



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**PROJETO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS
NÃO POTÁVEIS**

Audrey Luiza Almeida Gonçalves

**Belo Horizonte
2022**

Audrey Luiza Almeida Gonçalves

**PROJETO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS
NÃO POTÁVEIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr^a. Luciana Peixoto Amaral

Coorientador: Prof. M.Sc. Túlio Cesar Floripes Gonçalves

Belo Horizonte

2022

ATA Nº 3 / 2022 - DCTA (11.55.03)

Nº do Protocolo: 23062.005691/2022-22

Belo Horizonte-MG, 09 de fevereiro de 2022.

FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC

AUDREY LUIZA ALMEIDA GONÇALVES

PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 09 de fevereiro de 2022.

Banca examinadora:

Luciana Peixoto Amaral

Presidente da Banca Examinadora - Orientadora

Profa. Dra. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Túlio César Floripes Gonçalves

Coorientador

Prof. Me. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

André Luiz Marques Rocha

Prof. Me. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Lineker Max Goulart Coelho

Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

(Assinado digitalmente em 10/02/2022 15:01)
ANDRE LUIZ MARQUES ROCHA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 2143906

(Assinado digitalmente em 10/02/2022 21:45)
LINEKER MAX GOULART COELHO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DEC (11.56.07)
Matrícula: 1095344

(Assinado digitalmente em 09/02/2022 16:03)
LUCIANA PEIXOTO AMARAL
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 1808233

(Assinado digitalmente em 09/02/2022 18:43)
TULIO CESAR FLORIPES GONCALVES
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 1275425

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: 3, ano: 2022, tipo: ATA, data de emissão: 09/02/2022 e o código de verificação:
8e1811a8a1

Este trabalho é dedicado à minha avó Maria Raimunda, mulher que me traz grande inspiração para a vida. Além de avó, é também a moradora da residência na qual escolhi realizar este projeto de Sistema de Captação de Água da Chuva. O trabalho foi dimensionado como forma de poder retribuir o seu cuidado para com a família durante toda sua vida.

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada, gostaria de agradecer ao CEFET-MG por todas as oportunidades oferecidas ao longo da minha graduação. Sou extremamente grata pelo ensino público de qualidade que me propôs incontáveis experiências (trans)formadoras nestes últimos 6 anos.

Gostaria de agradecer, primeiramente, aos meus pais, Pedro e Edilene, por todo amor e suporte incondicionais dados a mim nesses 25 anos de vida. Ao meu irmão, Dylan, pelos momentos de diversão, carinho e aprendizado. A Daya por todo cuidado. Ao Perigo, por ser meu a(u)mião.

Aos meus amigos de longa data que tenho infundável admiração e amor, Débora, Mayara e Thales, por todos esses anos de suporte, felicidades, trocas, choros, curas, etc. É inenarrável o quanto vocês somam aprendizados na minha vida, obrigada por me proporcionarem tanto.

Aos meus amigos de Belo Horizonte, por tamanha parceria, compaixão e alegria compartilhada. Em especial ao meu grupo de amigos, o GSG, às minhas amigas da graduação, Isa, Lelê e Letícia e à minha amiga, inspiradora enquanto pessoa e engenheira ambiental, Bruninha.

A todos meus amigos amados e frequentemente lembrados por mim que fizeram da minha experiência UFSC uma grande mudança de chave na minha vida. Em especial, gostaria de agradecer aos meus grandes amigos, Thiago e Victor, por todos os momentos felizes que passamos, sobretudo pela paciência, acampamentos, risadas, enfim, por serem meu lar. Às minhas amigas Isa, Carol, Ju e Luiza, por estarem comigo nas situações mais divertidas de Floripa. Ao NEAmb, por ser um grupo acolhedor e transformador para mim. Finalmente, ao Rodrigo, por me ensinar tanto e por ser a sementinha inspiradora desse tema de TCC.

A todos aqueles que fizeram minha estadia em Berlim ser um pouco mais feliz e memorável, em especial às minhas amigas de moradia, Laura e Yuna. A todos os meus amigos brasileiros, sobretudo, a Clara, por me receber e proporcionar tanto carinho durante minhas idas à Portugal. A minha incrível e indescritível amiga, Magi, por me acompanhar por tantos momentos felizes na UFSC e por ser alguém que também tenho grande admiração como engenheira ambiental.

