



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS - UM ESTUDO DE
CASO**

LUCAS PINHEIRO

POMBAL – PB

2022

LUCAS PINHEIRO

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS - UM ESTUDO DE
CASO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Unidade Acadêmica de
Ciências e Tecnologia Ambiental da
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Engenheiro
Civil.

Orientador(a): Prof.(a) Rosinete Batista
dos Santos Ribeiro

POMBAL – PB

2022

P654d Pinheiro, Lucas.

Dimensionamento de sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis - um estudo de caso / Lucas Pinheiro. – Pombal, 2022.
82 f. il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)
– Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro”.

Referências.

1. Reúso de água. 2. Método de Rippl. 3. Sustentabilidade. I. Ribeiro, Rosinete Batista dos Santos. II. Título.

CDU 628.179.2 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

LUCAS PINHEIRO

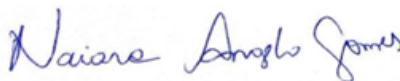
TÍTULO DO TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso do discente LUCAS PINHEIRO **APROVADO** em 24 de agosto de 2022 pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

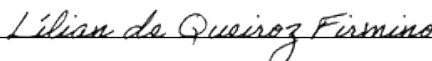
Registre-se e publique-se.



Prof^ª. Dr^ª. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro
(Orientador – UACTA/CCTA/UFCG)



Prof^ª. Dr^ª. Naiara Ângelo Gomes
(Membro Interno – UACTA/CCTA/UFCG)



MsC. Lílian de Queiroz Firmino
(Membro Externo – CTRN/UFCG)

Aos meus pais: José Alan Cesar Pinheiro (in memoriam) e Maria Ducivanda Pinheiro, por todos os sacrifícios e abdições que fizeram por mim ao longo da minha vida. Sem vocês essa conquista não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor Deus, pela saúde, coragem e proteção a mim concedida, sem suas bênçãos nada seria possível.

Aos meus amados pais, Alan Pinheiro (*in memoriam*) e Ducivanda Pinheiro, meus exemplos de vida. Agradeço imensamente por tudo que fizeram pela nossa família, mesmo diante de tantas dificuldades proporcionaram amor, carinho e educação. Cada conquista é em nome de vocês.

Aos meus irmãos, Alef Pinheiro e Rafaela Pinheiro, por todo companheirismo e união, sempre estão ao meu lado dando forças para realizar meus sonhos.

Às pessoas que contribuíram diretamente para o trabalho, minha companheira de vida, Janikelly Nogueira, sempre me incentivou e ajudou em todos os momentos de dúvidas e medos. Meu colega de turma José Valderisso, que sempre esteve disponível para auxiliar nas dificuldades e meu amigo Jean Paiva que esteve apto para fornecer seus conhecimentos e apoio.

Aos meus demais familiares, avós, tios, primos, por toda torcida e orgulho que sentem de mim, prometo retribuir a confiança de vocês em mim depositada, principalmente, aos meus 4 primos incentivadores dessa conquista: Anderson Pinheiro, Jovilene Pinheiro, Robson Pinheiro e Ruberdson Pinheiro.

Aos meus amigos de vida que sempre me apoiaram nas decisões e dando opiniões para o meu melhor.

Meus colegas de quarto da residência universitária: Fábio Erick, Gustavo Silva, e Ricardo Sousa, que deixaram a jornada mais leve com o companheirismo e união de sempre.

Aos meus amigos que a Universidade proporcionou que levarei pra vida toda: Airton Gonçalves, Carlos Alexandre, Daniel Silas, Filipe Fernandes, Emanuel Cardoso, Janduir Carneiro, Jonathan Barboza, Juliana Cariri, Luís Henrique, Mailson Gregório, Macelo Costa, Matheus Sanches, Pedro Sousa, Renan Sousa, Renan Leite, Rudson Brito, Tálison Yure, Vinicius Sousa, Wanessa Nóbrega e Ygor Sousa. Obrigado pelas parcerias de sempre, levarei vocês sempre comigo.

À minha turma, Engenharia Civil 2017.1, que ficará em minha memória e em meu coração. Em especial aos meus amigos: Adrielly Santana, Felipe de Andrade,

Estevão Guerra, Gabrielly Silva, Jaciara Medeiros, Hosana Santos, João Pedro, Josué Barreto, Matheus Morais e Victor Mendes.

A todos os residentes universitários do CCTA que sempre tratei como uma família. Não colocando o nome das pessoas pela grande quantidade, mas saibam que vocês têm um lugar especial em minha vida e cada um sabe disso.

À minha orientadora, Rosinete Batista, pela contribuição na minha formação acadêmica e no desenvolvimento deste trabalho, que com sua sabedoria, paciência e profissionalismo, sempre forneceu conhecimentos necessários ao meu crescimento.

À Universidade Federal de Campina Grande, pelas oportunidades concedidas, proporcionando condições para minha formação acadêmica. A comunidade docente, corpo técnico e terceirizados do *campus* Pombal, pelos ensinamentos repassados, atuando de forma direta em meus aprendizados, onde também tive a oportunidade de fazer grandes amigos que levarei para a vida toda.

À assistência estudantil da UFCG que contribuiu grandemente com a realização deste sonho. Sem o apoio deles teria sido muito difícil.

A todos os presentes em minha vida, meu muito obrigado pela contribuição!

“Não há lugar para sabedoria onde não há paciência.”

(Santo Agostinho de Hipona).

PINHEIRO, L. Dimensionamento de sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis - um estudo de caso. 2022. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Pombal-PB. 2022.

RESUMO

A água presente no planeta é essencial à vida, sem ela todas as espécies estariam ameaçadas. Contudo, a água doce disponível na natureza está se tornando escassa e despertando à importância da sua preservação. O Brasil apresenta uma boa disponibilidade hídrica, porém, entre as regiões do país, existe uma má distribuição das águas, a região Nordeste, por exemplo, possui apenas 3% do total dos recursos hídricos do Brasil. Dessa forma, surgiram técnicas de preservação e reúso das águas para mitigar os problemas supracitados. Nesse contexto, o aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis é uma ótima alternativa de conservação desse recurso natural. Este trabalho teve como objetivo propor um sistema de reúso de águas pluviais para fins não potáveis nas residências universitárias do *campus* da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Pombal-PB. Primeiramente, as residências foram caracterizadas e remodeladas em 3D pelo *software* Revit. Em seguida, realizou-se a coleta de dados pluviométricos da região e de valores do consumo pelos usuários, a partir disso, dimensionou-se os componentes do sistema de aproveitamento das águas pluviais, verificando os condutores verticais existentes, dimensionando os diâmetros dos condutores horizontais, volume dos reservatórios (inferior, superior e de descarte) e sistema elevatório. Por fim, aferiu-se as vantagens da implantação. A região tem chuvas irregulares e as residências universitárias avaliadas neste trabalho apresentam um alto consumo de água. Os reservatórios de armazenamento ficaram com volumes superdimensionados, tornando-os inviáveis, e visando a viabilidade construtiva, o reservatório inferior foi redimensionado para 1/3 do consumo destinado à limpeza dos prédios, obtendo-se uma capacidade volumétrica de 20 m³. Com o advento executivo desse sistema ocorrerá a redução das erosões no solo nas imediações da edificação, assim como o encaixe em moldes sustentáveis da gestão de recursos hídricos. Ademais obteve-se uma redução anual de R\$ 1465,92 reais nas contas tarifárias de água. Portanto, através desta proposta inferiu-se que o sistema é viável e as residências universitárias possuem potencial de implantação, ocasionando preservação dos recursos hídricos e reduzindo custos nas contas de água no *campus* de Pombal-PB.

Palavras-chave: Reúso de água; Método de Rippl; Sustentabilidade.

PINHEIRO, L. Sizing of rainwater harvesting system for non-potable purposes - a case study. 2022. 82 f. Final Paper (Graduation in Civil Engineering), Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Pombal-PB. 2022.

ABSTRACT

The water present on the planet is essential to life, without it all species would be threatened. However, the fresh water available in nature is becoming scarce and awakening the importance of its preservation. Brazil has a good water availability, however, among the regions of the country, there is a bad distribution of water, the Northeast region, for example, has only 3% of the total water resources of Brazil. Thus, techniques of water preservation and reuse have arisen to mitigate the aforementioned problems. In this context, the use of rainwater for non-potable purposes is an excellent alternative for the conservation of this natural resource. This work aimed to propose a system for rainwater reuse for non-potable purposes in university residences on the campus of the Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), located in the municipality of Pombal-PB. First, the residences were characterized and remodeled in 3D using Revit software. Then, rainfall data was collected from the region and consumption values by users, from this, the components of the rainwater harvesting system were sized, checking the existing vertical conductors, sizing the diameters of the horizontal conductors, volume of the reservoirs (lower, upper and disposal) and pumping system. Finally, the advantages of implementation were assessed. The region has irregular rainfall and the university residences evaluated in this work present a high water consumption. The storage reservoirs were oversized, making them unfeasible, and aiming at constructive feasibility, the lower reservoir was resized to 1/3 of the consumption intended for cleaning the buildings, obtaining a volumetric capacity of 20 m³. With the executive advent of this system there will be a reduction of soil erosion in the vicinity of the building, as well as fitting into sustainable patterns of water resource management. Furthermore, an annual reduction of R\$ 1465.92 Reais was obtained in the water tariff bills. Therefore, through this proposal it was inferred that the system is feasible and the university residences have potential for implementation, causing the preservation of water resources and reducing costs in water bills on the campus of Pombal-PB.

Keywords: Water reuse; Rippl method; Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cisterna de enxurrada	21
Figura 2 – Sistema de captação de água de chuva	24
Figura 3 – Reservatório de autolimpeza com boia	28
Figura 4 – Reservatório de água de chuva	29
Figura 5 – Mapa da localização da área de estudo	34
Figura 6 – Destaque das residências universitárias da UFCG <i>campus</i> Pombal-PB	35
Figura 7 – Planta de cobertura das residências universitárias UFCG <i>campus</i> Pombal-PB	37
Figura 8 – Áreas de contribuição das residências universitárias UFCG <i>campus</i> Pombal-PB	38
Figura 9 – Representação da ação de inclinação dos ventos sob a chuva	39
Figura 10 – Fachada da residência universitária masculina, UFCG <i>campus</i> Pombal-PB	43
Figura 11 – Cobertura da residência universitária masculina, UFCG <i>campus</i> Pombal-PB	53
Figura 12 – Condutor vertical e horizontal da residência universitária masculina, UFCG <i>campus</i> Pombal-PB	54
Figura 13 – Área de captação das residências universitárias UFCG <i>campus</i> Pombal-PB	54
Figura 14 – Condutores verticais das residências universitárias	59
Figura 15 – Condutores horizontais das residências universitárias	61
Figura 16 – Sistema de Recalque	67
Gráfico 1 – Valores de média de chuvas de Pombal (AESAs)	58
Gráfico 2 – Valores de média de chuvas de Pombal (ANA e AESAs)	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de legislações sobre a captação e aproveitamento de água de chuva entre os anos 2002 e 2016	22
Tabela 2 – Coeficientes de Runoff em função do tipo de material da cobertura...	25
Tabela 3 – Previsão de consumo da limpeza	41
Tabela 4 – Numeração dos condutores verticais das residências universitárias UFCG campus Pombal-PB	44
Tabela 5 – Contribuinte dos condutores horizontais	47
Tabela 6 – Capacidade dos condutores verticais (vazões em l/min)	48
Tabela 7 – Tarifas de consumo para edificações públicas	52
Tabela 8 – Áreas de contribuição para uma residência	55
Tabela 9 – Consumo de água das bacias sanitárias	56
Tabela 10 – Consumo de água pela limpeza	57
Tabela 11 – Cálculo dos diâmetros dos condutores verticais	60
Tabela 12 – Dimensionamento dos condutores horizontais	62
Tabela 13 – Método de Rippl	63
Tabela 14 – Método Azevedo Neto	64
Tabela 15 – Método de Rippl para 1/3 da demanda de água não potável da limpeza das residências universitárias	65
Tabela 16 – Dimensionamento da tubulação de recalque e sucção	66
Tabela 17 – Dimensionamento da altura manométrica total	66
Tabela 18 – Redução do valor da conta de água mensal e anual das residências universitárias	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Consumo de água em residências brasileiras	32
Quadro 2 – Áreas máximas, em m ² , a serem drenadas por condutores verticais	45
Quadro 3 – Determinação do diâmetro para condutores verticais	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
- AP1MC – Associação Programa Um Milhão de Cisternas
- ASA – Articulação Semiárido Brasileiro
- C – Coeficiente de Runoff
- CH – Condutor Horizontal
- CV – Condutor Vertical
- CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
- CCTA – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar
- D – Diâmetro Interno
- IDF – Intensidade-Duração-Frequência
- NBR – Norma Brasileira
- ONU – Organização das Nações Unidas
- PB – Paraíba
- PVC – Tubulação de Policloreto de Vinila
- UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1.	Justificativa	18
1.2.	Objetivos	19
1.2.1.	<i>Geral</i>	19
1.2.2.	<i>Específicos</i>	19
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1.	Histórico de aproveitamento das águas pluviais	20
2.2.	Legislações e normas	21
2.3.	Componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais	23
2.3.1.	<i>Área de captação</i>	24
2.3.2.	<i>Condutores verticais e horizontais</i>	26
2.3.3.	<i>Descarte da primeira chuva</i>	27
2.3.4.	<i>Reservatório de armazenamento da água pluvial</i>	28
2.3.4.1.	Dimensionamento dos reservatórios.....	30
2.3.5.	<i>Consumo de água</i>	31
2.4.	Estudos de caso	32
3.	METODOLOGIA	34
3.1.	Caracterização da área de estudo	34
3.1.1.	<i>Área de estudo</i>	34
3.2.	Dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas das chuvas	36
3.2.1.	<i>Área de captação</i>	36
3.2.2.	<i>Área de Contribuição</i>	37
3.2.3.	<i>Estimativa do consumo de água não potável</i>	40
3.2.3.1.	Cálculo do volume de água das bacias sanitárias	40
3.2.3.2.	Cálculo do volume de água para limpeza das áreas internas.....	41
3.2.4.	<i>Estudo das séries históricas</i>	41
3.2.5.	<i>Vazão de projeto</i>	42
3.2.6.	<i>Condutores verticais</i>	43
3.2.6.1.	Método proposto pelo Uniform Plumbing Code (1973)	45
3.2.6.2.	Método proposto por Joseph Archibald Macintyre (1990).....	45

3.2.7.	Condutores horizontais.....	46
3.2.8.	Dimensionamento do reservatório.....	48
3.2.8.1.	Método de Rippl.....	49
3.2.8.2.	Método Azevedo Neto	49
3.2.9.	Dimensionamento do sistema elevatório	50
3.2.9.1.	Dimensionamento das tubulações de recalque e sucção	50
3.2.9.2.	Cálculo da altura manométrica e dimensionamento da bomba de recalque	51
3.3.	Vantagens da implantação do sistema de reúso das águas da chuva	52
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1.	Caracterização da situação atual da área de estudo	53
4.2.	Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial....	54
4.2.1.	Área de captação	54
4.2.2.	Área de contribuição	55
4.2.3.	Estimativa do consumo de água não potável	56
4.2.3.1.	Estimativa do consumo das bacias sanitárias.....	56
4.2.3.2.	Estimativa do consumo da limpeza.....	57
4.2.4.	Estudo das séries históricas	57
4.2.5.	Intensidade pluviométrica.....	59
4.2.6.	Verificação dos condutores verticais.....	59
4.2.7.	Dimensionamento dos condutores horizontais	61
4.2.8.	Dimensionamento do reservatório.....	63
4.2.9.	Dimensionamento do sistema elevatório	66
4.3.	Vantagens da implantação do sistema de reúso das águas da chuva	67
5.	CONCLUSÕES.....	69
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICES	79
	ANEXOS	80

1. INTRODUÇÃO

A água é de suma importância à vida, sem ela todas as espécies estariam ameaçadas. Contudo, a água doce disponível na natureza está se tornando escassa e despertando para a importância da sua preservação (MAY, 2009).

Ainda de acordo com a autora, o agravamento envolvendo as questões hídricas se dá concomitantemente ao acelerado e desordenado crescimento populacional, principalmente, nos grandes centros urbanos, refletindo no aumento desenfreado da demanda em regiões com insuficiência do recurso para o seu atendimento. Ademais, de acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), um terço da população mundial sofre com a escassez hídrica todos os anos (ONU, 2017).

Em seu estudo, Segala (2012) relata dados do Instituto Internacional de Pesquisas de Política Alimentar que estima que no ano de 2050 cerca de 4,8 bilhões de pessoas estarão com dificuldades de acesso à água, dado esse preocupante quando se ressalta o valor socioeconômico desse recurso.

O Brasil é um país que apresenta uma boa disponibilidade hídrica, porém, sofre bastante com a desigualdade na distribuição entre os territórios das suas regiões. A região Norte, por exemplo, concentra cerca de 70% da água nacional, enquanto o Nordeste tem somente 3 % do total dos recursos hídricos brasileiros, proporções essas que preocupam, uma vez que a população nordestina é 4 vezes superior à população da região Norte (SUASSUNA, 2019).

A abundância hídrica em algumas localidades do Brasil resulta na falsa sensação de que a água é um recurso inesgotável e que pode ser usada indiscriminadamente, todavia, isso não é uma realidade. A sua gestão deve acontecer em todo o território, especialmente na região Nordeste que tem o maior índice de escassez hídrica, fazendo com que a sociedade civil e os órgãos governamentais unam forças visando a implementação de medidas de economia e reúso (SILVA; CARVALHO; CARDOSO, 2019).

Diante disso, os métodos de reúso de água se mostram como importantes instrumentos para mitigar o desperdício de água, através de tecnologias que atuam de forma a reduzir o consumo e ainda evitar lançamento inadequado nos corpos receptores. Um tipo de sistema são os de captação de águas pluviais, cujo manejo

traz benefícios ambientais, econômicos e sociais, reduzindo a carga hídrica que chega aos coletores públicos ou que se destinam diretamente ao solo, melhorando a drenagem urbana e aumentando a disponibilidade hídrica para outros tipos de usos (OLIVEIRA; SILVA; CARNEIRO, 2013).

Em estudo sobre o reúso de água, May (2009) apresenta diversas aplicações para as águas de chuva, tais como: bacias sanitárias, irrigações de plantas e gramíneas, limpeza de ambientes, produção de concretos e argamassas, usos ornamentais, entre outros. É importante ressaltar que seu uso é indicado para fins não potáveis, uma vez que para o consumo humano demandaria um controle maior de qualidade, contudo sua importância é extrema para a economia da água potável advinda de abastecimento público ou outras formas, gerando uma economia nos custos.

