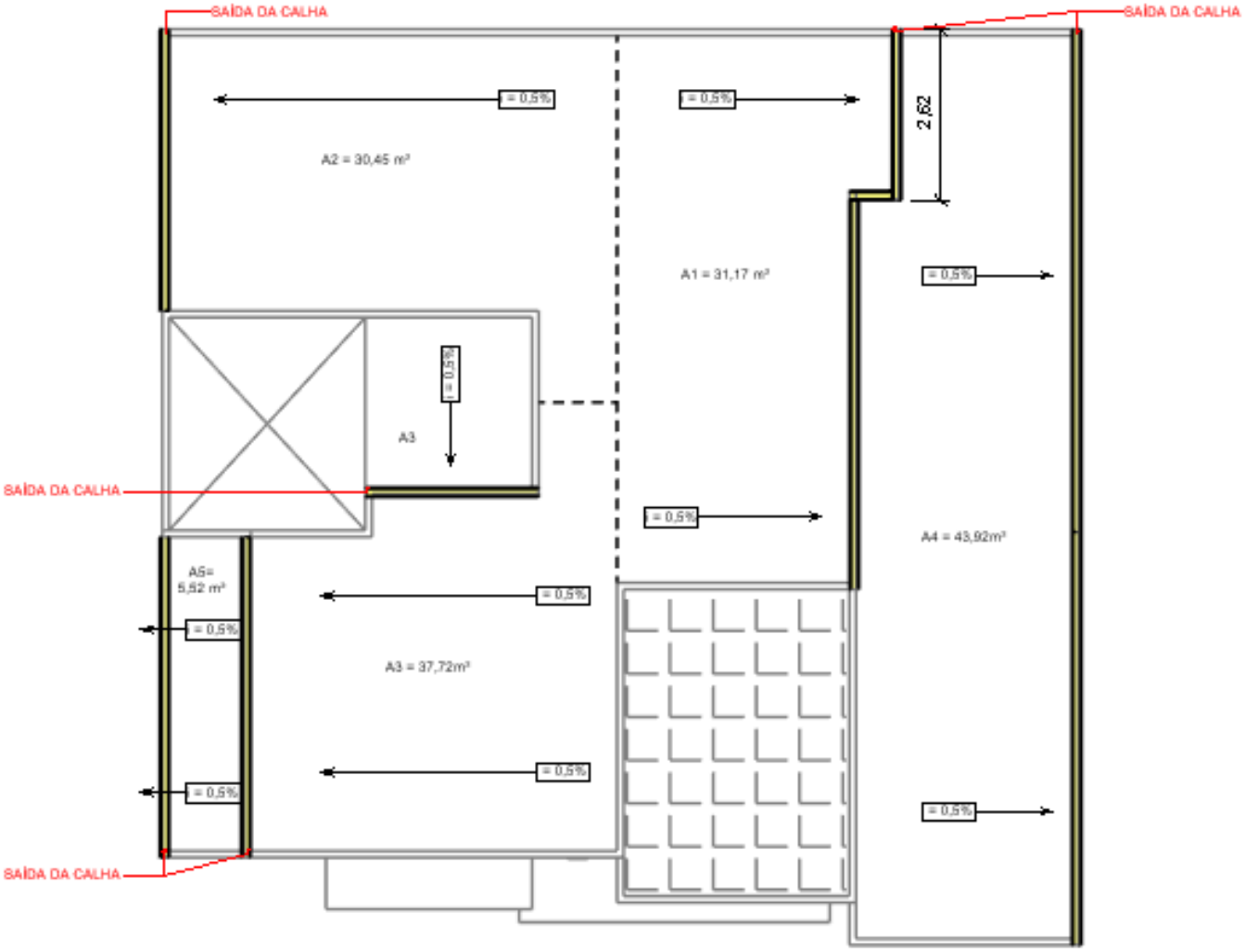
TABELA 4.5: Tempo de retorno para a cidade de Goiânia
FONTE: ABNT (1989).

Tempo de retorno (anos)	Intensidade Pluviométrica (mm/h)
1	120
5	178
25	192

TABELA 4.6: Área de Contribuição do Telhado.

	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (m²)
A1	31,17
A2	30,45
A3	37,72
A4	43,92
A5	5,52

FIGURA 4.1: Planta de Cobertura representando Áreas de Contribuição e Inclinações



Para o dimensionamento das calhas, deve-se utilizar os coeficientes descritos na Norma NBR 10.844 (1989), presentes na Tabela 4.7, observa-se que a área de contribuição A1 possui uma curva de canto reto entre 2 e 4 metros, desta forma a vazão de projeto da área A1 será multiplicada pelo coeficiente 1,1, a vazão de projeto é apresentada na Tabela 4.8:

TABELA 4.7: Coeficientes Multiplicativos da vazão de projeto
FONTE: ABNT (1989)

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

TABELA 4.8: Vazão de Projeto.

Vazão de Projeto (L/min)		Tabela NBR 10.844 D interno adotado (mm)
Q1	92,47	100
Q2	90,34	100
Q3	111,91	100
Q4	130,28	125
Q5	16,38	-
Q 3,5	128,28	100

A norma disponibiliza a Tabela 4.9 com os coeficientes de rugosidade de materiais normalmente utilizados em telhas, além disso a Tabela 4.10 apresenta as capacidades de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade n=0,011, uma vez que o projeto utiliza de telhas metálicas é possível aplicar a Tabela 4.10 para dimensionamento das calhas.