Aos meus orientadores, Luciana e Túlio por todo conhecimento, risadas, suporte compartilhados durante o TCC e graduação. Ao professor Daniel pelo apoio.

RESUMO

GONÇALVES, AUDREY LUIZA ALMEIDA. **Projeto de sistema de captação de água da chuva para fins não potáveis**. 2022. 65. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

A baixa disponibilidade hídrica aliada às crises hídricas dos últimos anos expõe a urgência da implementação e utilização de tecnologias de fornecimento de água complementar os usuários de água da rede pública de abastecimento. Um exemplo de tecnologia capaz de reduzir o consumo de água potável é o Sistema de Captação de Água da Chuva (SCAC). O presente trabalho se propôs a dimensionar e projetar um SCAC dotado de dispositivo de armazenamento de volume *first-flush*. Para o desenvolvimento do trabalho, realizou-se o dimensionamento do sistema com base nas diretrizes definidas na norma ABNT NBR 10.844/1989, também se verificou o tempo de retorno de investimento do projeto através de método *Payback*. A análise do *payback* considerou que o valor gasto com rega é relativo a representatividade da rega sobre o valor de consumo de água total do usuário. Os resultados do dimensionamento do projeto apresentaram um sistema com design moderno e inovador. Outros resultados do dimensionamento incluem a calha pré-existente ser adequada às vazões de projeto, o sistema de armazenamento de volume *first-flush* armazenar e acrescentar cerca de 53 litros ao SCAC e que o tempo de retorno de investimentos ser de 13,7 anos. O valor do orçamento do projeto ficou em R\$1345,07.

Palavras-chave: drenagem pluvial; sistema de captação de água das chuvas; *first flush*; método *payback*.

ABSTRACT

GONÇALVES, AUDREY LUIZA ALMEIDA. **Rainwater harvesting system design project for non-potable purposes**. 2022. 65. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

The low water availability combined with the water crises of recent years exposes the urgency of the implementation and use of water supply technologies to complement the users of water from the public water supply network. An example of a technology capable of reducing the consumption of potable water is the Rainwater Catchment System (SCAC). The present work proposed the sizing and design of a SCAC equipped with a first-flush volume storage device. For the development of the work, it was performed the sizing of the system based on the guidelines defined in the standard ABNT NBR 10.844/1989, it was also verified the return time of the project investment through the payback method. The payback analysis considered that the amount spent on irrigation is relative to the representativeness of irrigation on the total water consumption value of the user. The results of the project sizing presented a system with a modern and innovative design. Other sizing results include the pre-existing gutter being adequate for the design flows, the first-flush volume storage system storing and adding approximately 53 litres to the SCAC and that the payback time is 13.7 years. The project budget was R\$1345.07.

Key-words: rainwater drainage; rainwater harvesting system; first-flush; payback.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	9
2.1. Objetivo Geral	9
2.2. Objetivos Específicos	9
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
3.1. A Importância da Água para os Seres Vivos	10
3.2. Usos da Água.....	12
3.3. Crises Hídricas e seus Impactos	14
3.4. Mecanismos de Intervenção e Mitigação das Crises Hídricas.....	17
3.5. Sistemas de Captação de Água da Chuva	19
3.6. Componentes de um Sistema de Captação de Água Pluvial.....	19
3.6.1. Área de Captação	20
3.6.2. Calhas.....	20
3.6.3. Conduitos verticais e horizontais	20
3.6.4. Dispositivo para descarte ou armazenamento das primeiras águas da chuva	21
3.6.5. Peneiras (filtros de remoção de materiais em suspensão).....	21
3.6.6. Reservatório	22
3.6.7. Extravasor	22
3.7. Benefícios da Implantação de um Sistema de Captação de Água da Chuva	22
3.8. Qualidade da Água da Chuva	23
3.9. Volume First-Flush ou Primeira Chuva.....	24
3.10. Tratamento das Águas Pluviais.....	25
3.11. Métodos de Análise de Retorno de Investimentos	27
4. METODOLOGIA.....	28
4.1. Procedimentos Iniciais	28
4.2. Caracterização da Área de Estudo.....	29
4.3. Dimensionamento dos Componentes do SCAC	30