Diante da relevância desse tipo de sistema, buscou-se fazer uma análise técnica e apresentar uma proposta de sistema de captação de água pluvial para as residências universitárias do *campus* Pombal-PB da Universidade Federal de Campina Grande, objetivando reduzir o consumo e melhorar a destinação das águas de chuva.

1.1. Justificativa

O desenvolvimento humano e os processos de crescimento de centros urbanos e rurais estão intimamente ligados à água, um recurso natural que é indiscutivelmente um grande propulsor para a sociedade nos mais variados setores. Em consonância com essa importância, o volume de consumo desse bem cresceu demasiadamente, tendo demandas exorbitantes para alguns setores e quando somado esse fator com as mudanças climáticas e a má distribuição de eventos chuvosos, resulta-se em um cenário de escassez hídrica. Dessa forma, a implementação de políticas públicas que buscam uma melhor gestão das águas se torna indispensável (CHAIB *et al.*, 2015).

Essa problemática de acesso à água está cada vez mais presente em todas as regiões e setores, no que tange o Brasil, a região Nordeste entra em foco pelo baixo potencial hídrico, despertando para a necessidade de estudar e propor soluções que mitiguem os problemas encontrados. As instituições públicas de ensino, como as

Universidades, atendem quantitativos altos de pessoas, resultando em grandes consumos de água potável.

Dentro dessa realidade, o Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), se enquadra nessas características, local esse que tem uma grande demanda de água para suprir às diversas solicitações. Um grande aliado na economia de água é a captação das águas pluviais, sistema esse que reduz o consumo de água potável de forma que a água captada da chuva possa ser direcionada para outras funções menos nobres, podendo ser indicada em irrigações de plantas e lavagens de ambientes diversos.

As residências universitárias do CCTA demonstram um grande potencial para se implementar um sistema de aproveitamento de águas pluviais, que viabilizará o porte desse recurso tão fundamental. Os locais apresentam uma área adequada para captação de água de chuva e que não está sendo explorada, sendo encaminhada para o solo nas imediações. Dessa forma, este trabalho tem grande relevância, pois o sistema será utilizado para aumentar a disponibilidade de água no prédio, diminuindo a demanda de água potável do abastecimento público e melhorando a situação frente às estiagens que assolam a região.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

Propor um sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais, para fins não potáveis, nas residências universitárias no Campus da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Pombal–PB.

1.2.2. Específicos

- Caracterizar e avaliar as condições atuais de captação de águas pluviais no local;
- Dimensionar o sistema de aproveitamento de águas de chuva;
- Fazer uma estimativa da redução no consumo de água;
- Realizar uma análise econômica da redução de gastos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Histórico de aproveitamento das águas pluviais

Desde os primórdios da espécie humana existe uma forte relação com as águas das chuvas, estima-se que o ato de armazenar as águas pluviais seja uma das atividades mais antigas do mundo e que possibilitou o abastecimento de água para as sociedades (CAMPISANO *et al.*, 2017). Para exemplificar os relatos de armazenamento das águas das chuvas, Tomaz (2013) retrata alguns fatos históricos relevantes, como os reservatórios subterrâneos que foram descobertos na Mesopotâmia em 2750 a.C. e os reservatórios individuais que foram identificados inscritos na Pedra Moabita, datando no ano de 830 a.C.

No continente americano, mais especificamente na Península de Iucatã, no México, ainda se encontram reservatórios que são utilizados pela população desde antes da chegada de Cristóvão Colombo ao continente, em meados do século XV, até os dias atuais (RANGEL, 2016). Segundo Tomaz (2013), um dos primeiros sistemas desenvolvidos para captar águas pluviais no Brasil, executado pelo exército americano, durante a segunda guerra mundial, foram reservatórios de armazenamento construídos na Ilha de Fernando de Noronha que ainda beneficiam as pessoas pertencentes ao arquipélago pernambucano.

Com o advento de novas técnicas de captação, assim como o crescimento de estudos que apontam a importância de reúso das águas pluviais, criou-se Associação Brasileira de Manejo e Captação da Água de Chuva, órgão responsável por unificar dados e instrumentos para fomentar os estudos do assunto e das inovações. Ademais, a Conferência Internacional de Captação de Água de Chuva, que aconteceu no Brasil em 1999, apontou que nos 2 anos antecedentes ao evento, o Nordeste, região de maior escassez do país, teve um impulso na reservação das águas de aproximadamente 20 mil novos reservatórios para mitigar os problemas de abastecimento (MONTIBELLER; SCHMIDT, 2004).

Posteriormente, surgiram políticas públicas no Semiárido buscando a democratização e descentralização das águas, o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) teve início em 2000, conduzido pela Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), que através da construção de reservatórios objetivou melhorar e qualificar o acesso

às águas para as famílias da Região Nordeste. O P1MC teve grande êxito, melhorando o acesso individual a esse recurso tão precioso, tanto que para fortalecer mais ainda essas populações atingidas pelas secas, a ASA instituiu uma extensão do programa citado, o P1+2, lançado em 2007, surgiu para promover soberania e a segurança alimentar e nutricional dos agricultores, como também possibilitar a geração de emprego e renda. Esse programa visa principalmente o estoque de água para a produção de alimentos, por meio da construção de reservatórios com dimensões maiores que possibilitam a segurança hídrica de produtores, as tecnologias girando em torno das construções de: cisternas-calçadão; barragens subterrâneas; tanques de pedra; barreiros-trincheira; barraginhas; e cisternas-enxurrada (Figura 1) (ASA, 2022).

Figura 1 – Cisterna de enxurrada



Fonte: EMBRAPA (2017)

2.2. Legislações e normas

No Brasil, as legislações referentes ao uso das águas pluviais ainda são recentes, gradativamente estão surgindo acervos que conduzem o aproveitamento sustentável das águas das chuvas (RANGEL, 2016). Notando isso, apenas em 2017 foi criada lei nº 13.501 que institui o inciso IV “incentivar e promover a captação, a

preservação e o aproveitamento de águas pluviais.” para ser acrescido à lei nº 9.433 de 1997, principal documento que rege os fundamentos, objetivos e diretrizes dos recursos hídricos brasileiros (BRASIL, 1997; BRASIL, 2017).

Como visto, não existem muitos documentos oficiais em âmbito nacional, porém os estados e municípios podem ter suas próprias regências para implementar políticas de reúso das águas. Alguns exemplos dessas políticas estaduais estão nos estados do Paraná, Goiás, Maranhão, Paraíba, entre outros (SILVA; BORJA, 2017). Os autores trazem a Tabela 1 para mostrar as criações de leis em diferentes jurisdições.

Tabela 1 – Quantidade de legislações sobre a captação e aproveitamento de água de chuva entre os anos de 2002 e 2016

Instrumento Legal	2002-2005	2006-2009	2010-2013	2014-2016	Total
Lei Municipal	12	18	6	2	38
Lei Estadual	2	-	4	8	14
Lei Distrito Federal	-	1	-	-	1
Projeto de Lei Federal	1	-	1	2	4
Projeto de Lei Estadual	-	-	-	2	2
Decreto Municipal	1	-	-	-	1
Total	16	19	11	14	60

Fonte: Silva e Borja (2017)

Na Paraíba, criou-se em 2010 a lei de nº 9.130, que instituiu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas. Nela buscou-se introduzir medidas que proporcionem conservação, uso racional e utilização de sistemas para captação e aproveitamento de águas nas edificações residenciais e públicas (PARAÍBA, 2010).

Posteriormente, no ano de 2013 foi criada a lei nº 10.033, instaurando a “Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento da Água da Chuva no Estado da Paraíba”, com o intuito de assegurar o abastecimento de água para as populações urbanas e rurais. A lei destaca alguns objetivos importantes, em sua maioria focados em instaurar instrumentos e diretrizes que aliem: o desenvolvimento sustentável, a gestão das águas, a redução de problemas de drenagem e o auxílio no combate às estiagens que assolam as regiões Semiáridas (PARAÍBA, 2013).

A norma regulamentadora do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Brasil está designada pela NBR 15.527 de 2007 atualizada em 2019. Neste documento encontram-se os principais aparatos técnicos para a concepção de projetos para aproveitamento das águas das chuvas (ABNT, 2019). Outras normas que complementam a norma supracitada são mencionadas por Franco (2020, p. 36):

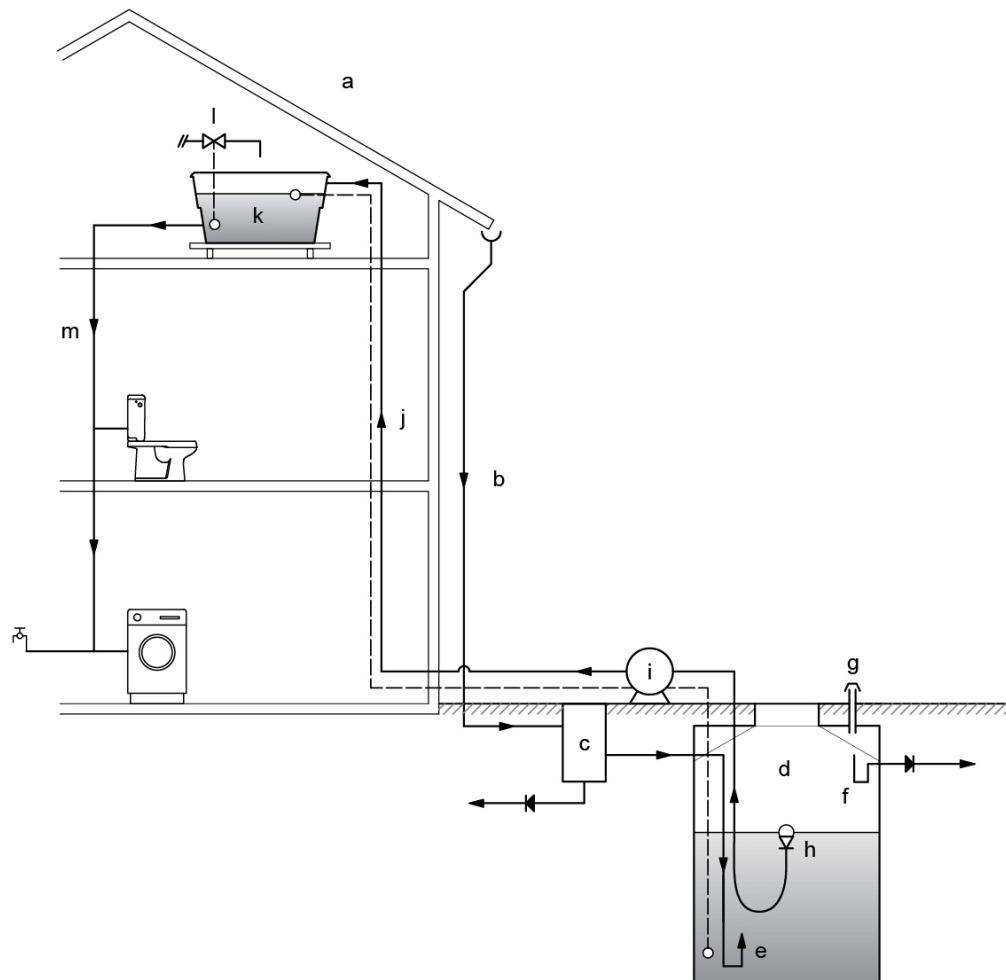
Os aspectos construtivos dos SAAC estão estabelecidos pelas normas NBR 5626, NBR 10844, NBR12213, NBR 12214 e NBR 12217, que regulam respectivamente a Instalação predial de água fria (ABNT,1998), as Instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 1989), o Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público (ABNT, 1992a), o Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público (ABNT, 1992b) e o projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público (ABNT,1994) (FRANCO, 2020, p.36).

2.3. Componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais

Convencionalmente, as instalações prediais de águas pluviais buscam captar as recargas pluviométricas através das superfícies de cobertura das edificações, direcionando-as para coletores públicos de drenagem ou para descarte em outros locais. No entanto, com o advento de sistemas de aproveitamento das águas da chuva, possibilitou o seu armazenamento e distribuição para consumo, preferencialmente não potáveis (DASMACENO; PINHEIRO, 2015).

De acordo com Barboza Júnior (2019), esse sistema é composto por uma superfície de captação, dispositivos de condução (calhas, condutores verticais e horizontais), unidades de filtração, e, por fim, um sistema de acumulação. Este último contempla reservatórios e sistema de recalque para elevar a água captada do reservatório inferior para o superior (Figura 2).

Figura 2 – Sistema de captação de água de chuva



Fonte: Sant'Ana e Medeiros (2017)

Legenda:

(a) Captação (b) Rede coletora (c) Filtro (d) Cisterna (e) Freio d'água (f) Sifão-ladrão (g) Duto de ventilação (h) Mangueira flutuante (i) Bomba d'água (j) Recalque (k) Reservatório de distribuição (l) Alimentação automática de água potável (m) Rede de distribuição de água não potável.

2.3.1. Área de captação

A área de captação é um espaço que recebe as águas pluviais, que, em sua maioria, são telhados ou lajes de cobertura de edificações. Além do tamanho da superfície de coleta, outros fatores são importantes para determinar a quantidade de água das chuvas que serão armazenadas, como precipitação atmosférica do local, fator de captação e coeficiente de escoamento superficial (MAY, 2009).

É necessário estimar minuciosamente o valor do coeficiente de escoamento superficial (C). Esse dado permite chegar à parcela de perda que o tipo de material da cobertura proporciona. Desta forma, verifica-se que devido ao coeficiente mencionado, o volume que é precipitado sob a área de captação não é a mesmo que é escoado, levando em consideração as perdas por absorção e evaporação do tipo de material do telhado (KALINSKI, 2015). May (2009, p. 57) cita alguns materiais distintos que comumente constituem os telhados de coberturas: “cerâmica, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, vidro, policarbonato, acrílico, manta asfáltica etc.”.

Alguns valores do coeficiente de Runoff (C) são expressos na Tabela 2 do estudo de Ribeiro e Marinoski (2020).

Tabela 2 - Coeficientes de Runoff em função do tipo de material da cobertura

Material da cobertura	Coeficiente de Runoff (C)	Fonte
Telhados verdes	0,27	Khan (2001)
	0,2	Thomas e Martinson (2007)
Cerâmico	0,75 -0,95	Pruski <i>et al.</i> , (2004)
	0,80 -0,90	Hofkes e Frasier (1996)
Metálico	0,81 - 0,84	Liaw and Tsai (2004)
	0,80 -0,85	UNEP (2004)
	0,95	Lancaster (2006)
	0,90 -0,95	Wilken (1978)
Cimento	0,62 -0,69	UNEP (2004)
	0,81	Liaw and Tsai (2004)
Alumínio	0,7	Ward <i>et al.</i> (2010)
Plástico	0,94	Khan (2001)
Concreto asfáltico	0,9	Lancaster (2006)
Aço galvanizado	> 0,90	Thomas e Martinson (2007)

Fonte: Ribeiro e Marinoski (2020)

Para condições específicas nas coberturas, como o caso de ser uma superfície horizontal a NBR 10.844 (ABNT, 1989, p. 6) traz que:

As coberturas horizontais de laje devem ser projetadas para evitar empoçamento, exceto aquele tipo de acumulação temporária de água,

durante tempestades, que pode ser permitido onde a cobertura for especialmente projetada para ser impermeável sob certas condições; as superfícies horizontais de laje devem ter declividade mínima de 0,5%, de modo que garanta o escoamento das águas pluviais, até os pontos de drenagem previstos; a drenagem deve ser feita por mais de uma saída, exceto nos casos em que não houver risco de obstrução; quando necessário, a cobertura deve ser subdividida em áreas menores com caimentos de orientações diferentes, para evitar grandes percursos de água (ABNT, 1989, p. 6).

2.3.2. Condutores verticais e horizontais

Os condutores verticais e horizontais são dispositivos de condução, que no momento que as águas da chuva caem na superfície de recolhimento (calhas, coberturas, terraços e similares) são destinadas para locais permitidos por dispositivos legais (ABNT, 1989).

É necessário que ocorram cuidados com as tubulações, além das inspeções periódicas, é importante que haja dispositivos nas saídas de água que impeçam sedimentos e detritos indesejáveis sejam carregados junto às águas para dentro das canalizações, assim evitando obstruções e acúmulo de culturas bacterianas (MACHADO, 2013). Esses dispositivos podem ser grelhas para o caso das calhas e ralos nos casos de coberturas de lajes e terraços, variando os tipos em: ralo hemisférico e ralo plano (ABNT, 1989).

Quanto à instalação, Sant'Ana e Medeiros (2017, p. 25) diz:

A ligação entre condutores verticais e horizontais é sempre feita por curvas longas com elemento de inspeção ou caixa de inspeção. Os condutores horizontais devem apresentar uma declividade uniforme de pelo menos 0,5%. Nos condutores horizontais, sempre que houver conexão com outra tubulação, mudanças de direção ou declividade e a cada 20m em trechos retilíneos, deve-se prever caixas de inspeção (ao invés de caixas de areia) em tubulações enterradas e dispositivos de inspeção em tubulações aparentes (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017, p. 25).

Outro ponto importante que a NBR 10.844 (ABNT, 1989, p.3) trata sobre as tubulações, refere-se aos tipos de materiais que podem ser escolhidos. Para os

condutores verticais podem ser empregados: “ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.”. Enquanto para os horizontais, pode-se utilizar: “ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria.”. Outrossim, a Norma trata que as tubulações verticais tenham diâmetro mínimo de 70 mm.

Além do método proposto pela NBR, para dimensionar os condutores verticais, existem outros alternativos, podendo serem utilizados para casos que não se enquadrem na Norma. Pode-se citar os métodos propostos por: Garcez (1981); Uniform Plumbing Code (1973); Fabricante TIGRE; Botelho e Ribeiro Jr. (1998); e Joseph Archibald Macintyre (1990) (BRESSAN, 2006).

2.3.3. Descarte da primeira chuva

Devido à variabilidade pluviométrica durante o ano, os telhados ou coberturas acumulam sujeiras e detritos nas suas superfícies por conta de longos períodos sem precipitações. No entanto, quando ocorrem as chuvas essas impurezas acumuladas tendem a serem encaminhadas para os coletores junto às águas, recomenda-se o descarte das primeiras chuvas para que não ocorra contaminação dos componentes do sistema (FLESCH, 2011).