TABELA 4.9: Coeficientes de rugosidade.
FONTE: ABNT (1989)

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

TABELA 4.10: Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade n = 0,011 (Vazão em L/min)
FONTE: ABNT (1998).

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,50%	**1%**	**2%**
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

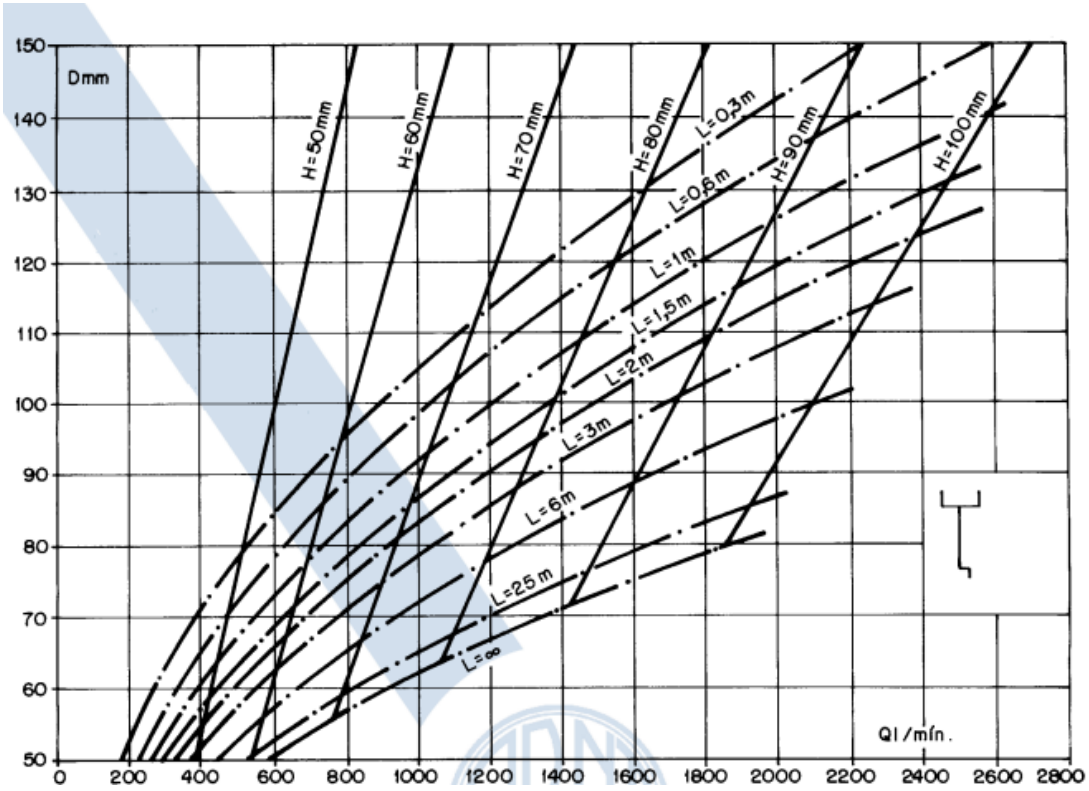
4.7. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES VERTICAIS

Para dimensionamento dos condutores verticais considerou-se o comprimento dos tubos obtidos no projeto, além disso foram consideradas as variáveis: vazão (L/min) e altura da lâmina d'água na calha (mm). A Norma descreve o seguinte procedimento para realizar a análise do Ábaco (Figura 4.2): "levantar uma vertical por Q até interceptar as curvas de H e L correspondentes. No caso de não haver curvas dos valores de H e L, interpolar entre as curvas existentes. Transportar a interseção mais alta até o eixo D. Adotar o diâmetro nominal cujo diâmetro interno seja superior ou igual ao valor encontrado.

Todos os valores do projeto tiveram interceptações que resultaram em diâmetros menores que o mínimo exigido pela Norma de 70mm, dessa forma irá ser adotado o diâmetro comercial de 75mm para todos os condutores verticais.

FIGURA 4.2: Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais de calhas com aresta viva.

FONTE: ABNT (1989).



4.8. CONDUTORES HORIZONTAIS

A Tabela 4.11 apresenta as relações entre rugosidade (n), a declividade (%), a vazão (Q) e o diâmetro a ser aderido para os condutores horizontais. Foi considerada para o projeto um sistema de tubulação em PVC branco, com rugosidade n = 0,011 e declividade mínima estabelecida por norma de 0,5%.

TABELA 4.11 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)
FONTE: ABNT (1989)

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Considerando a Tabela 4.11, é possível obter os seguintes diâmetros para os condutores horizontais do projeto, observados na Tabela 4.12:

TABELA 4.12: Diâmetro dos condutores horizontais.

CONDUTORES HORIZONTAIS				
	C4	C 1,4	C 3,5	C 2,3,5
Q (L/min)	130,28	222,75	128,28	218,62
Compr. (m)	2,38	9,32	7,63	1,5
n	0,011	0,011	0,011	0,011
i (%)	0,5	0,5	0,5	0,5
Diâmetro (mm)	100	125	100	125