	5
4.3.1. Estimativa de demanda mensal do usuário	30
4.3.2. Área de Contribuição	31
4.3.3. Vazão das calhas	33
4.3.4. Calhas.....	34
4.3.5. Condutores verticais e horizontais	35
4.3.6. Volume first-flush	36
4.3.7. Sistema de armazenamento de águas de descarte.....	36
4.3.8. Volume do reservatório de água pluvial	37
4.4. Tempo de Retorno de Investimento	39
5. RESULTADOS	43
5.1. Dados Hidrometeorológicos da Área de Estudo	43
5.2. Regime de Abastecimento de Água e Usos do SCAC	43
5.3. Dimensionamento dos Elementos do SCAC.....	44
5.4. Discussão dos valores de dimensionamento	45
5.4.1. Calha	45
5.4.2. Conduitos verticais e horizontais	46
5.4.3. Reservatório	46
5.4.5. Filtro de pré-tratamento.....	46
5.4.6. Armazenamento de volume de descarte.....	47
5.5. Payback	47
5.6. Projeto e Orçamento	48
6. CONCLUSÕES.....	49
7. RECOMENDAÇÕES.....	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
APÊNDICE A	57
APÊNDICE B.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Quantificação do volume de água presente no Planeta Terra.....	10
Figura 3.2 - Total de água consumida no Brasil – média anual do ano de 2018.....	12
Figura 3.3 - Crescimento populacional presente e previsões para o futuro.....	13
Figura 3.4 - Matriz elétrica brasileira no ano de 2019.	14
Figura 3.5 - Classificação das porções de chuva por regiões hidrográficas em 2018.....	16
Figura 3.6 - Mudança simulada para precipitação com diferentes cenários de temperatura... 16	
Figura 3.7 - Sistema de aproveitamento de água da chuva com reservação em cisternas.	18
Figura 3.8 - Área de captação por meio de telhado de superfície inclinada.....	20
Figura 3.9 – Exemplo de calha retangular.....	20
Figura 3.10 – Representação de um tipo de captação do volume de <i>first-flush</i>	21
Figura 3.11 - Grelha hemisférica flexível.....	22
Figura 3.12 - Sistema típico de Captação de Água da Chuva.	23
Figura 3.13 - Parâmetros mínimos de qualidade das águas pluviais para usos não potáveis da NBR 15.527/2019.....	24
Figura 3.14 - Relação da qualidade da água com o tipo de captação e tratamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	26
Figura 4.1 - Local da residência no qual o SCAC foi projetado.	30
Figura 4.2 - Telhado da residência com superfície inclinada tipo 4 águas.....	31
Figura 4.3 - Área de contribuição para superfícies inclinadas.	32
Figura 4.4 - Áreas de contribuição parceladas.	33
Figura 4.5 - Coeficientes de rugosidade médios.	35
Figura 4.6 – Planta de cobertura: saída vertical e direção do fluxo de escoamento.....	36
Figura 4.7 - Coeficientes <i>run-off</i> médios.....	39
Figura 4.8 - Tabela de Tarifas Aplicáveis aos Usuários da COPASA.	40
Figura 5.1 - Precipitação acumulada para estação Fazenda Paraíso da ANA.	43
Figura 5.2 - Resultados obtidos para o dimensionamento de elementos do SCAC	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Dimensionamento do reservatório de água da chuva	45
Tabela 5.2 - Payback do SCAC para fins de rega de plantas	48

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARSAE-MG	Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AR6	Sexto Relatório de Avaliação do IPCC
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
ITS	Instituto de Tecnologia Social
NBR	Norma Brasileira
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
SCAC	Sistema de Captação de Água da Chuva
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural limitado de grande importância para a manutenção da vida na Terra. Apesar de cobrir 71% da superfície terrestre, as parcelas de água próprias ao consumo humano representam um valor de cerca de 2,5% do total de água no planeta, valor que se apequena quando consideradas as demandas hídricas mundiais cada vez mais crescentes (OMM, 2005). A baixa disponibilidade de água potável, aliada às recentes crises de abastecimento dos últimos anos, tem trazido e exigido grandes desafios sociais.