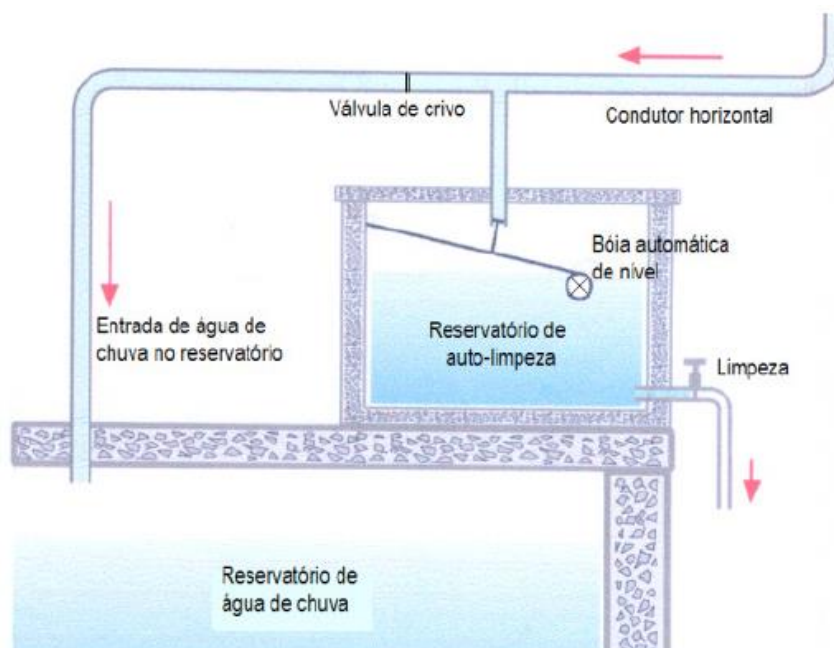
A NBR 15.527 (2007) recomenda que haja um descarte da água de escoamento inicial por meio de dispositivos automáticos, e para casos em que não há dados, a norma recomenda o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Sant’Ana e Medeiros (2017) citam que esses dispositivos de descarte (Figura 3), denominados de *first-flush*, funcionam de modo a separar e descartar as primeiras águas coletadas que sofrem com a contaminação atmosférica e com as impurezas nas superfícies de captação, evitando-se a entrada desse volume contaminado nos reservatórios de armazenamento. Os autores citados descrevem o funcionamento dos dispositivos de descarte:

Dispositivos de descarte removem as impurezas presentes nas primeiras águas contaminadas desviando o escoamento inicial da chuva a um recipiente que, ao encher, é vedado por uma válvula ou bola flutuante para direcionar as águas mais limpas para o reservatório de retenção. O recipiente

de acúmulo é esvaziado vagarosamente por meio de um orifício ou registro semiaberto posicionado em um ponto inferior (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017, p. 37).

Figura 3 – Reservatório de autolimpeza com boia



Fonte: May (2009)

2.3.4. Reservatório de armazenamento da água pluvial

O reservatório de armazenamento é a estrutura que acumula a água que chega por meio do sistema de captação de águas pluviais para ser utilizada posteriormente, podendo também ser denominado de cisterna. A NBR 15527 (ABNT, 2007) traz alguns métodos para dimensionamento dos volumes do reservatório, no entanto de acordo com Franco (2020), os estudos são constantes para otimizar cada vez mais esses resultados, considerando outros parâmetros que influenciam nos cálculos.

Ghisi (2010) é um dos autores que buscou esses parâmetros que influenciam no dimensionamento, ele ressalva a importância de não simplificar cálculos e não utilizar replicações de dimensionamentos para outros reservatórios, visto a singularidade de cada sistema.

Alguns cuidados devem ser tomados com a estrutura do reservatório (Figura 4): seu material deve ser durável, estanque, não penetrar luz solar em seu interior, ser

liso na parte interna e suas juntas não podem ser tóxicas. Além disso, outras variáveis devem ser analisadas para maximizar a funcionalidade das cisternas de armazenamento, como: capacidade, tipo de material e principalmente da sua localização, indicando ser o mais próximo possível dos pontos de fornecimento ou consumo (BERTOLO, 2006).

Figura 4 – Reservatório de água de chuva



Fonte: FORTLEV (2022)

A NBR 15.527 (ABNT, 2019, p.3) relata outras informações importantes:

O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo, a critério do projetista, ser utilizados os métodos contidos no Anexo A ou outro, desde que devidamente justificado; os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a ABNT NBR 5626; o esgotamento pode ser feito por gravidade ou por bombeamento (ABNT, 2019, p.3).

2.3.4.1. Dimensionamento dos reservatórios

Segundo Rangel (2016), o dimensionamento deve levar em consideração fatores como custo-benefício e a demanda de água para o local, que varia de acordo com o tipo de edificação, analisando quantidade de usuários e os principais usos dessa população. Todavia, mesmo com os resultados dos volumes estimados pelos métodos normativos e da literatura, o projetista tem que possuir a sensibilidade de aferir se o resultado obtido tem viabilidade para determinado projeto.

O reservatório, de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019), tem que ser seguro e possuir os seguintes componentes: extravasor, dispositivo de esgotamento, inspeção e ventilação. Além do mais, a Norma mencionada estabelece diretrizes gerais e os métodos de cálculo de volume para os reservatórios ou cisternas que compõem o sistema de captação de águas pluviais.

Os métodos que são mais utilizados em projetos de reúso de água da chuva, são:

a) Método de Rippl:

Na avaliação técnica de Mendes Junior *et al.* (2020), o método de Rippl é o mais usado para cálculo dos reservatórios. O método geralmente traz em seus resultados volumes superdimensionados para demandas de água elevadas, utilizando séries pluviométricas mensais ou diárias.

b) Método da simulação:

“Este método não leva em consideração a evaporação da água e os dados históricos são importantes para incorporar no sistema os períodos críticos de seca e características sazonais” (KARLINSK, 2015, p. 25).

c) Método Azevedo Neto:

Silva (2017) relata que o método é empírico, onde acontece uma relação entre uma série de precipitação anual e os meses de estiagem. Nesta metodologia de cálculo é desconsiderada a influência da demanda, levando em conta o volume captado e os períodos de estiagens.

d) Método Prático Alemão:

“Esse método empírico adota como valor de volume do reservatório o valor mínimo entre 6% do volume anual do consumo e 6% do volume anual da precipitação aproveitável, de acordo com a equação: $V = \min (V; D) \times 0,06$ ” (MENDES JUNIOR *et al.*, 2020, p. 12).

e) Método Prático Inglês:

“Metodologia que utiliza série histórica anual, considera o volume ideal de armazenamento como sendo 5% do volume de água coletado no telhado, e despreza a variável de demanda da água, sendo o volume obtido independente deste” (KLEIN, 2019, p.35).

f) Método Prático Australiano:

“O volume de chuva é obtido pela equação: $Q = A \times C \times (P - I)$. Onde: Q: volume mensal produzido pela chuva; A: área de coleta; C: coeficiente de escoamento superficial, em geral 0,80; P: precipitação média mensal; I: interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm” (MENDES JUNIOR *et al.*, 2020, p. 12).

2.3.5. Consumo de água

O consumo de água é um fator que tende a variar bastante, principalmente quando se avalia as diferenças de região e classes econômicas, além de que seu uso tem variabilidade a depender do tipo de local, alguns desses locais são: residências domésticas, apartamentos, prédios públicos e comerciais, indústrias públicas e privadas (AZEVEDO NETTO, 1998).

Tomaz (2010) cita a importância de captar as águas de chuva, uma vez que essas podem atender às demandas como as descargas de bacias sanitárias e as limpezas domésticas. Fazer a utilização desse sistema é de suma importância para evitar gastos com água potável em atividades que pode-se utilizar água de reúso. O Quadro 1 mostra as principais atividades consumidoras de água nas residências brasileiras:

Quadro 1 – Consumo de água em residências brasileiras

Tipos de uso de água	Porcentagem
Descarga na bacia sanitária	29%
Chuveiros	28%
Lavatório	6%
Pia de cozinha	17%
Tanque	6%
Máquina de lavar roupas	5%
Máquina de lavar louças	9%
Total	100%

Fonte: Tomaz (2010)

2.4. Estudos de caso

A instalação de sistemas de captação das águas pluviais é de extrema importância para a economia e o desenvolvimento sustentável, características essas cada vez mais presentes na realidade da população. A redução do consumo de água e o seu aproveitamento são necessários para as atuais problemáticas de escassez hídrica em diversas regiões. Diante disso, espaços públicos, como instituições de ensino, devem seguir essas propostas e promover esses sistemas nas edificações com potenciais áreas de captação.

Rangel (2016) traz em seu trabalho análises da proposta de sistema de aproveitamento no Polo Universitário da cidade Macaé, em que o mesmo compara 2 métodos de dimensionamento para reservatórios. O autor identificou que eles chegam a resultados satisfatórios, qualificando-os como viáveis economicamente, mostrando que em 3 a 4 anos consegue-se economizar o valor que foi investido para implantação, além de obter vantagens como: a fácil manutenção e os imediatos benefícios ambientais.

No estudo do projeto de captação de água pluvial no Laboratório de Engenharia Civil do *campus* Alto Paraopeba, em Ouro Branco, com uma área de contribuição de 795,97 m², indicou-se o uso dos sistemas de reúso, inferindo-se que a prática de captar água da chuva é viável economicamente e alternativamente sustentável. A região, assim como o Nordeste, mostra uma variedade pluviométrica em alguns meses do ano, com isso foi dimensionado diversos reservatórios de volumes distintos

com os métodos presentes na NBR 15.527 (ABNT, 2019), analisando fatores de custo de implantação e economia de água de potável (DASMACENO; PINHEIRO, 2015).

O local estudado deste trabalho, as residências universitárias, está localizada dentro da UFCG de Pombal, em que já existem alguns estudos sobre o reúso de água nas edificações. Queiroz e Farias (2013) ponderaram que o Centro de ensino tem potencial para reaproveitar águas da chuva, desde que os reservatórios projetados sejam dimensionados adequadamente. No entanto é visto que o estudo não identifica as particularidades de consumo de cada prédio, as estimativas de volume são dadas com base somente nas áreas de captação das coberturas.

Já Ramos (2021), além de utilizar a cobertura do bloco de administração do CCTA para captar as águas das chuvas por meio de reservatórios de polietileno, também usou a topografia favorável de 2 locais do *campus* para construir um mini açude e uma barragem. Com essas estruturas desenvolvidas foi possível utilizá-las para a irrigação dos jardins da Universidade, reduzindo o consumo de água advinda das redes de abastecimento público. Contribuindo ao estudo de viabilidade de instalação dos sistemas no CCTA, Cordato (2022) apresentou em seu trabalho resultados positivos quanto ao dimensionamento dos componentes do sistema de aproveitamento das águas pluviais para o bloco de aula do centro, qualificando-os como viáveis para reduzir gastos de consumo e preservar recursos hídricos.

3. METODOLOGIA

Inicialmente, para um embasamento teórico da pesquisa foram realizados estudos bibliográficos a diversas fontes, tais como: periódicos, normas específicas do assunto, legislações, livros, trabalhos técnicos-científicos, entre outras bases pertinentes para o fomento de informações necessárias à realização das atividades propostas neste estudo.

3.1. Caracterização da área de estudo

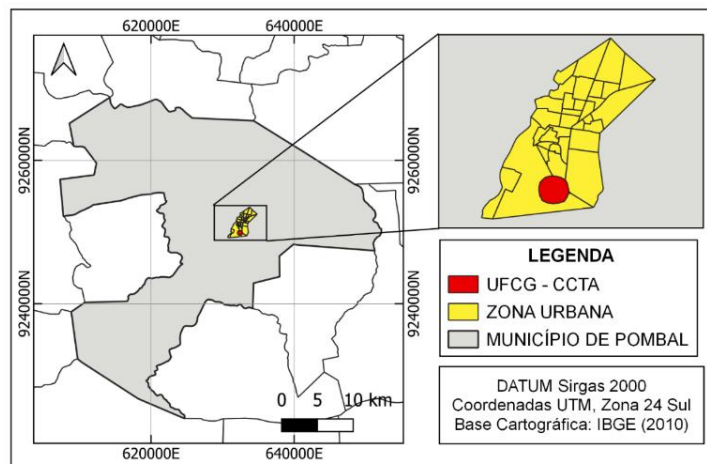
Realizaram-se de visitas *in loco* e registros fotográficos para aferição das condições atuais da captação das águas pluviais das residências do *campus* do CCTA, complementarmente buscou-se dados de projeto e modificações no local de estudo junto à subprefeitura do Centro.

Diante disso, foi possível propor um sistema de captação de águas pluviais. Buscou-se aferir e mensurar diâmetros dos condutores verticais e horizontais, dimensionar os reservatórios superior, inferior e de descarte, apontar as atividades do uso da água aproveitada, e, por fim, expor as vantagens da implementação.

3.1.1. Área de estudo

As residências universitárias localizam-se no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, na cidade de Pombal, que situa-se na Mesorregião do Sertão Paraibano, no estado da Paraíba (Figura 5).

Figura 5 - Mapa da localização da área de estudo

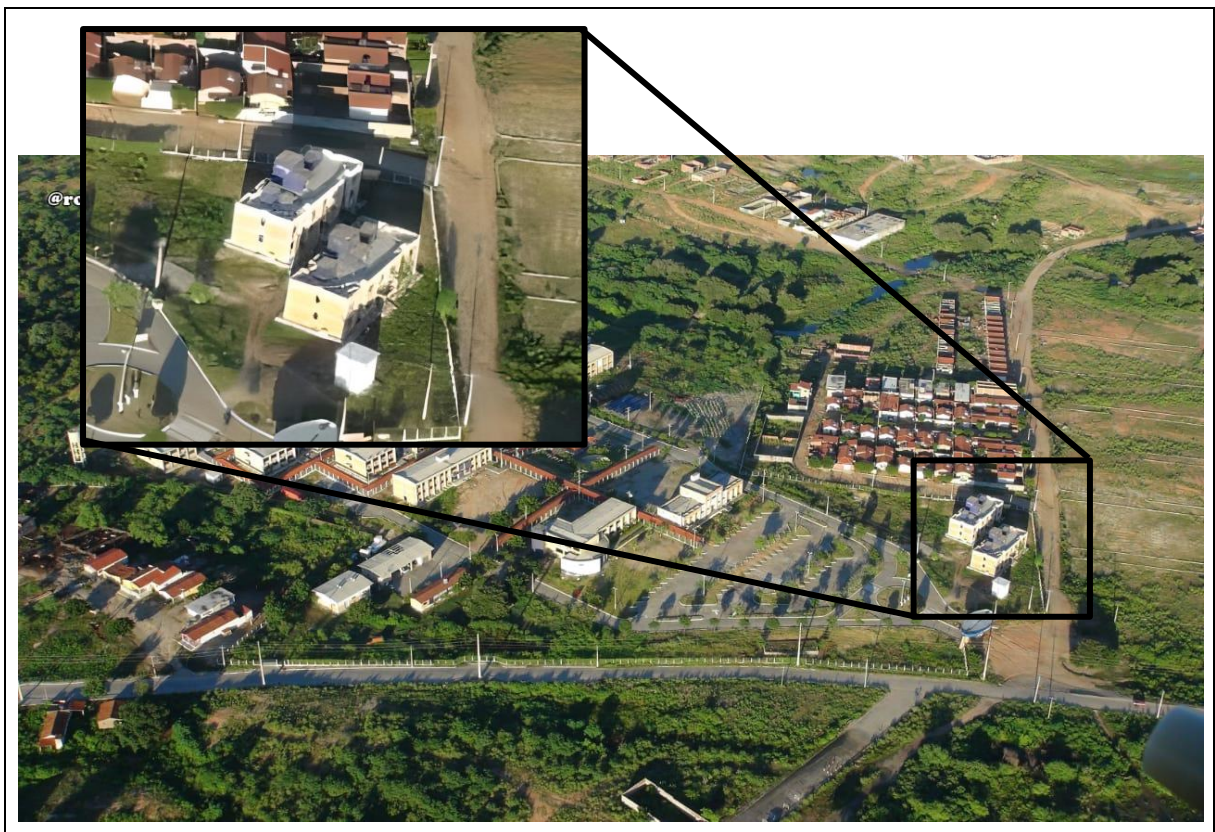


Fonte: Autor (2022)

O CCTA/UFCG dispõe de dois prédios residenciais, um destinado aos homens e outro às mulheres. O mesmo fornece condições de moradia, alimentação e outros tipos de assistências estudantis, atendendo estudantes dos cursos de graduação em Agronomia, Engenharia Ambiental, Engenharia de Alimentos e Engenharia Civil.

Cada residência universitária é formada por: 1 pavimento térreo, 1 pavimento superior e cobertura que se configura como uma laje exposta, conta ainda com 1 sala de estudo, 1 cozinha, e 14 quartos com 1 banheiro cada, fornecendo espaço para até 4 usuários por quarto (Figura 6).

Figura 6 - Destaque das residências universitárias da UFCG *campus* Pombal-PB



Fonte: Ronaldo Filmagens (2017)

3.2. Dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas das chuvas

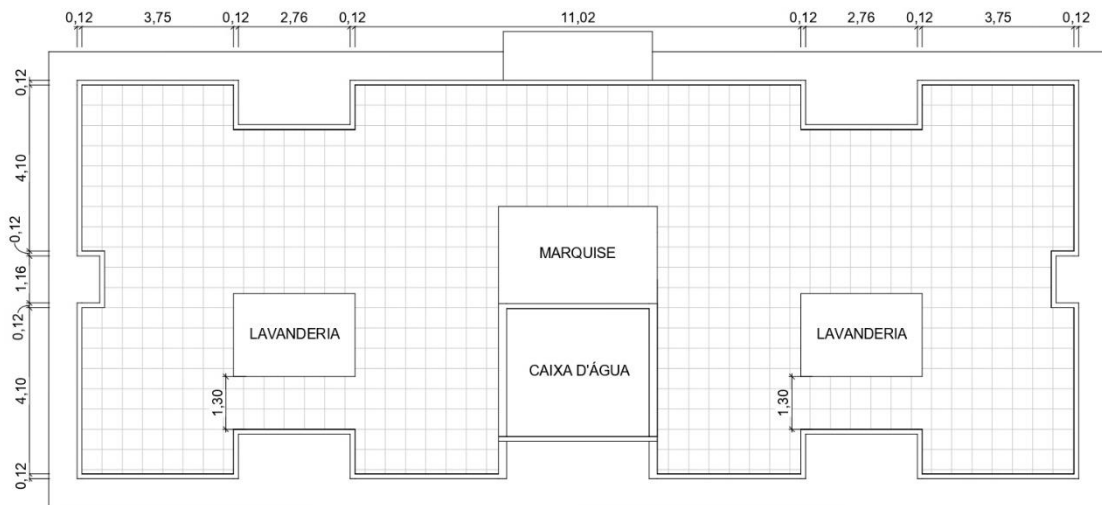
Verificada as atuais condições do sistema de drenagem das águas de chuva das residências (masculina e feminina), se fez pertinente um estudo sobre as especificidades dos componentes. Verificou-se as áreas de contribuição de cada condutor, observando suas condições e as suas áreas de descarte.