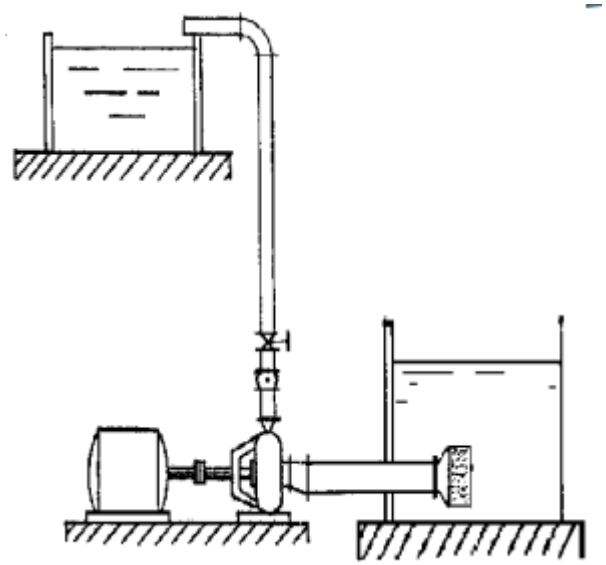
4.9. DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS DE RECALQUE

O Sistema de aproveitamento de água pluvial conta com dois reservatórios, um superior e outro inferior, sendo o reservatório inferior dimensionado para armazenamento da água e o reservatório superior para suprir a demanda diária da habitação. Dessa forma, com o auxílio de uma bomba de recalque a água será bombeada do reservatório inferior para o superior de acordo com a demanda diária. Para o dimensionamento da bomba, é preciso

conhecer a altura manométrica, a vazão e o rendimento do conjunto motor-bomba, que é definido conforme sua potência.

No projeto será adotada uma bomba afogada, a qual encontra-se abaixo do nível da água no reservatório, esse tipo de bomba deve ser adotado sempre que possível pois a bomba sempre estará cheia de água e pronta para o funcionamento e evitando o efeito de cavitação, como representado pela Figura 4.3:

FIGURA 4.3: Bomba do tipo afogada
FONTE: Azevedo Netto (1998)



A vazão do sistema será calculada para suprir a demanda diária de água na edificação considerando que a bomba esteja em funcionamento por 4h diárias, é recomendado manter a bomba em funcionamento de 2h a 6h/dia, visto que manter o conjunto por mais tempo em funcionamento acarreta um gasto excessivo de energia e por outro lado, se a bomba for dimensionada para encher o reservatório em menos tempo é possível que a água extravase, ocorrendo perdas. Dessa forma foi adotado para dimensionamento da vazão de recalque utilizada no conjunto motor-bomba, foi adotado o tempo de funcionamento de 4 h diárias, conforme Equação 4:

$$Q = 0{,}4 / 4 \qquad \text{(Equação 4)}$$

$$Q = 0{,}1\ m^3/h$$

$$Q = 2{,}78E\text{-}05\ m^3/s \text{ ou } 0{,}1\ m^3/h$$

A NBR 5626 (ABNT, 1998) sugere a *Fórmula de Bresse* para cálculo do diâmetro econômico de recalque, Equação 5:

$$D = 1{,}3.\sqrt[4]{X}\,\sqrt{Q} \qquad \text{(Equação 5)}$$

Em que:
D: Diâmetro econômico (mm)
X: Fração do dia em que a bomba se encontra em funcionamento (h)
Q: Vazão (m^3/s)

Tem-se:

$$D = 1{,}3.\sqrt[4]{4/24}\,\sqrt{2{,}78E-05}$$

D = 0,004 mm

Como o diâmetro calculado apresentou-se abaixo do diâmetro comercial mínimo disponível em PVC soldável, adotou-se o diâmetro mínimo de 25 mm para o recalque e um diâmetro acima para a sucção, que será de 32mm, como observado na Tabela 4.13:

TABELA 4.13: Cálculo do diâmetro

	Consumo Diário de Água não potável (m³)	Tempo de funcionamento do sistema de recalque (h)	Vazão (m³/h)	Vazão (m³/s)	Vazão (L/s)	Diâmetro (mm)	Diâmetro adotado (mm)
Recalque	0,4	4	0,1	0,000028	0,02778	0,00438	25
Sucção	0,4	4	0,1	0,000028	0,02778	0,00438	32

Segundo Porto (2006) a altura total de elevação de uma bomba é definida como a diferença entre a carga ou energia do escoamento à saída e à entrada da bomba. Assim, tem-se a Equação 6:

$$H = \Delta Hs + \Delta Hr + Hg \qquad \text{(Equação 6)}$$

Em que:

ΔHs: Altura total de sucção;
ΔHr: Altura total de recalque;
Hg: Altura geométrica ou altura estática total, diferença entre os níveis de água do reservatório;
H = Altura ou carga total de elevação (altura manométrica).

A altura total de recalque é de 5,5 m e de sucção 0,2 m. Além disso, deve-se estimar as perdas distribuídas (devido ao comprimento da tubulação) e localizadas (devido às peças utilizadas no sistema). Para isso, utilizou-se a Tabela 4.14 que apresenta os valores de comprimento equivalente das peças de PVC. Dessa forma, tem-se na Tabela 4.15 que apresenta as alturas manométricas no Recalque e na Sucção:

TABELA 4.14: Perdas de carga localizadas – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre.

FONTE: Macintyre (2017)

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem direta	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canaliz.	Válvula de pé e crivo	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
DN (mm)	Ref. (pol.)												Tipo leve	Tipo pesado			
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,5	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

TABELA 4.15: Altura manométrica.