A escassez hídrica, por exemplo, potencializada pelas mudanças climáticas, tem se agravado também pela desigualdade social, falta de manejo e de preservação dos usos sustentáveis dos recursos naturais (CETESB, 2021). A intensificação do estresse hídrico e o aumento da vulnerabilidade da água são um fator determinante de inúmeras crises sociais. Segundo o Fundo das Nações Unidas para a Infância - UNICEF (2021), o aumento dos índices migratórios globais em virtude da escassez hídrica pode levar cerca de 700 milhões de pessoas a se deslocarem de suas comunidades no ano de 2030 (UNICEF, 2021)

Atualmente, 29 países já apresentam problemas com a falta d'água (CPRM, 2021). O Brasil, por exemplo, entre os anos de 2003 a 2016, decretou Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública em cerca de 2.783 municípios atingidos devido a secas e estiagens (ANA, 2017).

Desta forma, diante do panorama global de risco hídrico, a disponibilidade e a gestão sustentável da água já fazem parte dos objetivos da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Inserido dentro da agenda como o sexto Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e como “Água Potável e Saneamento”, sua meta é buscar soluções e esforços para universalização do acesso à água potável e ao saneamento (IPEA, 2019).

A partir do estabelecimento dos ODS, aplicações de estratégias que fortaleçam os conceitos de segurança hídrica e resiliência de comunidades tem sido cada vez mais demandadas em todo o mundo. No Brasil, por exemplo, como resposta às demandas da sociedade, o conceito de Tecnologias Sociais recrudescer ao longo dos últimos anos, ajudando a consolidar bases robustas de soluções para problemas sociais complexos.

Segundo o Instituto de Tecnologia Social - ITS (2004, p. 26), tecnologias sociais são um “conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida”. Criadas para serem técnicas facilmente replicadas e adaptáveis, essas tecnologias já permitem a integração de comunidades e a mitigação de problemas socioambientais compartilhados.

Exemplos de Tecnologias Sociais voltadas às questões hídricas são os Sistemas de Captação de Água da Chuva (SCAC's), isto é, reservatórios que realizam o armazenamento das águas pluviais provenientes de uma área de captação. Além de auxiliarem na redução do consumo de água potável, também promovem a diminuição do estresse hídrico por meio de distribuição de água da chuva como fonte não potável complementar aos usuários que pretendem utiliza-la na irrigação, limpeza e etc.

No Brasil, duas normas regem os principais conceitos de um projeto de SCAC, sendo elas a NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) e NBR 10.844/1989 (ABNT, 1989). A NBR 15.527/2019 estabelece os requisitos para aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis, enquanto a NBR 10.844/89 estabelece critérios de dimensionamento dos sistemas.

A NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) recomenda que os primeiros 2 mm da primeira água da chuva sejam descartados. Entretanto, este volume de descarte, apesar da quantidade de contaminantes contidos na água das primeiras chuvas (TOMAZ, 2010), pode ser armazenado e utilizado para fins menos nobres, se tornando um importante acréscimo de água para o usuário do sistema.

Sendo assim, o presente trabalho tem como finalidade conceber um projeto de um sistema de captação de água da chuva para fins não potáveis de regas de plantas dotado de armazenamento das primeiras águas. Sobretudo, este trabalho visa avaliar o tempo de retorno de investimento do projeto.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal propor um SCAC dotado de sistema de armazenamento das primeiras águas da chuva para fins de regas de plantas, a ser implementado em uma residência localizada em Diogo de Vasconcelos/MG.