Tendo em vista o aproveitamento dessas águas, foi elaborado um sistema fazendo-se uso do *software* Revit, objetivando-se minimizar gastos e dar um novo direcionamento às águas. Para tanto, foram realizadas pesquisas bibliográficas em documentos que tratam do assunto, como livros, trabalhos científicos e normas da ABNT, principalmente a NBR 15527 (ABNT, 2019): Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis e a NBR 10844 (ABNT, 1989): Instalações prediais de águas pluviais.

3.2.1. Área de captação

Para calcular a área de captação, foi empregada a congruência de definições da NBR 15.527 (ABNT, 2019) e a NBR 10844 (ABNT, 1989), que classificam essa região como uma superfície plana impermeável, medida em metros quadrados, que intercepta as recargas pluviais, conduzindo-as para algum local pré-determinado. Quanto a obtenção da área, foram realizadas medições com trena métrica, tendo em vista a atualização do projeto da cobertura utilizando o *software* Revit (Figura 7).

Figura 7 – Planta de cobertura da residência universitária UFCG *campus* Pombal-PB



Fonte: Autor (2022)

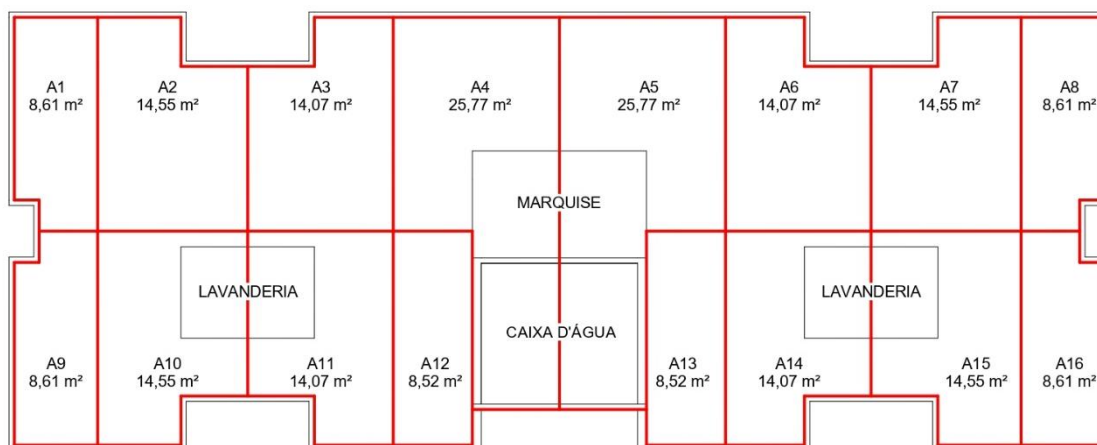
3.2.2. Área de Contribuição

A NBR 10844 (ABNT, 1989) trata a área de contribuição como um somatório de regiões, em que é levado em consideração as inclinações de telhados, assim como as áreas de paredes que interceptam as águas pluviais para formar uma região de área de contribuição. Esses cálculos devem ser realizados para as piores condições de angulações das chuvas para se chegar a dimensões seguras de projeto.

A cobertura da edificação estudada é uma laje horizontal, que a NBR 10844 (ABNT, 1989) prevê seu projeto como uma superfície impermeável que necessita evitar empoçamentos e exige declividade mínima de 0,5 % para possibilitar um escoamento eficiente para os pontos de drenagem.

As áreas foram divididas de acordo com as suas respectivas inclinações identificadas no local. Somando-se a cada uma dessas áreas as parcelas do guarda-corpo, lavanderias e paredes. Em cada edificação obteve-se 16 áreas de contribuição (Figura 8), sendo que cada uma destina as águas recolhidas em sua superfície para um condutor horizontal.

Figura 8 – Áreas de contribuição da cobertura das residências universitárias UFCG *campus Pombal-PB*



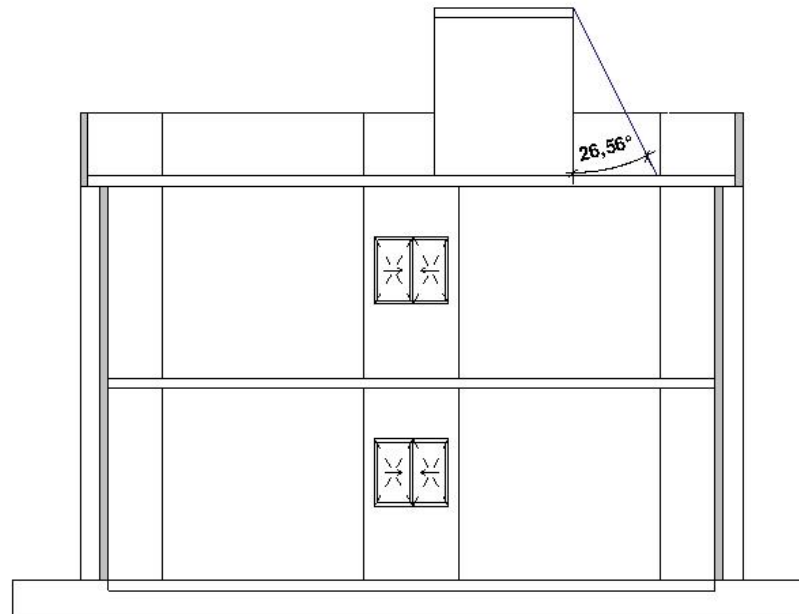
Fonte: Autor (2022)

Conforme visto, a norma de instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 1989) indica as formulações para cálculo das áreas de contribuição descritas, e para este trabalho foram necessárias distintas equações levando em consideração as volumetrias da cobertura.

Nas 16 áreas foram identificadas regiões planas horizontais, compostas pelos pisos da laje e pelas coberturas das lavandeiras e da caixa d'água. Obteve-se as áreas de cada uma dessas regiões utilizando o *software* Revit de modo a determinar seus respectivos valores de contribuição, dado que a norma preconiza áreas retangulares, e o local estudado tem divisões com formatos irregulares.

Uma vez calculadas as áreas horizontais, precisou-se analisar as contribuições das interceptações das chuvas pelas áreas verticais para cada região, quais sejam: guarda-corpos, paredes das lavanderias, paredes de sustentação da marquise e estrutura de vedação da caixa d'água. Bressan (2006) cita que a chuva deve ser considerada na direção que ocasiona a maior captação de água pelas superfícies verticais, e propõe que o ângulo usado para cálculos de inclinação das chuvas seja de 26,56° (Figura 9).

Figura 9 – Representação da ação de inclinação dos ventos sob as chuvas



Fonte: Autor (2022)

Utilizou-se os casos da NBR 10844 (ABNT, 1989), que estabelece critérios das instalações prediais de água pluvial, para cálculo das 16 áreas de contribuição. O processo de cálculo foi otimizado por meio do uso do *software* Excel, na qual as situações utilizadas podem ser vistas no Anexo A e são descritas a seguir: superfícies plana vertical única (item C); duas superfícies planas verticais opostas (item D); e, por fim, duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares (item F). As fórmulas são dadas nas Equações (1) e (2).

$$A = \frac{a \times b}{2} \quad (1)$$

Em que: A - Área de contribuição, em m^2 ;

a - Largura da região de contribuição, em m;

b - Comprimento da região de contribuição, em m.

$$A = \frac{\sqrt{A_1^2 \times A_2^2}}{2} \quad (2)$$

Em que: A - Área de contribuição, em m^2 ;
 A_1 - Área da elevação 1, em m^2 ;
 A_2 - Área da elevação 2, em m^2 .

3.2.3. Estimativa do consumo de água não potável

Para calcular os volumes de demanda/consumo necessários para um sistema de aproveitamento de águas pluviais deve-se conhecer o local estudado e o tipo de população que o ambiente atende. Bona (2014) relata que a água de chuva entra contato com impurezas nos ambientes atmosféricos e físicos, tornando-a não potável e devendo-se estabelecer novos usos para ela.

A Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA, 2005) apresenta as classificações em classes das águas de reúso. A Residência Universitária se enquadra na Classe I, podendo fazer uso da água para descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos e irrigações de plantas. Para determinar a quantidade de água utilizada levou-se em consideração que a edificação é de uso residencial, em que a frequência dos sanitários se equipara a de uma residência unifamiliar, necessitando conhecer características dos usuários. Conforme especificado nos principais usos, a lavagem da edificação também foi estimada através das áreas dos cômodos, frequência de limpeza e taxas de consumo da literatura.

3.2.3.1. Cálculo do volume de água das bacias sanitárias

Para o cálculo do volume da descarga de vasos sanitários utilizou-se a Equação (3), expressa no estudo de Chaib *et al.* (2015), uma vez que o local de estudo tem ocupação semelhante à residência unifamiliar

$$V_{\text{banheiro}} = N_{\text{moradores}} \times N_{\text{uso banheiro}} \times V_{\text{descarga}} \quad (3)$$

Em que:

$N_{\text{moradores}}$: Número de usuários que moram na residência universitária. Para o bom dimensionamento do projeto, foi considerada sua capacidade máxima, que é de 4 pessoas ocupando os 14 quartos, totalizando 56 pessoas;

$N_{uso\ banheiro}$: Número de acionamentos da descarga sanitária. Pode variar de acordo com características da população atendida. Contudo, de acordo com Reiber (2012) e Roebuck, Oltean-Dumbrava e Tait (2011), cuja média estimada foi convergente com as médias calculadas por Ghisi, Bressan e Martini (2007) e Moruzzi, Carvalho e Oliveira (2012), chegou-se ao número de 4 acionamentos diários, por pessoa, de segunda a sexta-feira, e 6 acionamentos nos feriados e final de semana;

$V_{descarga}$: Volume total de água de uma descarga. Silva *et al.* (2013) estimou que para as bacias sanitárias do *campus* de Pombal-PB gastam-se cerca de 6 litros/descarga/pessoa.

Logo, pelo cálculo de consumo descrito na Equação 2 pode-se chegar a um valor de consumo diário de água por descarga sanitária de 24 litros/pessoa durante a semana e 36 litros/pessoa no final de semana e feriado.

3.2.3.2. Cálculo do volume de água para limpeza das áreas internas

Para determinar o volume de água consumido na limpeza das áreas internas, realizou-se entrevista com as pessoas responsáveis para saber a frequência da limpeza das áreas analisadas. A região interna foi estimada a partir dos projetos construídos no Revit, calculando-se as áreas laváveis e que consomem água potável. Para finalizar as informações necessárias, utilizou-se a taxa de consumo de 2 L/m² dada pelo trabalho de Tomaz (2010). Como está disposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Previsão de consumo da limpeza

Ambientes	Áreas	Taxa	Frequência
Quartos	246,4 m ²	2 L/m ²	1 vez/semana
Áreas comuns	143,6 m ²	2 L/m ²	5 vezes/ semana
Escadas	12,94 m ²	2 L/m ²	5 vezes/semana
Laje	195 m ²	2 L/m ²	1 vez/semana

Fonte: Autor (2022)

3.2.4. Estudo das séries históricas

As informações de precipitação para a cidade de Pombal-PB foram obtidas no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Os

dados pluviométricos obtidos possuem um intervalo de tempo de 1994 a 2021. Também foram utilizados dados contidos no estudo de Queiroz e Farias (2013).

Os valores de precipitação coletados no site da AESA foram tabelados, como pode ser observado no Anexo B, e tratados para a determinação do valor médio. Objetivando fazer uma avaliação do comportamento das chuvas na região, utilizou-se dessas fontes afim de obter o valor da média mensal, utilizando-a no cálculo de dimensionamento dos componentes do sistema.

3.2.5. Vazão de projeto

A vazão de projeto das áreas de contribuição foi obtida pela Equação (4) fornecida pela NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$Q = \frac{i \times A}{60} \quad (4)$$

Em que: Q – Vazão de projeto, em l/min;

i – Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A - Área de contribuição, em m².

O valor da intensidade pluviométrica, foi obtido pela Equação 5, descrita no estudo de Oliveira (2021). A autora utilizou no seu trabalho um período de 92 anos do histórico de chuvas da cidade de Pombal-PB, e com a realização do tratamento de dados chegou à formulação das curvas IDF (Intensidade, Duração e Frequência) para obter os parâmetros da equação da chuva do local estudado.

$$i = \frac{885,523 \times T^{0,1964}}{(t+12)^{0,7655}} \quad (5)$$

Em que: i – Intensidade pluviométrica, em mm/h;

T – Tempo de retorno, em anos;

t – Duração da precipitação, em minutos.

A NBR 10844 (ABNT, 1989), estabelece que a duração da precipitação para o cálculo seja de 5 minutos e o tempo de retorno de 25 anos, considerando que a área de estudo é uma cobertura e que não admite empoçamentos ou extravasamentos.

3.2.6. Condutores verticais

Os prédios das residências universitárias não possuem calhas, o sistema de drenagem é feito de forma que os condutores verticais recebam as águas diretamente da superfície por meio da inclinação do piso (Figura 10), sendo que para cada região de contribuição distinguida existe um tubo de queda que direciona os volumes de chuva captados nessas áreas descritas (Figura 8).

Figura 10 – Fachada da residência universitária masculina da UFCG *campus* Pombal-PB



Fonte: Autor (2022)

Cada residência já contém um sistema de captação de águas pluviais, sendo composta de 16 tubos de 100 mm de diâmetro cada, estando dispostos 8 canos de PVC em cada fachada.

Primordialmente foi atribuído um nome para cada condutor vertical, de acordo com a área de contribuição, visto que para cada área de contribuição (Figura 8) existe

um tubo vertical que recebe a mesma vazão de chuva (Tabela 4). Ressalta-se que o sistema é composto pelas duas residências (masculina e feminina) e as numerações foram feitas de forma que segue o mesmo padrão. Como são 16 áreas, a área 1 da edificação masculina será a área 17 da feminina, seguindo a mesma lógica para

Tabela 4 – Numeração dos condutores verticais das residências universitárias UFCG *campus Pombal-PB*

Área de Contribuição (residência masculina)	Condutor Vertical	Área de Contribuição (residência feminina)	Condutor Vertical
A8	CV1	A24	CV17
A7	CV2	A23	CV18
A6	CV3	A22	CV19
A5	CV4	A21	CV20
A4	CV5	A20	CV21
A3	CV6	A19	CV22
A2	CV7	A18	CV23
A1	CV8	A17	CV24
A16	CV9	A32	CV25
A15	CV10	A31	CV26
A14	CV11	A30	CV27
A13	CV12	A29	CV28
A12	CV13	A28	CV29
A11	CV14	A27	CV30
A10	CV15	A26	CV31
A9	CV16	A25	CV32

Fonte: Autor (2022)

Como se trata de uma verificação do sistema, pode-se afirmar que as tubulações respeitam a NBR 10844 (ABNT, 1989) quanto às suas exigências, admitindo serem canos instalados externamente à edificação e apresentando seção circular maior que 70 mm.

Contudo, a metodologia adotada para cálculo do diâmetro dos tubos verticais presente na Norma (ABNT, 1989), necessita de verificações observando um ábaco que relaciona 3 variáveis: altura de lâmina de água na calha, vazões de projeto e os comprimentos dos condutores. No entanto, a residência estudada não possui calhas na sua cobertura, impossibilitando de usar o método da Norma supracitada. Desta forma, para aferir os diâmetros das canalizações, foram utilizados os métodos propostos pelo Uniform Plumbing Code (1973) e Macintyre (1990), presentes no trabalho Bressan (2006).

3.2.6.1. Método proposto pelo Uniform Plumbing Code (1973)

Para determinar os diâmetros dos tubos verticais, o método do Uniform Plumbing Code (1973) *apud* Bressan (2006) relaciona as áreas de contribuição com as intensidades de precipitação, conforme pode ser visualizado no Quadro 2.

Quadro 2 – Áreas máximas, em m², a serem drenadas por condutores verticais

Intens. Precip. (mm/h)	Diâmetro do condutor vertical (mm)					
	50	75	100	125	150	200
25	267	817	1709	3214	5016	10776
50	133	408	854	1607	2508	5388
75	89	272	569	1071	1671	3591
100	67	204	427	803	1254	2694
125	53	163	341	642	1003	2155
150	44	136	285	535	836	1794
175	38	117	244	459	716	1539
200	33	102	213	401	627	1347
225	29	91	190	357	557	1197
250	27	81	171	321	501	1077
275	24	74	155	292	456	979
300	22	67	142	267	418	897

Fonte: Uniform Plumbing Code *apud* Bressan (2006)

Para o município de Pombal, que tem uma intensidade de precipitação de 174,51 mm/h, foi à linha com os valores relativos à intensidade de precipitação de 175 mm/h, por essa ser o valor imediatamente superior. Dessa forma verificou-se cada um dos 32 condutores verticais, levando em consideração que a área é explicada pois cada condutor possui uma respectiva área de contribuição (Figura 10).

3.2.6.2. Método proposto por Joseph Archibald Macintyre (1990)

Macintyre (1990) traz em seu trabalho duas ocasiões distintas para dimensionar os diâmetros dos condutores verticais, em que para o estado base do seu estudo (Rio de Janeiro) o mesmo utiliza uma precipitação de 150 mm/h, já para as recomendações Norte-americanas é utilizada a precipitação de 200 mm/h, ambas são relacionadas com as áreas de contribuição da cobertura (Quadro 3).

Quadro 3 – Determinação do diâmetro para condutores verticais

Diâmetro (mm)	Área máxima de cobertura (m ²)	
	Uso corrente no Rio de Janeiro	Recomendação Norte-americana
50	46	39
63	89	62
75	130	88
100	288	156
127	501	256
150	780	342
200	1616	646

Fonte: Macintyre (1990)

Devido a intensidade de precipitação de 174,51 mm/h calculada para Pombal, deve-se fazer uma análise conservadora, dada pela recomendação Norte-americana, que traz uma intensidade superior ao valor calculado para Pombal.

3.2.7. Condutores horizontais

O atual sistema dos condutores horizontais é composto por trechos de aproximadamente 1 metro de PVC. Eles recebem as águas dos condutores verticais destinando-as diretamente para o solo ao redor da edificação.

Para a proposta do sistema foram reformuladas essas encanações, fazendo um novo traçado e dimensionamento dos tubos, possibilitando encaminhar esses volumes que chegam na cobertura da edificação para o reservatório de armazenamento.