	Comprimento (m)			Perda de Carga		Altura	
	Tubo (m)	Equivalente (m)	Total (m)	Unitário J (m/m)	Total (mca)	Desnível altura (m)	Altura manométrica (mca)
Recalque	12,4219	8,8	21,22	3,76E-04	7,98E-03	5,5	5,51
Sucção	0,36	1	1,36	1,16E-04	1,58E-04	0,2	0,20

De acordo com Porto (2006), tem-se a potência da bomba dada pela Equação 7:

$$Pot = \frac{10^3 \cdot QH}{75\,\eta} \ (cv)$$

(Equação 7)

Em que:

Q: Vazão (m^3/s)

H: Altura manométrica (mca)

η: Rendimento (%)

Pot: Potência (CV)

Dessa forma, observa-se o cálculo pela Tabela 4.19:

TABELA 4.16: Cálculo da Potência da bomba.

Altura man. Total (mca)	5,71
Rendimento (%)	0,5
Vazão (m^3/s)	2,78E-05
Vazão (m^3/h)	0,1
Potência (CV)	4,23E-03
Potência adotada (CV)	1/6

5. MODELAGEM DO PROJETO UTILIZANDO O REVIT

A arquitetura do projeto foi modelada utilizando o Revit e após foram lançadas a rede de captação e distribuição de água de chuva aos pontos de consumo, isso permitiu que fosse considerada no projeto a interação entre o sistema hidrossanitário e o arquitetônico, otimizando assim, os locais e alturas reais dos pontos de captação, além de inclinação do telhado e visualização da superfície de contribuição em 3D. Nas Figuras 5.1 e 5.2 é possível observar respectivamente a fachada e fundo da habitação projetada, onde tem-se a captação pelas calhas e o os condutores horizontais e verticais até a chegada da água no reservatório inferior.

O sistema como um todo é apresentado internamente à residência na Figura 5.3, a qual é possível observar todo o caminho percorrido pelas tubulações até a chegada aos pontos das bacias sanitárias representadas que são representadas em cada banheiro. Já nas Figuras 5.4 e 5.5 são apresentadas respectivamente as ampliações dos pontos de consumo de água da chuva, que são as bacias sanitárias e as torneiras.

FIGURA 5.1: Fachada da habitação.

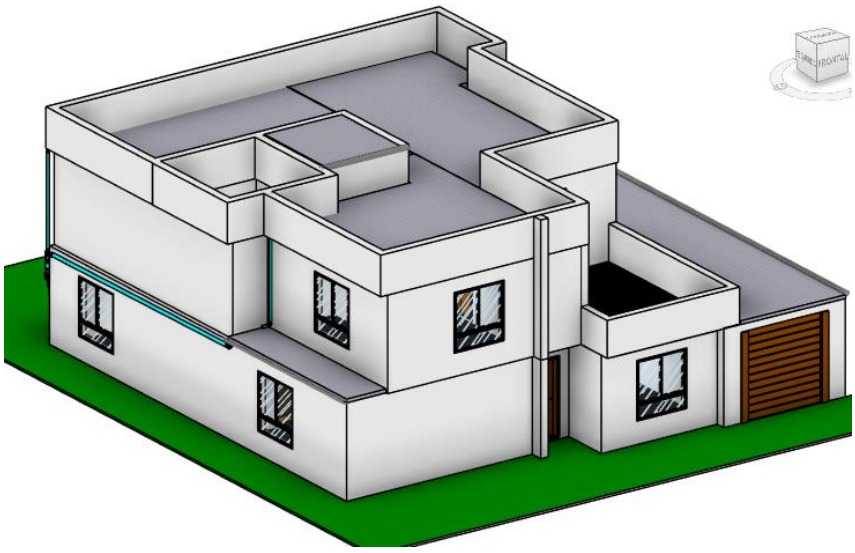


FIGURA 5.2: Fundo da habitação.

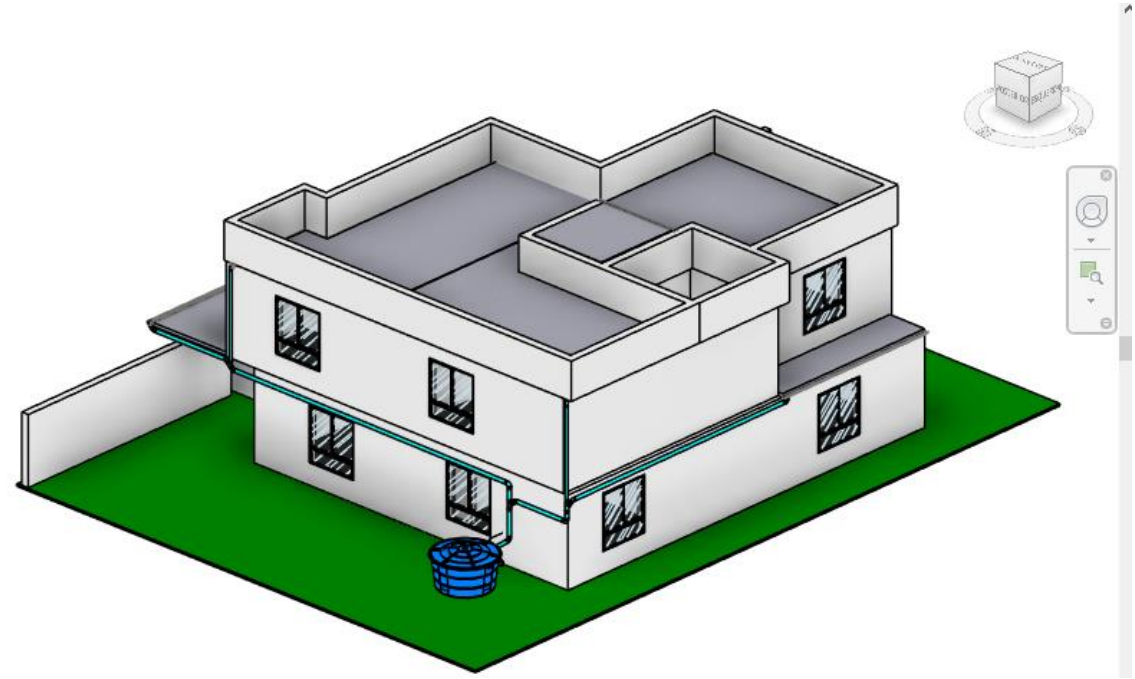


FIGURA 5.3: Sistema de aproveitamento de água pluvial.