2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, têm-se:

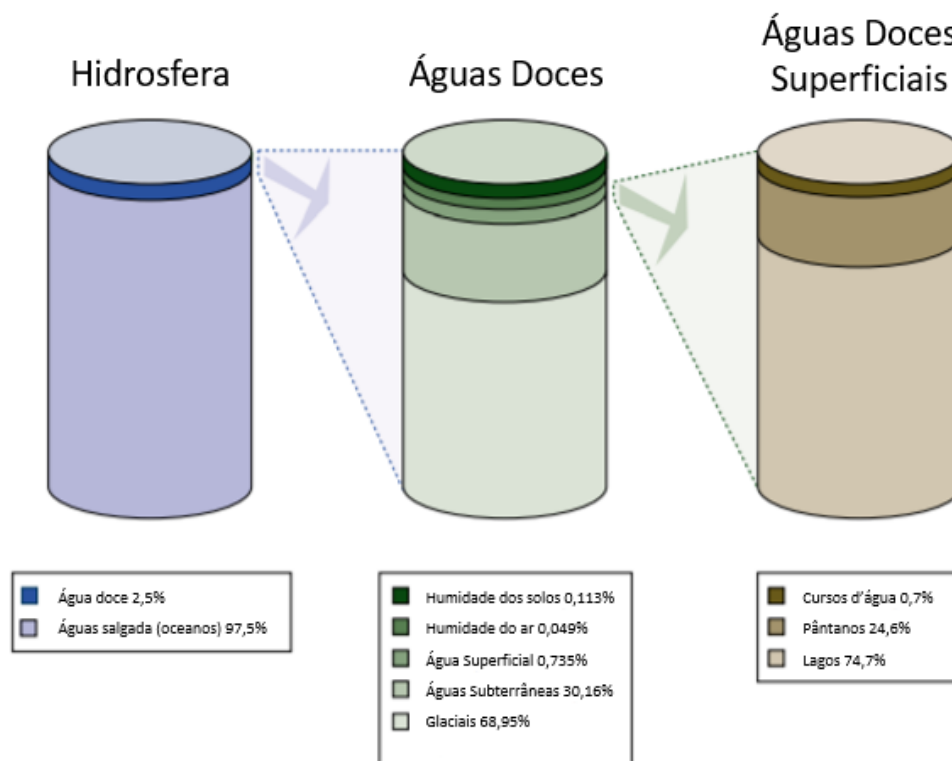
- Realizar a concepção e dimensionamento dos elementos de projeto de um Sistema de Captação de Água da Chuva para fins de uso não potável na rega de plantas;
- Realizar o orçamento de implementação do SCAC; e
- Calcular o tempo de retorno de investimentos do projeto através de método *payback*.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. A Importância da Água para os Seres Vivos

Na escala mundial, há uma diferença enorme entre o volume de água salgada e a pequena fração de água doce. Os oceanos representam cerca de 97,5% do volume total de água disponível no planeta, enquanto a água doce somente 2,5%. Desta pequena fração, estima-se que as calotas glaciais e os glaciais da Antártica, da Groelândia e das regiões montanhosas representem cerca de 70% da água doce, e que as reservas de água subterrânea nos lençóis e aquíferos correspondam a pouco mais de 30% (OMM, 2005, p. 1). Estes parcelamentos da água são apresentados na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Quantificação do volume de água presente no Planeta Terra.



Fonte: Adaptado de OMM (2005, p. 1.).

A existência da água nessas proporções foi essencial para a formação e desenvolvimento da vida no planeta Terra. A partir dela, surgiram as primeiras formas de vida e, posteriormente, as formas de vida terrestres, as quais somente conseguiram sobreviver à medida em que puderam desenvolver mecanismos fisiológicos que lhes permitiram retirar água do meio externo e retê-la em seus próprios organismos (DEMAE-GO, 2021).

Componente fundamental para a vida, a água está contida em 60 a 70% do peso corporal de um ser humano, regulando a temperatura interna e tornando possível todas as funções orgânicas (DEMAE, 2021). Segundo o Estado do Maranhão (2020), a água está presente durante a realização de diversas reações químicas vitais no organismo humano, tais como:

- Regulação da temperatura do corpo: A água faz parte do suor que, após ser eliminado pelas glândulas sudoríparas, evapora, causando o resfriamento;
- Transporte de substâncias: A água constitui o plasma sanguíneo, que garante o transporte de diversas substâncias, como sais minerais e nutrientes;
- Eliminação de substâncias para fora do corpo: A água faz parte, por exemplo, da composição da urina, que garante a eliminação de substâncias tóxicas ou que estão em excesso em nosso corpo; e
- Proteção de estruturas: A água está presente, por exemplo, nos líquidos encontrados entre as articulações, participando, portanto, da proteção dos nossos ossos contra o atrito. Ela também garante a proteção do feto, uma vez que faz parte da composição do líquido amniótico.