Os condutores horizontais seguiram a lógica do direcionamento proposto para os condutores verticais, sendo enumerados da direita pra esquerda rumo ao reservatório, como pode ser visto na Tabela 5. Ademais, foram previstas caixas de inspeção para o encontro de encanações como preconiza a Norma de instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 1989).

Tabela 5 – Contribuintes dos condutores horizontais

Condutores Horizontais	Condutores Verticais	Condutores Horizontais	Condutores Verticais
CH1	CV1	CH27	CH22+CH23+CH24+CH25+CH26
CH2	CV2	CH28	CV16
CH 3	CV3	CH29	CV20
CH 4	CH1+CH2+CH3	CH30	CH27+CH28+CH29
CH 5	CV4	CH31	CV21
CH 6	CH4 + CH5	CH32	CH30 + CH31
CH 7	CV5	CH33	CV22
CH 8	CH6 + CH7	CH34	CV23
CH 9	CV6	CH35	CH32 + CH33 + CH34
CH 10	CV7	CH36	CV24
CH11	CH8+CH9+CH10	CH37	CV25
CH12	CV8	CH38	CV26
CH13	CH11+C12	CH39	CV27
CH14	CV9	CH40	CH37+CH38+CH39
CH15	CV10	CH41	CV28
CH16	CV11	CH42	CH40 + CH42
CH17	CH14+CH15+CH16	CH43	CV29
CH18	CV12	CH44	CH42 + CH43
CH19	CH17+CV18	CH45	CV30
CH20	CV13	CH46	CV31
CH21	CV17	CH47	CH44 + CH45 + CH46
CH22	CH19+CH20+CH21	CH48	CV32
CH23	CV14	CH49	CH47+CH48
CH24	CV15	CH50	CH35+CH36+CH49
CH25	CV18	CH51	CH13 + CH50
CH26	CV19		

Fonte: Autor (2022)

Uma vez determinada as vazões que contribuem em cada trecho horizontal, realizou-se o dimensionamento dos canos de seção circular de acordo com a Tabela 6 adaptada da NBR 10844 (1989). O material escolhido para os tubos foi PVC que possui coeficiente de rugosidade $n = 0,011$.

Tabela 6 – Capacidade de condutores verticais (vazões em l/min)

Diâmetro Interno (D) (mm)	n=0,011			
	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620
300	3820	5380	7590	10800

Fonte: Adaptado da NBR 10.844 (1989)

3.2.8. Dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório inferior foram utilizados os métodos de Rippl e de Azevedo Neto, métodos esses que estão presentes na NBR 15527 (ABNT, 2007). Os dois métodos foram selecionados por suas características de cálculo, onde consideram os parâmetros de precipitação, área de contribuição da cobertura e, principalmente, pela consideração da variação pluviométrica no tempo discretizado. O coeficiente de escoamento (C) foi adotado como 0,85 para o material cerâmico, uma média do intervalo de coeficientes que estão presentes no trabalho de Ribeiro e Marinoski (2020). Os outros métodos da Norma supracitada não foram utilizados devido as suas características.

Bezerra *et al.* (2010) relatam o problema do dimensionamento pelo método da simulação: a necessidade de determinar um volume fixo de reservatório antes de proceder os cálculos, no entanto a Norma não apresenta metodologia para isso. Já os métodos práticos alemão e inglês apresentam problemas nos seus parâmetros, que apenas consideram valores anuais, não analisando os períodos mensais, o que dificulta o dimensionamento do reservatório.

O método prático australiano pede um nível de confiança entre 90% e 99%, ou seja, a água reservada deve atender a demanda de todos os meses do ano. Essa imposição de eficiência para uma região com pluviometria variável faz com que o reservatório possua uma dimensão muito elevada, impossibilitando o projeto de ser executado. Amorim e Pereira (2008) citam que os métodos práticos são indicados

para residências unifamiliares, que tem um consumo baixo, não se enquadrando com as características das residências universitárias.

3.2.8.1. Método de Rippl

O dimensionamento através deste método é realizado por meio das Equações 6, 7 e 8 da NBR 15527 (ABNT, 2007), utilizando-se das séries históricas mensais:

$$Q(t) = P(t) \times A \times C \quad (6)$$

Em que: $Q(t)$ – Volume de chuva aproveitável no tempo t ; em litros;
 $P(t)$ – Precipitação no tempo t , em mm;
 A – Área de captação, em m^2 ;
 C – Coeficiente de escoamento superficial.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (7)$$

Em que: $S(t)$ – Volume de água no reservatório no tempo t ; em litros;
 $Q(t)$ – Volume de chuva captada no tempo t , em litros;
 $D(t)$ – Demanda de água não potável, em litros.

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \quad (8)$$

Em que: V – Volume do reservatório; em litros;

3.2.8.2. Método Azevedo Neto

Determinou-se o volume do reservatório pelo método Azevedo Neto por intermédio da Equação (9):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (9)$$

Em que: V – Volume do reservatório; em litros;

P – Precipitação média anual, em mm;

A – Área de captação, em m²;

T – Valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca.

O número de meses de estiagem (T) foi determinado com base no estudo de Dornelles, Tassi e Goldenfum (2010), em que os autores estipularam que os meses secos seriam os que tivessem precipitação menor que 100 mm. Para determinar o valor para este trabalho usou a proporcionalidade pluviométrica, no estudo dos autores supracitados as regiões selecionadas possuem precipitação média anual de 1424,6 mm, já em Pombal, região de estudo deste trabalho, possui média anual de 732,4 mm. Dessa forma, encontrou-se que os meses secos para a área de estudo são os que possuem pluviometria mensal menor que 51,4 mm.

Para o reservatório superior foi definido que o seu volume pudesse atender por 3 dias consecutivos as atividades de limpeza da laje e dos quartos feita com água advinda do sistema de reúso.

Para o reservatório de descarte das primeiras chuvas utilizou-se a Equação (10), presente no estudo de Geraldi (2018).

$$D = 0,002 \times A \quad (10)$$

Em que: D – Volume do reservatório de descarte inicial, em m³;

A – Área de captação, em m²;

3.2.9. Dimensionamento do sistema elevatório

3.2.9.1. Dimensionamento das tubulações de recalque e sucção

A vazão foi adotada de forma que os reservatórios superiores possam ser abastecidos em 30 minutos, chegando a uma vazão requerida de 2 m³/h para encher os 2 reservatórios de 500 L a cada 3 dias.

Saturnino e Angelini (2018) trazem em seu trabalho que a equação utilizada para cálculo do diâmetro da tubulação de recalque é de Forchheimer mostrada na Equação 11.

$$Dr = 1,3 \cdot \sqrt{Q} \cdot \sqrt[4]{X} \quad (11)$$

Em que: Dr – Diâmetro de recalque, em mm;
 Q – Vazão da bomba, em m³/s;
 X – h/24, em que h é o tempo diário de funcionamento da bomba, em horas.

Para a tubulação de sucção, a NBR 5626 (ABNT, 1998) traz que seu diâmetro nominal é adotado como um diâmetro comercial imediatamente superior ao de recalque.

3.2.9.2. Cálculo da altura manométrica e dimensionamento da bomba de recalque

Para o cálculo da altura manométrica total foi necessário conhecer a altura geométrica, que é a altura vertical da tubulação de sucção somada à tubulação de recalque, como também conhecer a perda de carga do comprimento dos tubos e das singularidades dos trechos, dada pela Equação 12:

$$Hm = Hgeo + (\Delta h \times \text{fator de perda de carga}) \quad (12)$$

Em que: Hm – Altura manométrica, em m;
 $Hgeo$ – Altura geométrica, em m;
 Δh – Perdas de cargas, em m;
fator de perda de carga – Calculada com base na tabela do Anexo C que relaciona a vazão com os diâmetros dos tubos de alimentação, em %.

Para o dimensionamento da bomba de recalque foi utilizado um catálogo comercial de uma bomba, em que se necessitou dos dados de vazão de projeto e altura manométrica total para chegar-se a um modelo ideal.

3.3. Vantagens da implantação do sistema de reúso das águas da chuva

Aferiu-se a redução de custos no abastecimento a partir da Tabela 7, com base nas tarifas mensais de consumo para edificações públicas no ano de 2022, fornecidas pela companhia responsável, neste caso, a Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA).

Tabela 7 – Tarifas de consumo para edificações públicas

Tarifa Mínima – até 10 m³	R\$ 89,22
Acima de 10 m³ (por m³)	R\$ 14,97

Fonte: Adaptado da CAGEPA (2022)

Além da redução dos custos, a instalação do sistema de aproveitamento das águas da chuva traz outros benefícios, alguns são identificados visualmente pelo usuário no local de implementação, outros são inferidos pelo manejo sustentável das águas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da situação atual da área de estudo

As Edificações não possuem cobertura com telhado, apenas uma laje revestida com material cerâmico que foi inserido no local após problemas de infiltração (Figura 11).

Figura 11 – Cobertura da residência universitária masculina, UFCG *campus* Pombal-PB



Fonte: Autor (2022)

As duas construções possuem sistema de escoamento de águas pluviais simples, de forma que a água que chega ao pavimento superior se encaminha para ralos por meio de desnível no piso, escoando através de condutores verticais e horizontais expostos do lado de fora da edificação até o solo natural nas imediações das residências (Figura 12).

Figura 12 – Condutor vertical e horizontal da residência universitária masculina, *campus* Pombal-PB



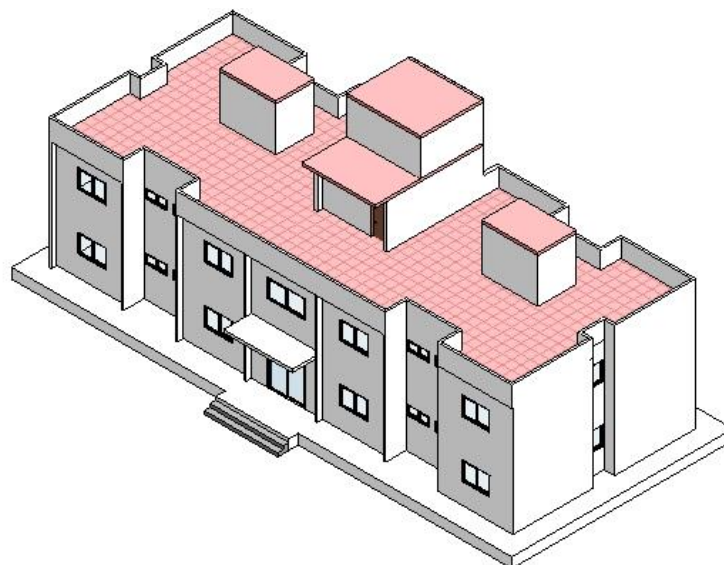
Fonte: Autor (2022)

4.2. Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial

4.2.1. Área de captação

A área de captação foi calculada considerando todas as áreas planas da planta de cobertura, levando em consideração as superfícies da lavanderia, caixa de água e marquise. As superfícies são destacadas na Figura 13.

Figura 13 – Área de captação das residências universitárias da UFCG *campus* Pombal-PB



Fonte: Autor (2022)

Como visto na Figura 13 e a partir dos cálculos no *software* Revit chegou ao resultado da área total de captação, que foi de 217,5 m² para cada residência universitária, contabilizando uma área total de captação de 435 m².

4.2.2. Área de contribuição

Na Tabela 8 é apresentada a divisão das áreas de contribuição, com os valores de área, em m², de cada região distinguida.

Tabela 8 – Áreas de contribuição para uma residência

Área de Contribuição	Área Plana (m ²)	Área Platibanda (m ²)	Área Lavanderia (m ²)	Caixa D'água (m ²)	Total (m ²)
A1 - A17	8,61	2,35	0,00	0,00	10,96
A2 - A18	14,55	1,73	0,00	0,00	16,28
A3 - A19	14,07	1,69	0,00	0,00	15,76
A4 - A20	25,77	0,00	0,00	2,72	28,49
A5 - A21	25,77	0,00	0,00	2,72	28,49
A6 - A22	14,07	1,69	0,00	0,00	15,76
A7 - A23	14,55	1,73	0,00	0,00	16,28
A8 - A24	8,61	2,35	0,00	0,00	10,96
A9 - A25	8,61	2,35	0,00	0,00	10,96
A10 - A26	14,55	1,73	1,98	0,00	18,26
A11 - A27	14,07	1,69	1,98	0,00	17,74
A12 - A28	8,52	0,92	0,00	8,40	17,84
A13 - A29	8,52	0,92	0,00	8,40	17,84
A14 - A30	14,07	1,69	1,98	0,00	17,74
A15 - A31	14,55	1,73	1,98	0,00	18,26
A16 - A32	8,61	2,35	0,00	0,00	10,96
				Somatório	272,57

Fonte: Autor (2022)

Na Tabela 8, nota-se que a área de contribuição de cada residência é 272,57 m², sendo maior que a área de captação que possui 217,5 m², acrescentando cerca de 25% às recargas do sistema pluvial, totalizando 545,14 m² ao considerar as duas edificações. Identificando a necessidade de considerar as parcelas das estruturas verticais da cobertura, pois elas acrescentam proporções consideráveis de intercepções das chuvas.

É importante ressaltar que a estrutura analisada não possui danos consideráveis à sua superfície, principalmente, pelo fato de ter sido restaurada recentemente, como também a mesma recebe cuidados assíduos de limpeza. Fatos esses que indicam que a estrutura tem bom potencial de captação.

4.2.3. Estimativa do consumo de água não potável

As principais demandas de água não potável das residências universitárias são atividades de limpeza do local e principalmente do uso das bacias sanitárias, uma vez que os alojamentos comportam um quantitativo considerável de usuários. Os valores foram duplicados, uma vez que existe o alojamento feminino e masculino.

4.2.3.1. Estimativa do consumo das bacias sanitárias

Na tabela 9, são apresentados os resultados dos cálculos do consumo de água das bacias sanitárias nas residências universitárias.

Tabela 9 – Consumo de água das bacias sanitárias

	Taxa de Consumo (L/pessoa/dia)	Número de Usuários	Consumo diário (L)	Consumo Mensal (L)
Semana	24	112	2688	59136
Final de Semana	36	112	4032	36288
			Somatório	95424

Fonte: Autor (2022)

Na Tabela 9, verifica-se um consumo superior a 95 m³ mensais de água potável advindas do abastecimento público para um uso que não demanda uma qualidade de água nobre. Neves (2016) afirma em sua pesquisa que os maiores gastos de água em residências são de bacias sanitárias, dessa forma, utilizar águas de chuva pra essa demanda acarretará em uma significativa economia de água potável.

4.2.3.2. Estimativa do consumo da limpeza

Na Tabela 10 são apresentados os resultados dos cálculos do consumo de água para limpeza nas residências universitárias.

Tabela 10 – Consumo de água pela limpeza

Ambientes	Áreas (m ²)	Taxa (L/m ²)	Frequência Mensal	Consumo Mensal (L)
Quartos	492,8	2	5	4928
Áreas Comuns	287,2	2	25	14360
Escadas	25,88	2	25	1294
Laje	390	2	5	3900
Somatório				24482

Fonte: Autor (2022)

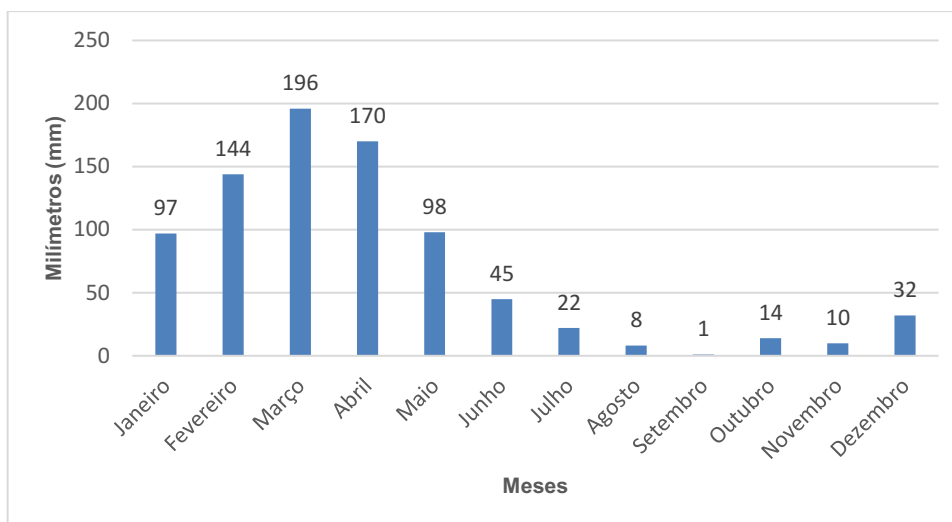
A Tabela 10 mostra que a limpeza tem um consumo de água considerável, acrescentando um gasto mensal de mais de 24000 L desse recurso tão imprescindível apenas para limpeza das estruturas de piso do local.

Portanto, mensalmente são utilizados cerca de 120000 L de água para usos menos nobres, isto é, que não necessitavam de água potável. Faz-se necessário a adoção de sistemas alternativos, como o apresentado neste estudo. É importante destacar que os cálculos foram feitos para a capacidade máxima de pessoas dentro dos alojamentos, que pode vir a acontecer em algum momento, corroborando que os dados são pertinentes para um dimensionamento confiável.

4.2.4. Estudo das séries históricas

A partir dos dados de precipitação obtidos na AESA foram calculadas médias mensais para o intervalo de 1994 até 2021, obtendo informações para conhecer o comportamento das chuvas em Pombal-PB para um período de retorno de 27 anos.