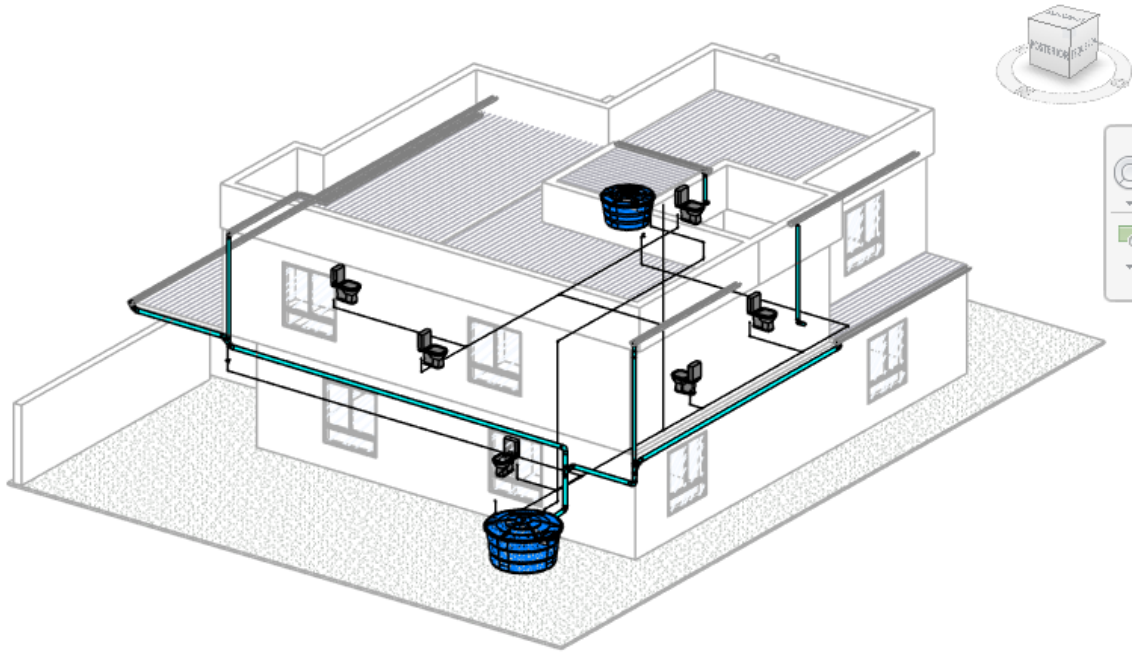


FIGURA 5.4: Alimentação da bacia sanitária.

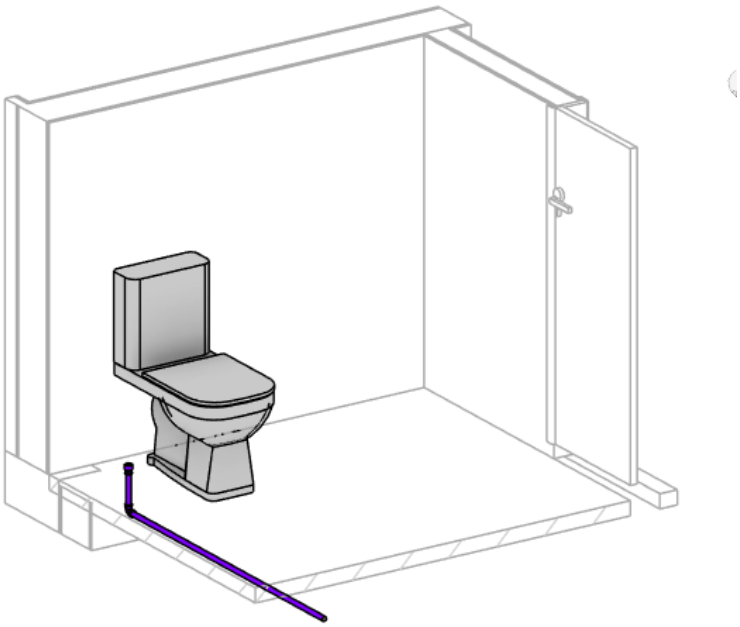
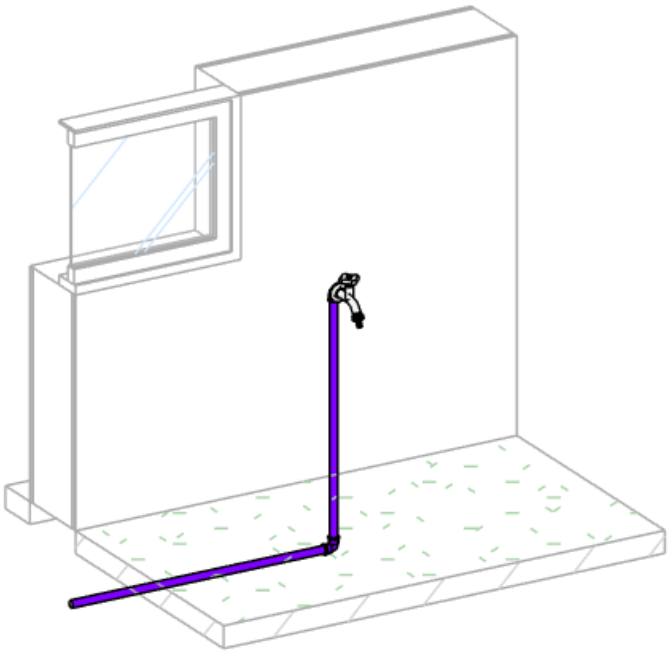


FIGURA 5.5: Alimentação da torneira.