Além dos fatores biológicos e químicos, água é, provavelmente, o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade (GOMES, 2011). Recurso natural de valor econômico, estratégico e social, essencial à existência e ao bem-estar do homem e à manutenção dos ecossistemas do planeta, a água é também um bem comum a toda a humanidade (BERNARDES et al., 2009).

O desenvolvimento das civilizações humanas só consolidou com rapidez e sucesso graças ao estabelecimento de comunidades em regiões onde a água era abundante, isto é, em locais próximos a lagos e rios. As primeiras grandes civilizações, por exemplo, surgiram nos vales de grandes rios como é o caso dos vales do Nilo no Egito, do Tigre-Eufrates na Mesopotâmia, do Indo no Paquistão e do rio Amarelo na China. Nestas localidades, todas essas civilizações construíram grandes sistemas de irrigação, tornando o solo produtivo o suficiente para prosperarem (BRUNI, 1994).

Neste sentido, destaca-se a influência da água tanto para a manutenção da vida quanto para o desenvolvimento e sucesso evolutivo dos seres vivos na Terra.

3.2. Usos da Água

O Brasil tem uma posição privilegiada no mundo em relação à disponibilidade de recursos hídricos. De toda a água doce superficial existente na Terra, o Brasil possui cerca de 12% do volume total (CPRM, 2021), valor acima de todo o continente africano que contém cerca de 10% de água doce disponível no mundo (KIRUGARA; FERNANDEZ, 2013).

Essa água é utilizada em território brasileiro majoritariamente para fins industrial, agrícola, humano (abastecimento público, a navegação, a pesca e aquicultura, turismo e a recreação), animal, de transportes e geração de energia. Entretanto, cada uso da água possui peculiaridades, seja por aspectos ligados à quantidade ou à qualidade, que altera as condições das águas superficiais e subterrâneas (ANA, 2019).

Segundo a Fundação Getúlio Vargas - FGV (2019), os principais usos da água no Brasil são a irrigação com cerca de 66,1% de consumo de água, o abastecimento animal com 11,6% e o consumo industrial com 9,5%, em relação à média anual do ano de 2018, conforme é mostrado na Figura 3.2. Juntos, esses usos correspondem a cerca de 90% do total de água consumida no Brasil.

Figura 3.2 - Total de água consumida no Brasil – média anual do ano de 2018.