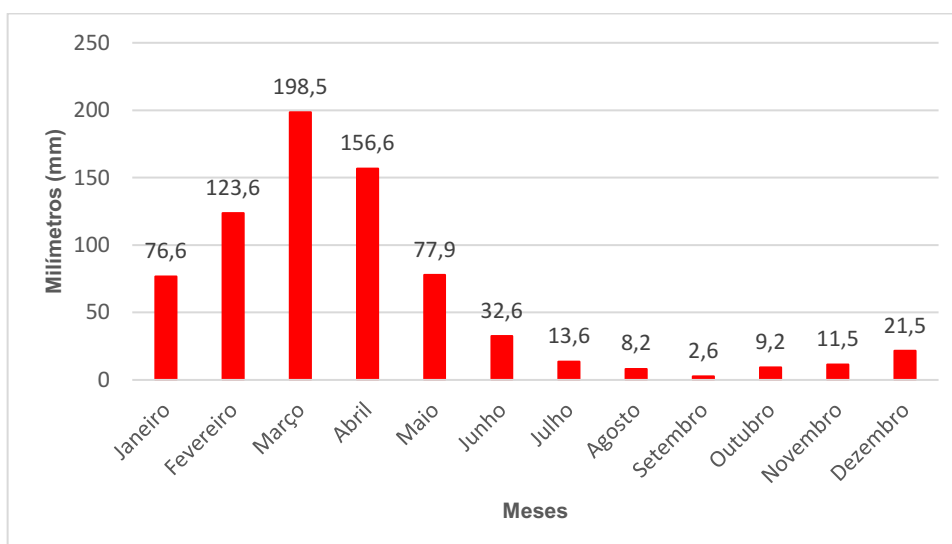
Gráfico 1 – Média de precipitação de Pombal-PB de 1994-2021 (AESAs)



Fonte: Autor (2022)

Observando o Gráfico 1, infere-se que as médias mensais reduzem a partir do mês de junho, tendo janeiro a maio como meses mais chuvosos. A partir da análise do comportamento das chuvas, depreende-se que o município de Pombal-PB apresenta chuvas irregulares.

Gráfico 2– Média de precipitação de Pombal-PB de 1911-1983 e 1993-2011(ANA e AESA)



Fonte: Queiroz e Farias (2013)

Os resultados do estudo de Queiroz e Farias (2013) (Gráfico 2) corroboram com os dados do Gráfico 1, em que os mesmos chegam a resultados semelhantes quanto à variabilidade pluviométrica para um período de 90 anos.

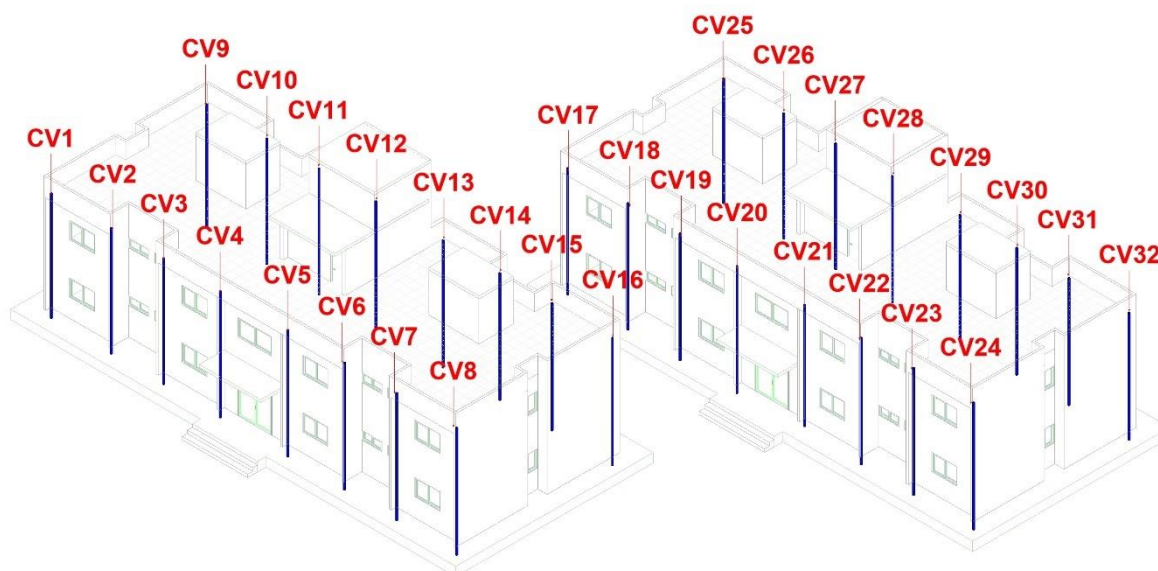
4.2.5. Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica da cidade de Pombal-PB foi obtida pela Equação 5, cujo valor foi de 174,51 mm/h. Em posse dessa constante de cálculo, utilizou-se a Equação 4 para obter a vazão de projeto de cada área de contribuição e, conseqüentemente, conheceu-se as vazões de cada condutor vertical.

4.2.6. Verificação dos condutores verticais

Os condutores verticais são dispostos de acordo com a Figura 14, onde a estrutura comporta os 16 tubos de queda de 100 mm para cada área de contribuição de cada um dos prédios.

Figura 14 – Condutores verticais das residências universitárias



Fonte: Autor (2022)

A Tabela 11 traz a indicação do diâmetro de cada tubo de acordo com os métodos do Uniform Plumbing Code (1973) e de Macintyre (1990) utilizados para esta verificação.

Tabela 11 – Cálculo dos diâmetros dos condutores verticais

Área de Contribuição	Total (m²)	Condutor Vertical	Vazão de Projeto (L/m)	Diâmetro (mm) Uniform Plumbing Code	Diâmetro (mm) Joseph Archibald Macintyre
A8 - A24	10,96	CV1-CV17	31,88	50	50
A7 - A23	16,28	CV2-CV18	47,35	50	50
A6 - A22	15,76	CV3-CV19	45,83	50	50
A5 - A21	28,49	CV4-CV20	82,85	50	50
A4 - A20	28,49	CV5-CV21	82,85	50	50
A3 - A19	15,76	CV6-CV22	45,83	50	50
A2 - A18	16,28	CV7-CV23	47,35	50	50
A1 - A17	10,96	CV8-CV24	31,88	50	50
A16 - A32	10,96	CV9-CV25	31,88	50	50
A15 - A31	18,26	CV10-CV26	53,11	50	50
A14 - A30	17,74	CV11-CV27	51,60	50	50
A13 - A29	17,84	CV12-CV28	51,88	50	50
A12 - A28	17,84	CV13-CV29	51,88	50	50
A11 - A27	17,74	CV14-CV30	51,60	50	50
A10 - A26	18,26	CV15-CV31	53,11	50	50
A9 - A25	10,96	CV16-CV32	31,88	50	50

Fonte: Autor (2022)

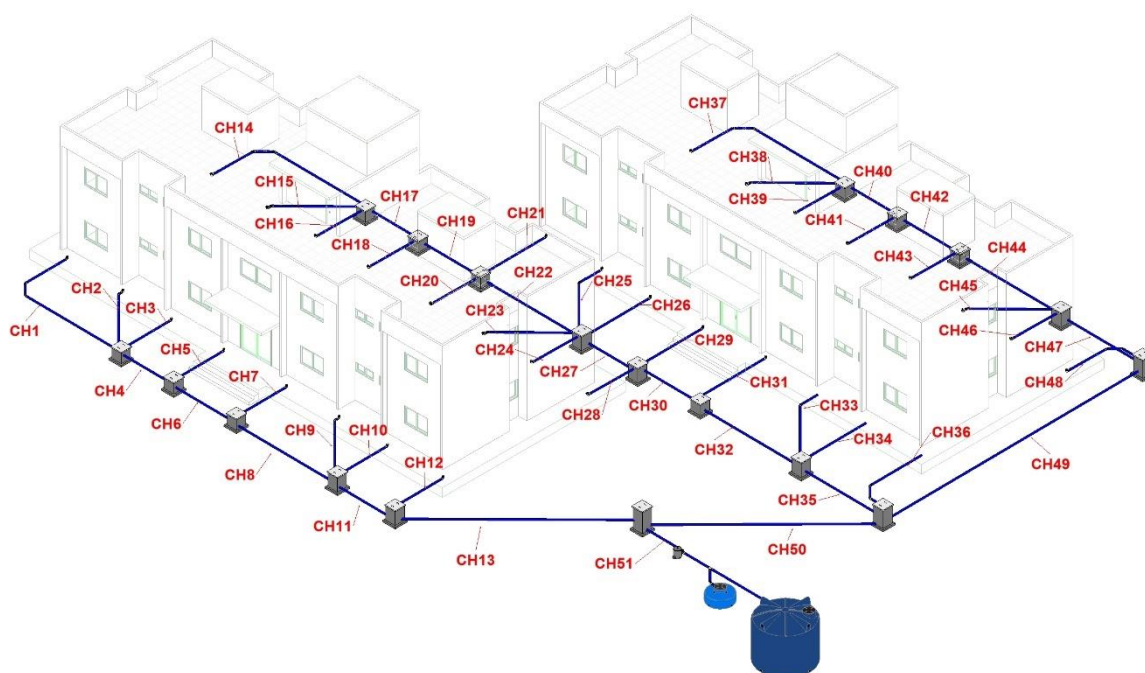
Como pode ser visualizado na Tabela 11, todos os condutores verticais, tanto pelo método do Uniform Plumbing Code quanto pelo método de Macintyre, admitem diâmetros de 50 mm. Esses valores baixos são explicados por um quantitativo alto de tubos presentes no sistema de captação das águas da chuva, resultando em áreas de contribuições pequenas.

De acordo com os métodos, pode-se concluir que os condutores verticais de 100 mm instalados nas residências são suficientes para suportar as vazões calculadas, não havendo necessidade de alteração. Porém, acrescenta-se que as tubulações poderiam ser instaladas com bitolas nominais de 75 mm, diâmetro de tubo PVC comercial e que atende o valor mínimo de 70 mm da NBR 10844 (1989), gerando uma economia na compra desses componentes de drenagem, visto que quanto maior dimensão do tubo maior seu custo de compra.

4.2.7. Dimensionamento dos condutores horizontais

O sistema dos condutores horizontais foi remodelado de forma a reduzir gastos e facilitar a execução das instalações dos componentes, como pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 – Condutores horizontais das residências universitárias



Fonte: Autor (2022)

Buscou-se obter uma maior economia na concepção dos tubos, diminuindo os pontos que necessitam de caixas de inspeção, pois cada instalação desse componente faz com que o orçamento para a execução do sistema seja maior. No entanto, o fato da drenagem pluvial da edificação possuir um número elevado de condutores verticais obriga o sistema a ter muitos pontos de conexões, tornando inevitável não usar os elementos citados.

Conforme apresentado na Figura 15, fez-se uso de 19 caixas de inspeção, não necessitando a instalação desses dispositivos por motivos de trechos retílios com mais de 20 metros, mas sim, apenas nos encontros dos tubos de PVC.

A Tabela 12 mostra o dimensionamento dos condutores horizontais.

Tabela 12 – Dimensionamento dos condutores horizontais

CH's	Vazão (L/m)	D (mm)	Declividade (%)	CH's	Vazão (L/m)	D (mm)	Declividade (%)
CH1	31,88	100	1	CH27	470,12	150	1
CH2	47,35	100	1	CH28	31,88	100	1
CH3	45,83	100	1	CH29	82,85	100	1
CH4	125,06	100	1	CH30	584,85	150	1
CH5	82,85	100	1	CH31	82,85	100	1
CH6	207,91	100	1	CH32	667,70	150	1
CH7	82,85	100	1	CH33	45,83	100	1
CH8	290,76	150	1	CH34	47,35	100	1
CH9	45,83	100	1	CH35	760,88	150	1
CH10	47,35	100	1	CH36	31,88	100	1
CH11	383,94	150	1	CH37	31,88	100	1
CH12	31,88	100	1	CH38	53,11	100	1
CH13	415,83	150	0,5	CH39	51,60	100	1
CH14	31,88	100	1	CH40	136,59	100	1
CH15	53,11	100	1	CH41	51,88	100	1
CH16	51,60	100	1	CH42	188,47	100	1
CH17	136,59	100	1	CH43	51,88	100	1
CH18	51,88	100	1	CH44	240,35	100	1
CH19	188,47	100	1	CH45	51,60	100	1
CH20	51,88	100	1	CH46	53,11	100	1
CH21	31,88	100	1	CH47	345,05	150	1
CH22	272,23	100	1	CH48	31,88	100	1
CH23	51,60	100	1	CH49	376,94	150	1
CH24	53,11	100	1	CH50	1169,70	200	0,5
CH25	47,35	100	1	CH51	1585,53	200	1
CH26	45,83	100	1				

Fonte: Autor (2022)

Todos os diâmetros obtidos foram maiores de 100 mm devido a condição que os condutores verticais possuem, não admitindo-se que um condutor horizontal possua diâmetro menor. Adotou-se 1 % de inclinação para todos os tubos para facilitar a execução do projeto, exceto os condutores horizontais 13 e 50, pois necessitavam inclinações menores por serem os trechos finais do sistema apresentando maiores comprimentos. Não foram obtidos canos com os diâmetros nominais elevados, mesmo com muitas junções das vazões contribuintes, o maior valor foi de 200 mm dos condutores horizontais número 50 e 51.

4.2.8. Dimensionamento do reservatório

O reservatório foi dimensionado pelos métodos de Rippl e de Azevedo Neto presentes na NBR 15527 (ABNT, 2007), visto que suas metodologias atendem os requisitos do dimensionamento proposto.

O dimensionamento pelo método de Rippl pode ser visualizado na Tabela 13:

Tabela 13 – Método de Rippl

Mês	Chuva Média (m)	A (m ²)	C	D (m ³)	Q (m ³)	S (m ³)	V (m ³)
Janeiro	0,077	545,14	0,85	119,9	35,49	84,41	84,41
Fevereiro	0,124	545,14	0,85	119,9	57,27	62,63	147,03
Março	0,199	545,14	0,85	119,9	91,98	27,92	174,95
Abril	0,157	545,14	0,85	119,9	72,56	47,34	222,29
Mai	0,078	545,14	0,85	119,9	36,10	83,80	306,09
Junho	0,033	545,14	0,85	119,9	15,11	104,79	410,89
Julho	0,014	545,14	0,85	119,9	6,30	113,60	524,49
Agosto	0,008	545,14	0,85	119,9	3,80	116,10	640,59
Setembro	0,003	545,14	0,85	119,9	1,20	118,70	759,28
Outubro	0,009	545,14	0,85	119,9	4,26	115,64	874,92
Novembro	0,012	545,14	0,85	119,9	5,33	114,57	989,49
Dezembro	0,022	545,14	0,85	119,9	9,96	109,94	1099,43

Fonte: Autor (2022)

Analisando a Tabela 13, os valores obtidos pelo método de Rippl é possível identificar na sétima coluna (S) que o reservatório em nenhum momento chegou a extravasar, dado que todos os seus valores estão positivos.

Outrossim, o método trouxe um resultado de volume do reservatório muito alto, chegando ao valor de quase 1100 m³ para atender a demanda não potável. Essas aferições são explicadas pelo fato das residências universitárias possuírem um consumo elevado de água pelos seus usuários, ocasionando déficit em que a demanda é maior do que as vazões captadas.

O método Azevedo Neto necessitou observar as médias mensais obtidas no Gráfico 2 de Queiroz e Farias (2013), que se mostrou mais completo pelo tempo maior de retorno, obtendo-se 7 meses com precipitações menores que 51,4 mm, ou seja, meses secos ou com pouca chuva. Os resultados do dimensionamento por esse método podem ser vistos na Tabela 14:

Tabela 14 – Método Azevedo Neto

Chuva média anual (mm)	732,4
Área captada (m²)	545,14
Meses com pouca chuva	7
Volume anual (m³)	117,383

Fonte: Autor (2022)

Pelo método de Azevedo Neto chegou-se a um valor de volume de reservatório de aproximadamente 118 m³, valor também bastante elevado, embora seja bem menor que o calculado para o método de Rippl.

Essas técnicas de dimensionamento levam em consideração parâmetros que devem ser observados com cuidado. O método de Azevedo Neto fornece grandes volumes pelo fato da região ser localizada no Semiárido, apresentando muitos meses secos, fator primordial para esse volume exacerbado do reservatório.

Esses volumes de reservação calculados anteriormente são inviáveis, tanto pelo fato construtivo da estrutura, em que o solo presente não possui capacidade de resistência suficiente para esses portes de reservatório, quanto pela viabilidade econômica da construção.

Contudo, como identificado que o principal parâmetro problemático do método Rippl é a demanda de água, reduziu-a para se chegar a um dimensionamento viável para a realidade atual, uma vez que neste método pode-se variar este parâmetro, posto que o método Azevedo Neto não possibilita mudança nos dados para o cálculo do reservatório.

Para o novo dimensionamento, considerou que a demanda foi em torno de 1/3 do consumo mensal de água com limpeza (Tabela 10), chegando ao valor de 8160 L ou 8,16 m³ de água (Tabela 15). Dessa forma, o sistema de captação de água de chuva fornecerá abastecimento complementar às atividades de limpeza da edificação, deixando explícito que o uso do sistema seja para a limpeza da laje e dos quartos, que somados chegam a um consumo mensal de 8,83 m³, ou seja, o sistema dimensionado para assegurar 8,16 m³ mensais suprirá mais de 92% dessas atividades de limpeza dos locais descritos anteriormente.

Tabela 15 – Método de Rippl para 1/3 da demanda de água não potável da limpeza das residências universitárias

Mês	Chuva Média (m)	A (m²)	C	D (m³)	Q (m³)	S (m³)	V (m³)
Janeiro	0,077	545,14	0,85	8,16	35,49	-27,33	0,00
Fevereiro	0,124	545,14	0,85	8,16	57,27	-49,11	0,00
Março	0,199	545,14	0,85	8,16	91,98	-83,82	0,00
Abril	0,157	545,14	0,85	8,16	72,56	-64,40	0,00
Mai	0,078	545,14	0,85	8,16	36,10	-27,94	0,00
Junho	0,033	545,14	0,85	8,16	15,11	-6,95	0,00
Julho	0,014	545,14	0,85	8,16	6,30	1,86	1,86
Agosto	0,008	545,14	0,85	8,16	3,80	4,36	6,22
Setembro	0,003	545,14	0,85	8,16	1,20	6,96	13,17
Outubro	0,009	545,14	0,85	8,16	4,26	3,90	17,07
Novembro	0,012	545,14	0,85	8,16	5,33	2,83	19,90
Dezembro	0,022	545,14	0,85	8,16	9,96	-1,80	18,10

Fonte: Autor (2022)

A partir da alteração, chegou-se a um volume de reservatório com capacidade de 20000 L ou 20 m³, viabilizando a construção desse componente na região de estudo. Essa alteração é justificada pela característica da edificação, que possui uma demanda alta de água não potável e toda economia advinda de reaproveitamento é importante para economia de recursos públicos.

Para calcular o volume dos reservatórios superiores foi necessário conhecer o consumo diário de água não potável, assegurando-se o abastecimento para 3 dias. Assim como no método de dimensionamento, foi utilizado cerca de 1/3 da demanda da água da limpeza para determinar esses reservatórios.

O gasto mensal com limpeza dessas partes da edificação é de 8828 L, diariamente gasta-se em média de 295 L, portanto em 3 dias são gastos quase 900 L. Dessa forma pode afirmar que cada residência universitária consome cerca de 450 L em 3 dias, determinando que em cada cobertura será instalada uma caixa de água de 500 L para suprir às demandas, necessitando o acionamento da bomba somente a cada 3 dias.