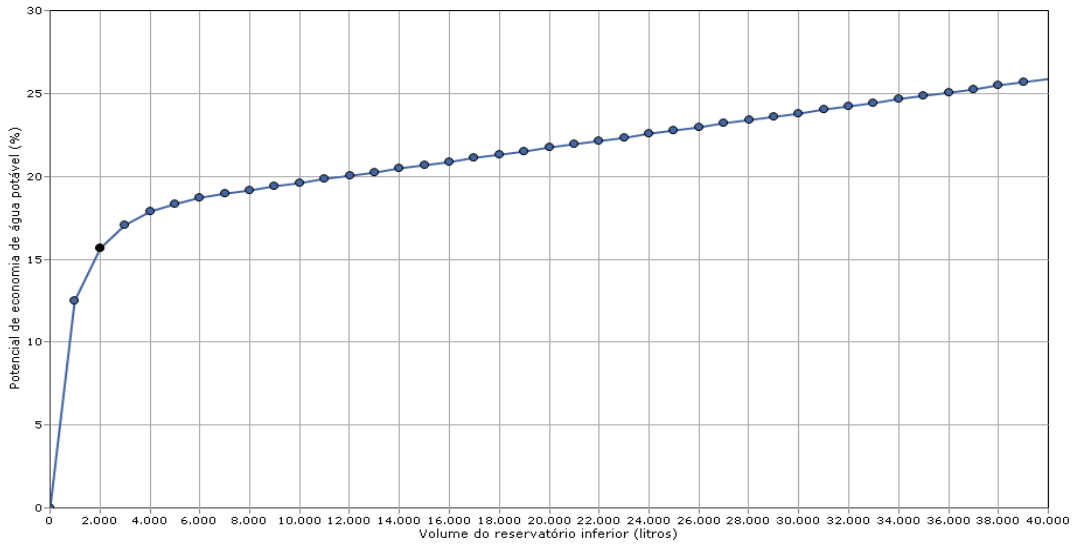


6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a previsão do reservatório de armazenamento de água de chuva foi utilizado o programa NETUNO 4.0 disponibilizado pelo LABEEE.

A demanda diária calculada foi de aproximadamente 400 litros, valor utilizado como entrada para dimensionamento do reservatório inferior. Utilizando o software Netuno para dimensionamento, observa-se que o programa indicou para o projeto em questão um reservatório inferior de 2.000 litros. Os dados de saída são: volume ideal para o reservatório inferior, percentual de utilização de água pluvial, além dos gráficos que apresentam o potencial de economia de água potável (Figura 6.1), consumo de água pluvial (litros/dia) (Figura 6.2), percentual de atendimento de água pluvial (Figura 6.3), percentual do volume extravasado (litros/dia) (Figura 6.1)

FIGURA 6.1: Potencial de economia de água potável.



Volume ideal para o reservatório inferior: 2000 litros. Potencial de utilização de água pluvial: 15,65%

FIGURA 6.2: Consumo de água.

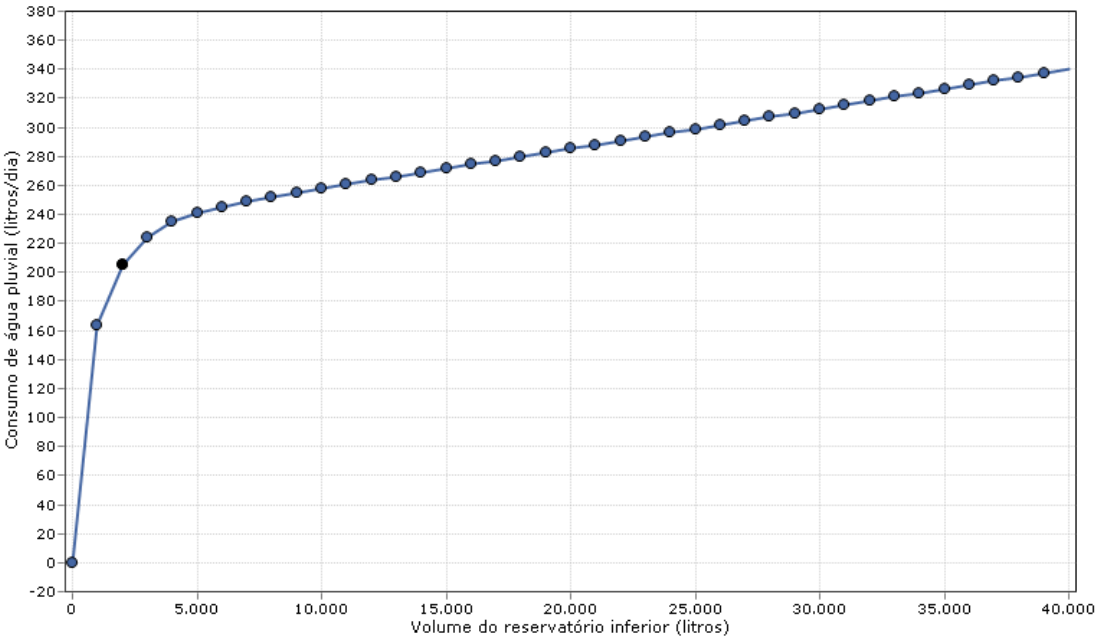


FIGURA 6.3: Potencial de atendimento do reservatório de água pluvial.