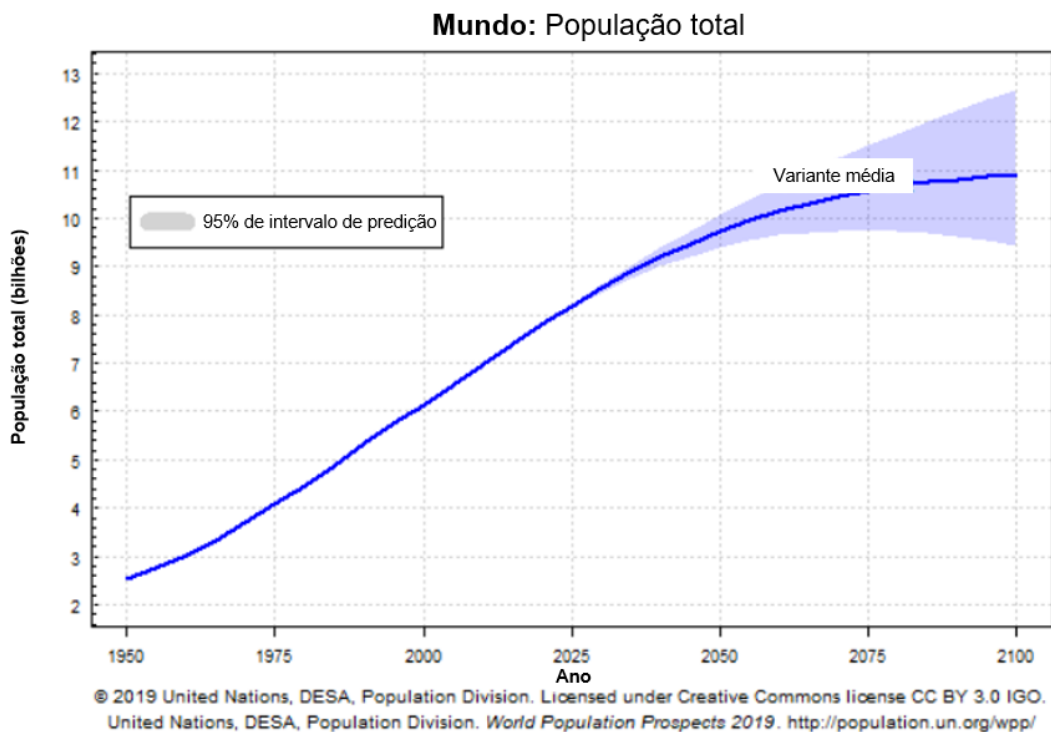
Fonte: ANA (2019).

Em janeiro de 1997, foi aprovada no Brasil a Lei 9.433, conhecida como Lei das Águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Uma de suas diretrizes é justamente garantir

o uso múltiplo das águas, de maneira que todos os setores e usuários tenham igualdade de acesso aos recursos hídricos. A única exceção dessa regra está relacionada a situações de escassez, quando o uso prioritário da água passa a ser o consumo humano e a dessedentação animal (CEPEL, 2019).

Apesar dos esforços em torno do gerenciamento e preservação da água, o sistema hídrico brasileiro está sob constante pressão das demandas de águas cada vez maiores para fins de uso para irrigação, animal e industrial previamente citados. Estes fatores são agravados pelo intenso crescimento populacional ocorrido após desenvolvimento industrial. Segundo gráfico de crescimento da população total do planeta elaborado pela ONU (2019) (Figura 3.3), a tendência é que a população total do mundo chegue a cerca de 11 bilhões de pessoas, no ano 2100, correspondendo a aproximadamente 43% a mais da população atual do planeta Terra.

Figura 3.3 - Crescimento populacional presente e previsões para o futuro.



Fonte: Adaptado de ONU (2019).

Este aumento populacional é um dos fatores pelo qual se intensificou o consumo de recursos hídricos pela humanidade ao longo das últimas décadas, intensificando outros problemas relacionados aos eventos de crises de abastecimento e estresse hídrico, que, conseqüentemente,

afetam diretamente e indiretamente as comunidades mais vulneráveis com maior risco hídrico e geram conflitos e/ou crises migratórias.

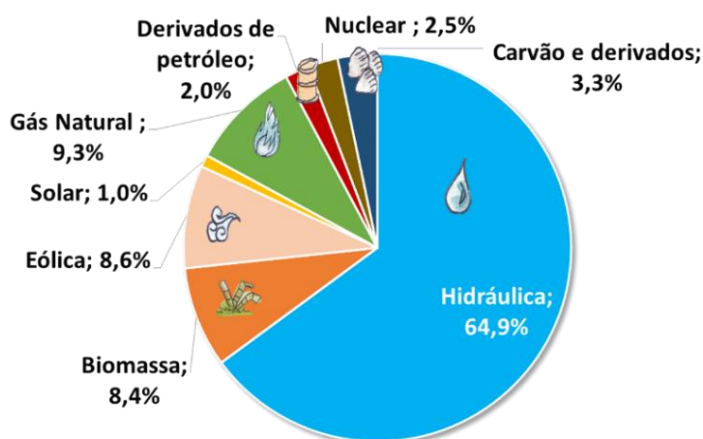
O cenário futuro sugere que a situação se agrave. Segundo a UNICEF (2021), a previsão para o ano de 2025 é a de que cerca de metade da população mundial viva em países ou regiões com absoluta escassez ou enfrentando. Além disso, a UNICEF também estima que, em 2040, cerca de 1 em cada 4 crianças em todo o mundo viverá em áreas com estresse hídrico extremamente alto (UNICEF, 2021).