Utilizando a Equação 10 para calcular o volume do reservatório de descarte, chegou-se ao resultado de 1 m³ para compor o sistema.

O tipo de material escolhido para o reservatório inferior, superior e de descarte foi o de polietileno. Carvalho Júnior (2012) cita seus benefícios em relação a outros

tipos de materiais, como: o menor acúmulo de sujeira, material leve, encaixe preciso dos tubos e facilidade de transporte, instalação e manutenção.

4.2.9. Dimensionamento do sistema elevatório

Os dados de dimensionamento para as tubulações de recalque e sucção são mostrados na Tabela 16.

Tabela 16 – Dimensionamento da tubulação de recalque e sucção

Tubulação de recalque e sucção	
Tempo de funcionamento	0,167 h/dia
Vazão da bomba	0,000556 m ³ /s
Diâmetro de recalque	8,85 mm
Diâmetro adotado	25 mm
Diâmetro de Sucção	32 mm

Fonte: Autor (2022)

Na Tabela 17, tem-se os valores referentes aos cálculos da altura manométrica do sistema.

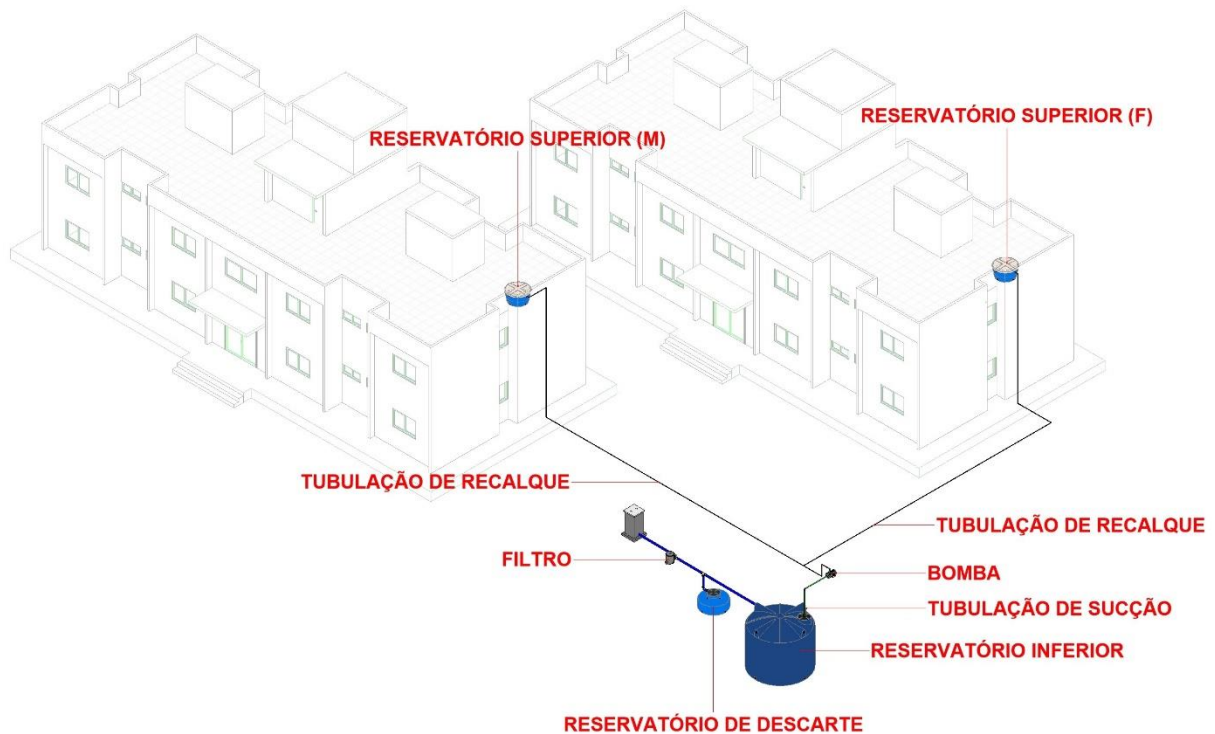
Tabela 17 – Dimensionamento da altura manométrica total

	Recalque	Sucção
Altura Geométrica (m)	6,9	2
L equivalente (m)	7,8	13,9
L real (m)	52,02	3,54
L total (m)	59,82	17,44
Fator de Perda de carga (%)	4,1	4,1
Δh (m.c.a.)	2,453	0,715
Δh total (m.c.a.)	3,168	
Altura manométrica total (m)	12,068	

Fonte: Autor (2022)

A partir da altura manométrica total calculada e da vazão de 2 m³/h determinada, foi possível obter um modelo de bomba ideal para o sistema, a mesma é do modelo BC-98, com 1/3 cv de potência, monofásico com pressão máxima de 18 m.c.a. O sistema pode ser visto na Figura 16.

Figura 16– Sistema de recalque



Fonte: Autor (2022)

4.3. Vantagens da implantação do sistema de reúso das águas da chuva

Identificou-se que a água que era escoada diretamente para o terreno causava danos à sua superfície. Com a medida aqui proposta, ela será encaminhada para um reservatório por meio das canalizações, para minimizar a erosão do solo e alagamentos nos pontos dos tubos de queda.

O reúso de água também é um importante instrumento no manejo dos recursos hídricos, promovendo redução do desperdício de água utilizável e enquadrando o local em moldes de gestão sustentável (RANGEL, 2016; SILVA; CARVALHO; CARDOSO, 2019).

Devido à alta demanda de água no local de estudo, onde apenas o consumo de água não potável calculado neste trabalho o valor é cerca de 120 m³, utilizou a taxa de 14,97 reais para cada 1 m³ excedido após o consumo ultrapassar os 10 m³ (Tabela 18).

Tabela 18– Redução do valor da conta de água mensal e anual das residências universitárias

Desconto mensal:	R\$ 122,16
Desconto anual:	R\$ 1465,92

Fonte: Autor (2022).

A redução no valor da conta mensal e anual pode ser visualizada na Tabela 18, o consumo mensal advindo do sistema de reúso é de 8,16 m³.

5. CONCLUSÕES

O local de estudo possui um alto potencial de reúso de água pluvial, identificando-se áreas consideráveis de contribuição, assim como uma cobertura em bom estado estrutural que recebe cuidados assíduos de limpeza. Os condutores verticais atendem às exigências da NBR 10.844 (1989), e tiveram seus diâmetros nominais verificados com base nos métodos de Uniform Plumbing Code (1973) e Joseph Archibald Macintyre (1990).

O volume do reservatório inferior dimensionado pelo método de Rippl foi de 1100 m³, já para o método de Azevedo Neto obteve-se um volume de 118 m³, estruturas essas que pelas grandes dimensões tornam-se inviáveis estruturalmente e economicamente. Dessa forma, admitiu-se um valor menor de consumo hídrico da população atendida, destinados à limpeza da laje e dos quartos, obtendo um volume do reservatório inferior de 20 m³ pelo método de Rippl, tornando o sistema exequível.

Para os reservatórios superiores dimensionou-se caixas de polietileno com capacidade de 500 L para cada residência. A bomba centrífuga dimensionada é do modelo BC-98, com 1/3 cv de potência, monofásica com pressão máxima de 18 m.c.a.

Com o advento da implantação do sistema de reúso das recargas pluviométrica nas residências universitárias do CCTA, ocorrerá uma redução anual de 1465,92 reais nas contas água, em que o sistema atenderá em torno de 8,16 m³ da demanda hídrica de limpeza das duas edificações públicas.

Sugestões para seguimento do estudo:

- Realizar um orçamento completo que além dos componentes do sistema, agregue os serviços de obra e custos de manutenção, assim obtendo-se um período de retorno do valor investido e a possibilidade de acrescentar mais reservatórios de armazenamento;
- Realizar uma análise de viabilidade econômica de mudança no projeto atual, visto que poderia ser reduzida a quantidade de condutores verticais, conseqüentemente diminuindo tubulações, como também a redução das caixas de inspeção, deixando o projeto menos oneroso;
- Incluir análises de qualidade de potabilidade da água, possibilitando outros usos mais nobres;

- Estender as propostas para as outras áreas construídas do *campus*, possibilitando o melhor uso e maior conscientização das pessoas que o integram.

REFERÊNCIAS

AESA. METEOROLOGIA – CHUVAS. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/> >. Acesso em: 18 maio. 2022.

AMORIM, S. V. de.; PEREIRA, D. J. de. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br>. Acesso em: 07 jun. 2022.

ASA – Articulação Semiárido Brasileiro. **Programa Um Milhão de Cisternas**. Brasília - DF, 2022. Disponível em: < <https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc> >. Acesso em: 15 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

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

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de Hidráulica**. Ed. Edgard Blucher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998.

BARBOZA JÚNIOR, P. C. **Manual técnico: instalação de sistemas de captação, armazenamento e aproveitamento de água da chuva.** 2019. 25 p. Produção do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA. Universidade do Estado do Amazonas, Amazonas – MA, 2019.

BERTOLO, E. de. J. P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações.** 2006. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

BEZERRA, S. M. da. C.; CHRISTIAN, P. de.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.

BRASIL. Lei Federal n.º 9433 de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.** Brasília, DF, 08 de janeiro de 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm >. Acesso em: 01 jul. 2022.

BRASIL. Lei Federal nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.** Brasília, DF, 30 de outubro de 2017. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2017/lei/L13501.htm >. Acesso em: 01 jul. 2022.

BRESSAN, C. P. **Levantamento de técnicas para o dimensionamento de condutores verticais em instalações prediais de águas pluviais.** 2006. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade São Francisco – USF, Itatiba-SP, 2006.

BONA, B. de. O. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho-RS.** 2014. 34 f. Monografia – Universidade Federal de Santa Maria, Panambi, 2014.

CAGEPA. Estrutura Tarifária / Tabela Serviços. Disponível em: <
<https://agenciavirtualcagepa.gsan.com.br/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortaICagepaAction.do>>. Acesso em: 06 jul. 2022.

CAMPISANO, A.; BUTLER, D.; WARD, S.; BURNS, M. J.; FRIEDLER, E.; DEBUSK, K.; FisherJeffes, L. N.; GHISI, E.; RAHMAN, A.; FURUMAI, H.; HAN, M. **Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives.** Water Research, v.115, p.195-209, 2017.

CARVALHO JÚNIOR, R. de. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura.** 5. ed. São Paulo: Blucher, 2012. 315 p.

CHAIB, E. B.; RODRIGUES; F. C.; MAIA B. H.; NASCIMENTO, N. de. O. Avaliação do potencial de redução do consumo de água potável por meio da implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações unifamiliares. **RBRH**, Porto Alegre - RS, vol. 20 n.3, p. 605 – 614, 2015.

CORDATO, L. S. S. **Dimensionamento de sistema de aproveitamento de águas pluviais em bloco de água da UFCG – Campus Pombal.** 2022. 73 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Pombal 2022.

DASMASCENO, D. A. B.; PINHEIRO, I. C. **Projeto de captação de água de chuva no Laboratório de Engenharia Civil do campus Alto Paraopeba – UFSJ.** 2015. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de São João del - Rei – UFSJ, Ouro Branco – MG, 2015.

DORNELLES, F.; TASSI; R.; GOLDENFUM J. A.; NASCIMENTO, N. de. O. Avaliação das Técnicas de Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento de Água de Chuva. **RBRH**, Porto Alegre - RS, vol. 15 n.2, p. 59 – 68, 2010.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cisterna de enxurrada**. Brasília – DF, 2017. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/3951001/cisterna-de-enxurrada> >. Acesso em: 30 de jun. 2022.

FRANCO, R. de. P. **Captando consciência**: uma proposta de um sistema piloto de aproveitamento de água de chuva. 2020. 108 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2020.

FLESCHE, V. da. C. **Aproveitamento de águas pluviais**: Análise do projeto de um edifício vertical. 2011. 65f. Monografia (Graduação e, Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

GERALDI, M. S. **First Flush: a importância do descarte das primeiras chuvas**. Florianópolis: RainMap, 2018. Disponível:< <https://rainmap.com.br/a-importancia-do-descarte-das-primeiras-chuvas/> >. Acesso em: 13 de jul. 2022.

GHISI, E.; BRESSAN, D.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building Environ.**, v. 42, n. 4, p. 1654-1666, 2007.

GHISI, E. **Parameters Influencing the Sizing of Rainwater Tanks for Use in Houses**. *Water Resour Manage*, v.24, p.2381-2403, 2010.

KARLINSKI, T. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificações de ensino**: estudo de caso em São Luiz Gonzaga – Rio Grande do Sul. 2015. 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2015.

KLEIN, S. **Estudo projetual para o aproveitamento de água pluvial em uma edificação multifamiliar no município de Joinville-SC**. 2019. 114p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville-SC. 2019.

MACINTYRE, J. A. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. Rio de Janeiro, 1990. 324p.

MACHADO, R. P. **Análise da Viabilidade Ambiental e Econômica da Implantação de Dispositivos de Aproveitamento de Águas Pluviais**. 2013. 62f. Monografia (Graduação em Engenharia civil) - Universidade Federal do ABC, São Paulo, 2013.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MENDES JUNIOR, J. M.; ROCHA, J. H. dos. S.; CHAVES, T. U.; NASCIMENTO, R. O. do. Reutilização de água da chuva. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 06, Vol. 05, pp. 66-90. 2020.

MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. **Análise do potencial de economia de água tratada através da utilização de água pluvial em Santa Catarina**. 2004. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2004.

MORUZZI, R. B.; CARVALHO, G., OLIVEIRA, C. Procedimentos para o dimensionamento de reservatório de água pluvial para residências unifamiliares: viabilidade e aprimoramento metodológico. **Teoria Prática Eng. Civil**, v. 19, p. 89-99, 2012.

OLIVEIRA, N. M de.; SILVA, M. P. da.; CARNEIRO, V. A. Reuso da água: um novo paradigma de sustentabilidade. **Rev. Geo. UEG**, Porangatu-GO, v.2, n.1, p.146-157, 2013.

OLIVEIRA, V. S. M. de. **Dimensionamento de canal utilizando como modelo chuva-vazão o método Santa Bárbara**. 2021. 125 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande. Pombal-PB. 2021.

ONU. **A ONU e a Água**. 2017. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/acao/agua/> >. Acesso em: 18 abr. 2022.

PARAÍBA. Lei Estadual n.º 9.433, de 27 de maio de 2010. **Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas da Paraíba, conforme especifica e adota outras providências. João Pessoa, PB, 27 de maio de 2010**. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=146163> >. Acesso em: 20 jun. 2022.

PARAÍBA. Lei Estadual nº 10.033, de 03 de julho de 2013. **Institui a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento da Água da Chuva no Estado da Paraíba, e dá outras providências**. João Pessoa, PB, 03 de julho de 2013. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=310531> >. Acesso em: 20 jun. 2022.

QUEIROZ, M. M. F. de.; FARIAS, C. A. S. de. Potencial de aproveitamento de águas fluviais não potáveis no campus da UFCG em Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró-RN, v.8, n.1, p-294-279, jan - mar, 2013.

RAMOS, M. R. **Gestão Pública Sustentável: Aproveitamento das águas pluviais na UFCG campus de Pombal**. 34 fls. 2021. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Pombal 2021.

RANGEL, M. L. **Análise de viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais no Pólo Universitário da cidade de Macaé – RJ**. 2016. 159 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Macaé – RJ. 2016.

REIBER, M. **Social-Economic influences on the rainfall harvesting potential on large-city scale: assessments for the municipality of Belo Horizonte, Brazil**.

2012. 112 f. Master (thesis) - Universidade de Munique e Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

RIBEIRO, A. K. M.; MARIONOSKI, D. L: **Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistema de aproveitamento de água pluvial residenciais**. Mix Sustentável, Florianópolis, v.6, n.2, p. 53-66, maio. 2020.

ROEBUCK, R. M.; OLTEAN-DUMBRAVA, C.; TAIT, S. Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom. **Water Environ. J.**, v. 25, n. 3, p. 355-365, 2011.

SANT'ANA, D. R.; MEDERIOS, L. B. P. **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações**: padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção. Brasília, 2017. 68 p. Reuso-DF: aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações do Distrito Federal. Relatório Final 1/2017.

SATURNINO, G. A.; ANGELINI, L. S. **Dimensionamento de um sistema de captação e distribuição de águas pluviais para uso não potável**. Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. 2018.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Tabela para seleção de bombas e motobombas**. Joinville. 2019. Disponível em: < https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/264019/schneider_tabela_selecao_01-2019_rev08.pdf >. Acesso em: 01 jul. 2022.

SEGALA, M. **Água**: a escassez na abundância. Planeta Sustentável. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/populacao-falta-agua-recursos-hidricos-graves-problemas-economicos-politicos-723513.shtml>. Acesso em: 23 abri. 2022.

SILVA, A. R. e.; BORJA, P. C. Aproveitamento de água de chuva no Brasil: avanços e limitações dos aspectos legais. In: CONGRESSO ABES FENASAN 2017. **Anais...**, v. IV, p.152-160. 2017.

SILVA, F. P. da.; CARVALHO, C. V. de. A.; CARDOSO, A. M. Gestão da água: importância de políticas públicas para a implementação do reuso de água no Brasil. **Rev. Episteme Transversalis**, Volta Redonda-RJ, v.10, n.2, p.309-322, 2019.

SILVA, J. R. **Estimativa do potencial de captação de águas pluviais no Campus da UFCG em Pombal – PB**. 2017. 46f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, 2017.