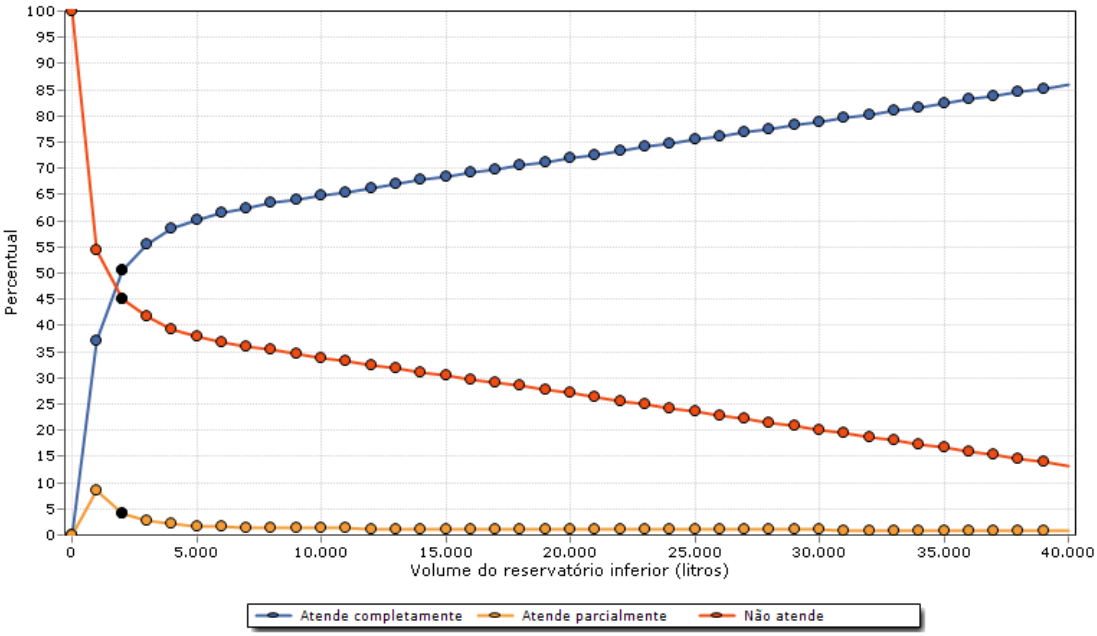
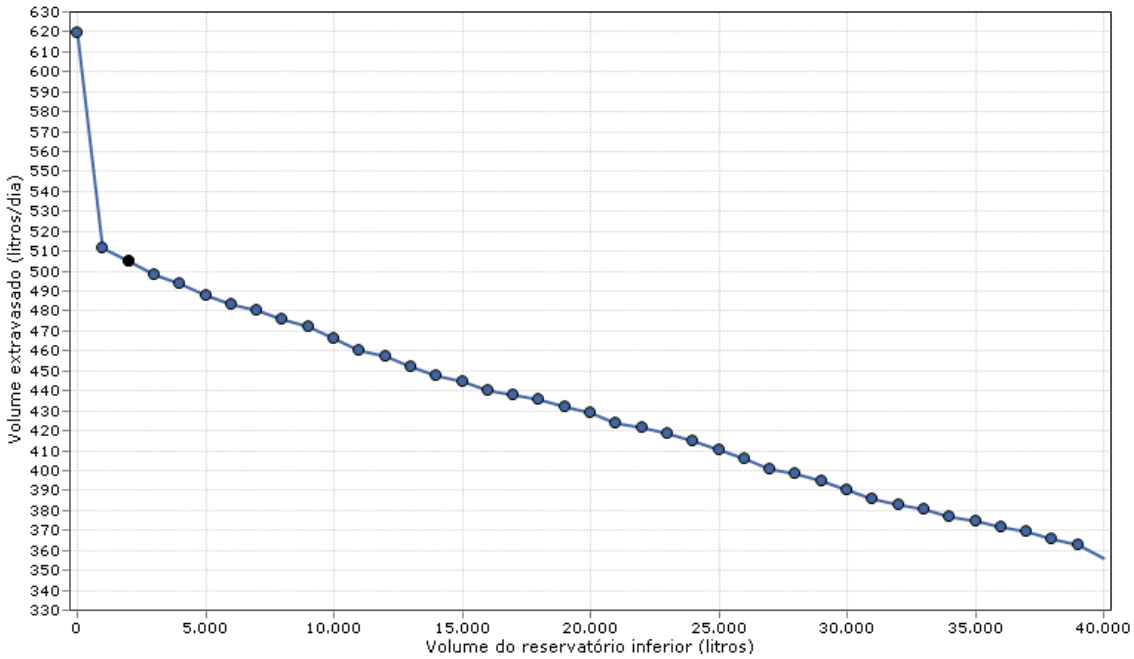


FIGURA 6.4: Volume extravasado do reservatório (litros/dia).



Como resultado, tem-se dimensionado pelo software um reservatório inferior de 2.000L que em comparação é muito mais viável economicamente e em questão de ocupação espacial do terreno do que o reservatório calculado pelo método Azevedo Netto que foi de 40.000L.