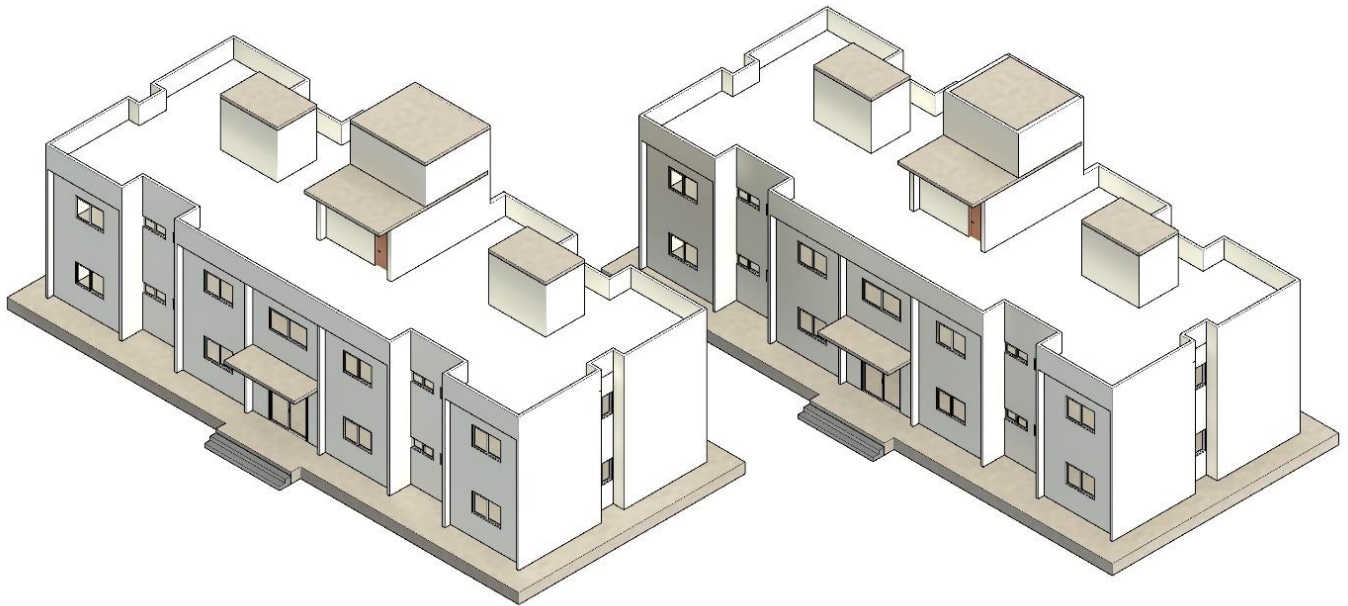
SUASSUNA, JOÃO. **Água**, artigo de João Suassuna. 2019. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/artigos-joao-suassuna/10628-agua-artigo-de-joao-suassuna>. Acesso em: 22 abr. de 2022.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Guarulhos: Navegar, 2010. 486 p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**. São Paulo: Navegar, p.530, 2013.

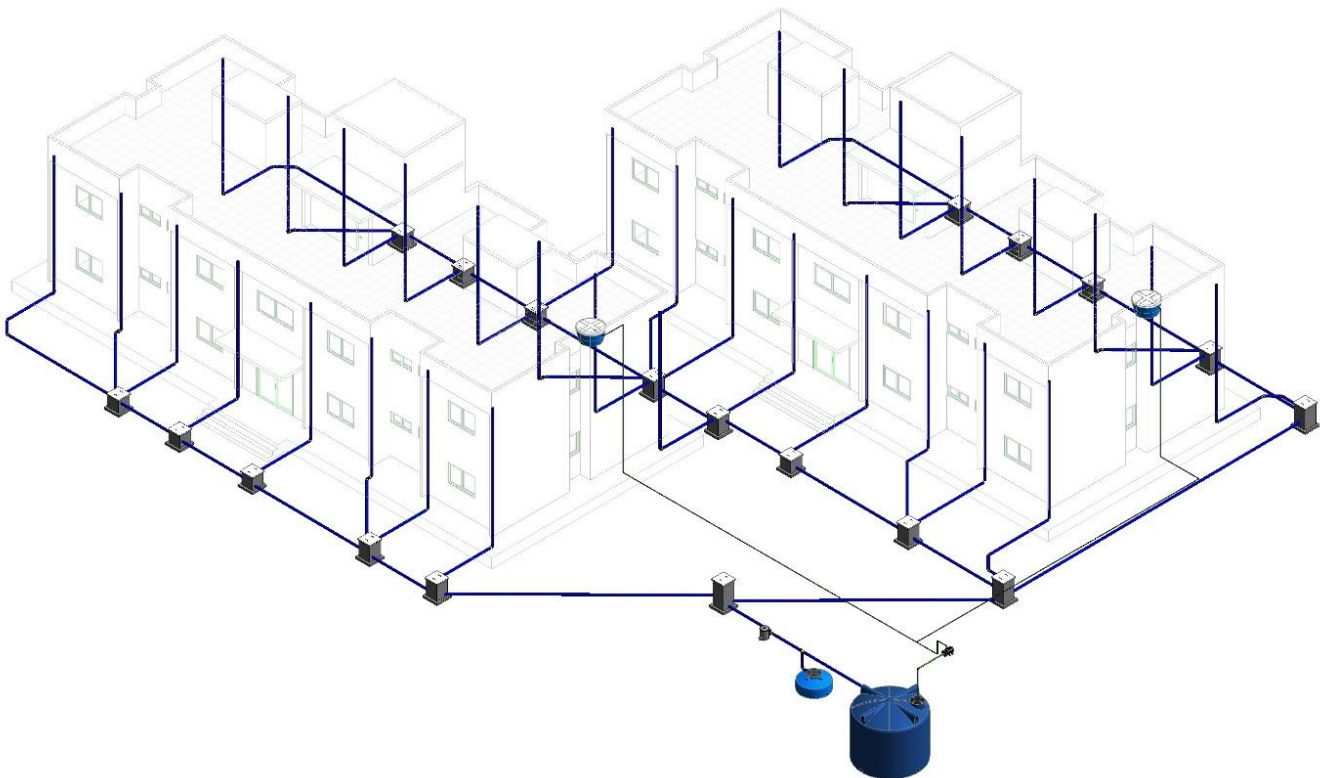
APÊNDICES

APÊNDICE A – Arquitetura dos prédios das residências universitárias.



Fonte: Autor (2022).

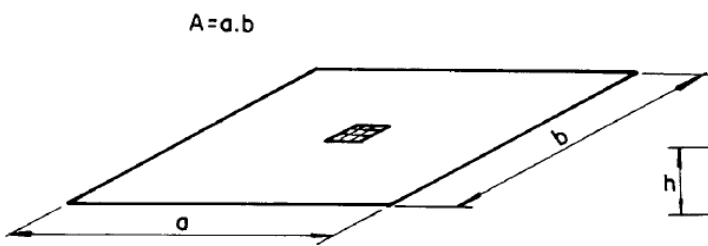
APÊNDICE B – Esquema do aproveitamento das águas pluviais.



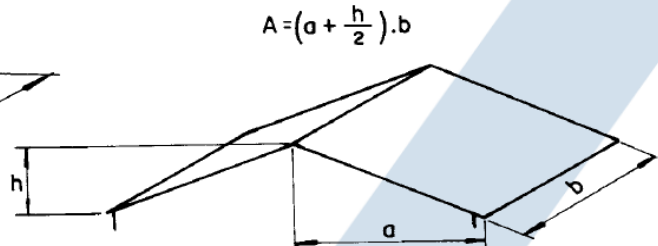
Fonte: Autor (2022).

ANEXOS

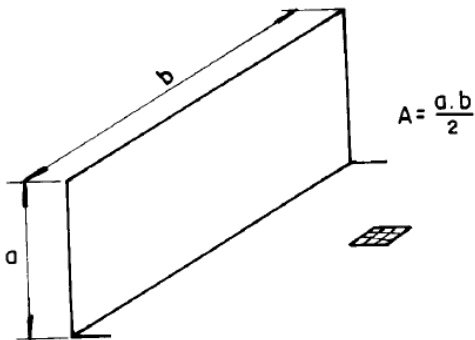
ANEXO A - Indicações para cálculos da área de contribuição.



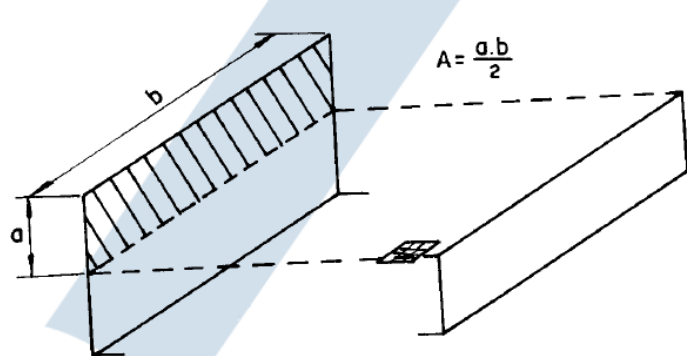
(a) Superfície plana horizontal



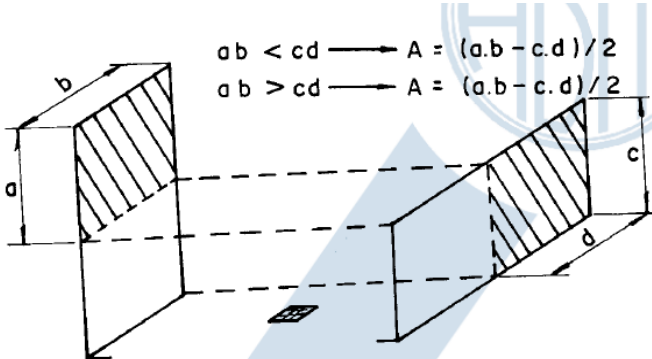
(b) Superfície inclinada



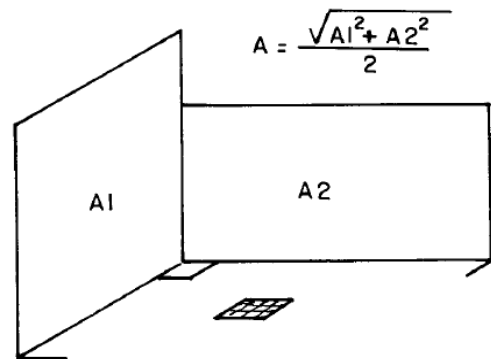
(c) Superfície plana vertical única



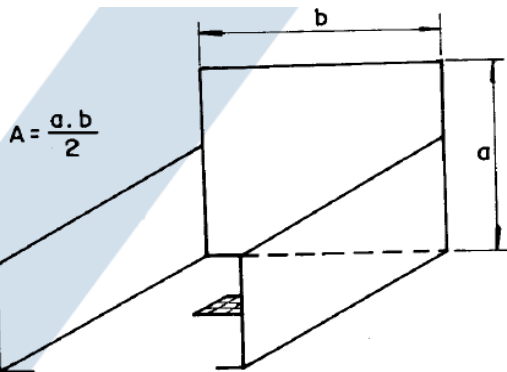
(d) Duas superfícies planas verticais opostas



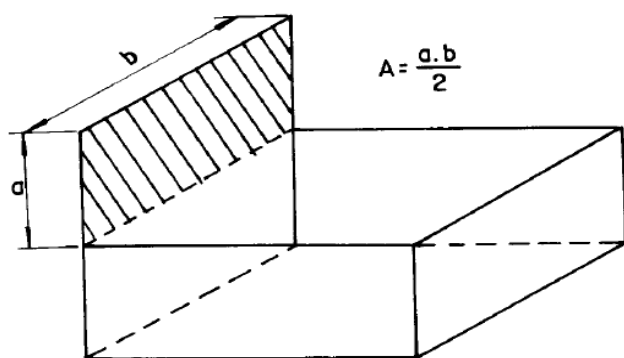
(e) Duas superfícies planas verticais opostas



(f) Duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares



(g) Três superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares, sendo as duas opostas adjacentes



(h) Quatro superfícies planas verticais, sendo uma com maior altura

Fonte: NBR 10844 (1989).

ANEXO B - Série histórica de chuvas em Pombal entre 1994 e 2021.

Ano/Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1994	130,4	155,2	93,2	148	159	183	43	0	0	0	0	30
1995	17,6	62,4	291,2	234,6	253	31,2	61,2	0	0	6	28,4	0
1996	87,9	126,6	153,2	360,8	96	14,4	13,6	7	0	0	11	7
1997	120,4	66,2	154,4	133	133,2	0	23,2	8	0	0	8,5	47,5
1998	172,7	67,2	143,5	33	24	0	22	5,5	0	0	0	0
1999	29,6	6,2	324,2	21,9	132,3	8,4	1,5	0	0	13	42,5	115,3
2000	45,2	137,5	204,6	244,1	53,4	46	67,2	47,4	7,1	0	11,2	65,4
2001	4,8	4	230,6	68	8	40,9	10,8	0	0	18,2	0	10,6
2002	299,9	173,6	174,1	200,3	151,4	31	6	0	4	0	0	0
2003	97,4	227,2	266,2	124,1	63,7	8,5	14,8	0	0	0	14	10,4
2004	575,4	437,9	209,8	52,6	28,6	157,6	21,2	5	0	0	0	12
2005	20,3	69,6	205,8	56,8	140,3	50,7	0	0	0	0	0	94,3
2006	2,3	373,8	215,7	213,5	127,5	21,9	7,8	9,1	0	5,3	0	0
2007	2,1	379,7	58,3	210,3	132,3	21	22,5	0	0	0	0	0
2008	87	78,7	474,4	333,7	151	29,6	31,7	5	0	0	0	11,7
2009	92,3	200,4	159,4	397,1	218,3	91,3	28,6	102	0	0	0	36,5
2010	117,2	141	98	288,4	5	63,9	0	0	0	230	0	74,7
2011	172,2	224	20,5	197,8	219,4	36,5	21,8	0	0	55,5	11,6	0
2012	47,6	62,4	51,7	83,7	5,3	17,2	11	0	0	0	0	0
2013	56,2	15	132,3	105,9	25,8	60,5	51,8	9,2	0	5,9	14,7	62,4
2014	0	50,5	284,7	99,9	142,1	31,7	9,5	0	8,4	9,6	77	0
2015	0	102,7	228,6	86	57,5	173	28,3	0	0	0	0	0
2016	111,1	78,4	230,6	71,1	6,4	17,5	0	0	0	0	0	12,9
2017	77,1	83,1	205,5	114,4	12,7	39,7	53,9	0	0	0	3,7	26,8
2018	59,4	256	101,9	188,4	42,4	8,2	0	0	0	2,6	3,5	68,2
2019	143,6	77,5	273	104,2	36,4	2,7	20,4	0	0	0	0	1,8
2020	119,3	173,7	262,7	305,1	246,9	72,2	5,4	0	0	0	21,7	40,1
2021	12,2	174,3	215,8	283,3	67,6	0	18,4	0	0	19,1	4,7	146,4

Fonte: Adaptado da AESA (2022).

ANEXO C – Tabelas de carga em tubulações de PVC (%).

Perda de Carga em Tubulações de PVC (Valores em %)													
DC Ø Comercial (Pol)	3/4"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
DN Ø Nominal (mm)	20	25	32	40	50	65	75	100	125	150	200	250	300
DE Ø Externo (mm)	25	32	40	50	60	75	85	110	125	170	222	274	326
Vazão m³/h	Perdas de carga em 100 metros de tubos novos de PVC												
0,5	1,2	0,4	0,1										
1,0	4,0	1,2	0,4	0,1	0,1								
1,5	8,2	2,5	0,8	0,3	0,1								
2,0	13,5	4,1	1,3	0,5	0,2	0,1							
2,5	20,0	6,0	2,0	0,7	0,3	0,1	0,1						
3,0	27,5	8,3	2,7	0,9	0,4	0,1	0,1						
3,5	36,0	10,8	3,5	1,2	0,5	0,2	0,1						
4,0	45,4	13,7	4,5	1,5	0,6	0,2	0,1						
4,5	55,8	16,8	5,5	1,9	0,8	0,3	0,1						
5,0	67,1	20,3	6,6	2,3	0,9	0,3	0,2	0,1					
5,5	79,3	23,9	7,8	2,7	1,1	0,4	0,2	0,1					
6,0	92,4	27,9	9,1	3,1	1,3	0,4	0,2	0,1					
6,5		32,1	10,4	3,6	1,4	0,5	0,3	0,1					
7,0		36,5	11,9	4,1	1,6	0,6	0,3	0,1					
7,5		41,2	13,4	4,6	1,9	0,6	0,4	0,1					
8,0		46,1	15,0	5,2	2,1	0,7	0,4	0,1					
8,5		51,3	16,7	5,8	2,3	0,8	0,4	0,1					
9,0		56,6	18,5	6,4	2,6	0,9	0,5	0,1					
9,5		62,3	20,3	7,0	2,8	1,0	0,5	0,2	0,1				
10,0		68,1	22,2	7,7	3,1	1,1	0,6	0,2	0,1				
12,0		93,7	30,5	10,6	4,2	1,5	0,8	0,2	0,1				
14,0			40,0	13,9	5,5	1,9	1,1	0,3	0,1				
16,0			50,5	17,5	7,0	2,4	1,3	0,4	0,1				
18,0			62,1	21,5	8,6	3,0	1,6	0,5	0,2	0,1			
20,0			74,7	25,9	10,3	3,6	2,0	0,6	0,2	0,1			
25,0				38,2	15,2	5,3	2,9	0,9	0,3	0,1			
30,0				52,6	21,0	7,3	4,0	1,2	0,4	0,1			
35,0				68,9	27,5	9,6	5,3	1,6	0,5	0,2	0,1		
40,0				87,0	34,7	12,1	6,7	2,0	0,6	0,2	0,1		
45,0					42,6	14,9	8,2	2,4	0,8	0,3	0,1		
50,0					51,3	18,0	9,8	2,9	0,9	0,3	0,1		
55,0					60,6	21,2	11,6	3,4	1,1	0,4	0,1		
60,0					70,5	24,7	13,5	4,0	1,3	0,5	0,1		
65,0					81,1	28,4	15,6	4,6	1,5	0,5	0,2	0,1	
70,0					92,4	32,4	17,7	5,2	1,7	0,6	0,2	0,1	
75,0						36,5	20,0	5,9	1,9	0,7	0,2	0,1	
80,0						40,9	22,4	6,6		0,8	0,2	0,1	
85,0						45,4	24,9	7,3	2,4	0,9	0,2	0,1	
90,0						50,2	27,5	8,1	2,6	1,0	0,3	0,1	
95,0						55,2	30,2	8,9	2,9	1,1	0,3	0,1	
100,0						60,4	33,1	9,7	3,2	1,2	0,3	0,1	0,1
120,0						83,1	45,5	13,4	4,3	1,6	0,4	0,2	0,1
150,0							67,2	19,8	6,4	2,4	0,7	0,2	0,1
200,0								32,7	10,6	3,9	1,1	0,4	0,2
250,0								48,4	15,7	5,8	1,6	0,6	0,3
300,0								66,6	21,6	7,9	2,2	0,8	0,4
350,0								87,2	28,2	10,4	2,9	1,1	0,5
400,0									35,7	13,1	3,7	1,4	0,6
450,0									43,8	16,2	4,5	1,7	0,7
500,0									52,7	19,4	5,4	2,0	0,9
600,0									72,5	26,7	7,5	2,8	1,2
700,0									95,0	35,0	9,8	3,6	1,6
800,0										44,2	12,4	4,6	2,0

Fonte: SCHNEIDER MOTOBOMBAS (2019).