Para o projeto em questão, irá ser adotado o dimensionamento sugerido pelo Software Netuno de um reservatório inferior de 2.000L, e um reservatório superior de 400L de acordo com a demanda diária de água na residência.

Irão ser utilizadas calhas com o diâmetro interno de 100mm para as calhas que tem contribuição das áreas A1, A2, A3 e A3 + A5, e diâmetro de 125mm para a calha que tem contribuição da área A4. Para os condutores verticais e horizontais atingiu-se os resultados de acordo com o dimensionamento, presentes nas Tabelas 6.1 e 6.2.

TABELA 6.1: Dimensionamento condutores verticais.

DIMENSIONAMENTO CONDUTORES VERTICAIS					
	C1	C2	C3	C4	C 12345
Diâmetro (mm)	75	75	75	75	75

TABELA 6.2: Dimensionamento condutores horizontais.

DIMENSIONAMENTO CONDUTORES HORIZONTAIS				
	C4	C 1,4	C 3,5	C 2,3,5
Diâmetro (mm)	100	125	100	125

Para o sistema de recalque adota-se um conjunto motor-bomba de 1/6 CV para realizar o bombeamento da água do reservatório inferior até o reservatório superior.

O aproveitamento de água pluvial é uma alternativa que deve ser considerada nos sistemas hidrossanitários projetados no Brasil, uma vez que cada vez mais observa-se a escassez de água potável nos períodos de estiagem, água a qual é consumida em grande quantidade para fins não potáveis como descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos e rega de jardins.

A utilização do software *Netuno* facilita o dimensionamento do sistema, podendo ser adotado como melhor alternativa em relação a outros métodos mais antigos e desatualizados, que não representam mais a realidade.

Além disso, o programa de modelagem *Revit* é uma ferramenta essencial para construção do projeto em todas suas etapas, visto que apresenta de forma real os comprimentos de tubo, desníveis dos reservatórios, áreas de captação, inclinações das tubulações, tipo de material utilizado em cada sistema e tabelas de peças. Todas essas informações são utilizadas no decorrer do dimensionamento do sistema.

7. CONCLUSÃO

Conclui-se que o aproveitamento de água pluvial pode ser realizado por meio do dimensionamento de um sistema integrando coleta da água da chuva dos telhados, passando por sistemas de reservação e tratamento desta água, e por final seguir aos pontos de distribuição que são: bacia sanitária e torneiras, ambos para uso de água não potável. O sistema é de simples dimensionamento seguindo as proposições dadas pelas NBRS 15.527 (ABNT, 2019) e 10.844 (ABNT, 1989).

Além disso, o método Azevedo Netto não se mostrou coerente com a realidade do projeto e dessa forma, é mais interessante que os dimensionamentos de reservatórios de água pluvial sejam realizados de acordo com o software Netuno.

Com o auxílio do modelo 3D do projeto é possível ter uma maior amplitude de visualização do sistema, facilitando assim mudanças, criações de novas concepções, compatibilização e visualização da interação do sistema com as outras disciplinas projetadas, melhorando, também, o processo construtivo e gerando menos problemáticas em uma obra.

É importante apontar que processo de tratamento da água é bastante oneroso e passa por diversas etapas para que a chegue à qualidade de potável e possa ser distribuída na rede pública, porém parte dessa água é utilizada para usos que não requerem esse grau de tratamento como as descargas de bacias sanitárias e lavagem de pisos. Dessa forma o sistema de aproveitamento de água pluvial é, então, uma alternativa viável para suprir usos não potáveis da água, os quais não há necessidade de utilização da água tratada vinda do abastecimento público, realizando um uso racional e priorizando a água tratada para os usos mais nobres.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10844. **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15527. **Aproveitamento de chuva de cobertura para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2019.

AZEVEDO NETO, M. F. Fernandez, R. Araujo, A. E. Ito. **Manual de Hidráulica**. São Paulo, Edigar Blucher, 1998 8ª ed. 669p.

BARRETO, D. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. 2008. 18 p. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2008.

EASTMAN, C. Manual de BIM: **Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Tradução: John Wiley & Sons, Inc. Porto Alegre: Bookman, 2014. Título original: BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.

GIANCHINI, M. **Estudo Quali-Quantitativo Do Aproveitamento Da Água De Chuva No Contexto Da Sustentabilidade Dos Recursos Hídricos.** 2010. 145 p. Dissertação apresentada ao curso de PósGraduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

PORTO, Rodrigo de Melo**. Hidráulica Básica** / Rodrigo de Melo Porto. – 4ª ed. – São Carlos: EESCP – USP, 2006. 540 p.

ROCHA, V.L. **Validação do Algoritmo do programa Netuno para validação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. Orientador: Professor Enedir Ghisi, PhD. 2009. Monografia (Especialização) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva em Áreas Urbanas para fins não Potáveis**. 2010.

TUNDISI, José Galisia. **Novas Perspectivas para Gestão de Recursos Hídricos**. REVISTA USP, São Paulo, n.70, p. 24-35, junho/agosto 2006.

VETIATO, Mara Karinne Lopes, et al. Água**: Escassez, crise e perspectivas para 2050**. Revista Verde (Pombal - PB - Brasil), VOL. 10. , Nº 5 (ESPECIAL), p. 17 - 22, Dez., 2015

ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva [livro eletrônico**] / Luciano Zanella. -- São Paulo : IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015. -- (Coleção IPT Publicações / coordenadores Luciano Zanella, Guilherme Mariotto, Mariana de Toledo Marchesi)