3.3. Crises Hídricas e seus Impactos

A falta de chuvas tem conduzido o Brasil e, em particular a região Sudeste, a situações difíceis. As crises hídricas que ocorreram nos últimos anos, incluindo o atual de 2021, são responsáveis por impactos de sérias consequências econômicas e sociais. Em vários setores, como na geração de energia elétrica, no abastecimento das cidades e na agricultura, vivem-se dificuldades decorrentes da falta de chuvas (BRASIL, 2014).

A matriz energética brasileira é dependente em 64,9% de hidrelétricas (Figura 3.4). Segundo Soriano et al. (2016), existem valores esperados para as precipitações, mas não há garantia de ocorrência de chuva, nem de valores específicos para um determinado período. O efeito mais imediato de crises hídricas que afetam a matriz energética é o aumento de preço da energia elétrica (BRASIL, 2014), com conseqüente aumento das pressões inflacionárias sobre outros tipos de atividade como a agricultura e a indústria, elevando o preço dos produtos finais.

Figura 3.4 - Matriz elétrica brasileira no ano de 2019.



Fonte: Ben (2020, apud EPE, 2021).

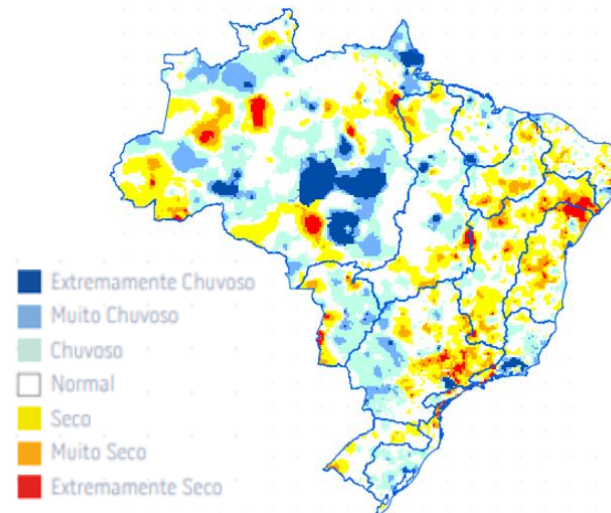
No que tange o acesso à água, as crises hídricas também têm impactos severos na população brasileira. Em várias regiões do mundo a demanda tem superado a disponibilidade hídrica (PEDDE; KROEZE; RODRIGUES, 2013). Segundo a Agência Nacional das Águas - ANA (2019), no ano de 2018, cerca de 43 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens no Brasil, quase 30 vezes mais do que por cheias. Além disso, foram quantificados 2.516 eventos de seca associados a danos humanos, quase 4 vezes mais que os de cheias.

Para além dos danos às infraestruturas e cadeia de abastecimento destacam-se os danos humanos (óbitos, por exemplo) que constituem números expressivos. Segundo Anazawa (2017), os danos humanos totalizaram 195.889 pessoas afetadas por seca e estiagem no estado de São Paulo, no período de 1991 a 2010.

De forma complementar à incerteza das precipitações, mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo, urbanização e as condições ambientais também podem influenciar a ocorrência de precipitação (SORIANO et al., 2016).

A ANA (2019) afirma que os impactos da seca não costumam ser pontuais, mas que, sim, possuem forte tendência a se alastrarem pelo território. Esse cenário já é visto em todas as regiões do Brasil, podendo ser considerado um problema difuso do território. Como pode ser observado na Figura 3.5, a classificação denominada “Extremamente Seco”, conforme a quantidade de chuva em 2018 pela ANA (2019), não se restringe só ao Nordeste, como também afeta o Sudeste, o Centro-Oeste e o Norte do Brasil, onde se tem a Amazônia.

Figura 3.5 - Classificação das porções de chuva por regiões hidrográficas em 2018.

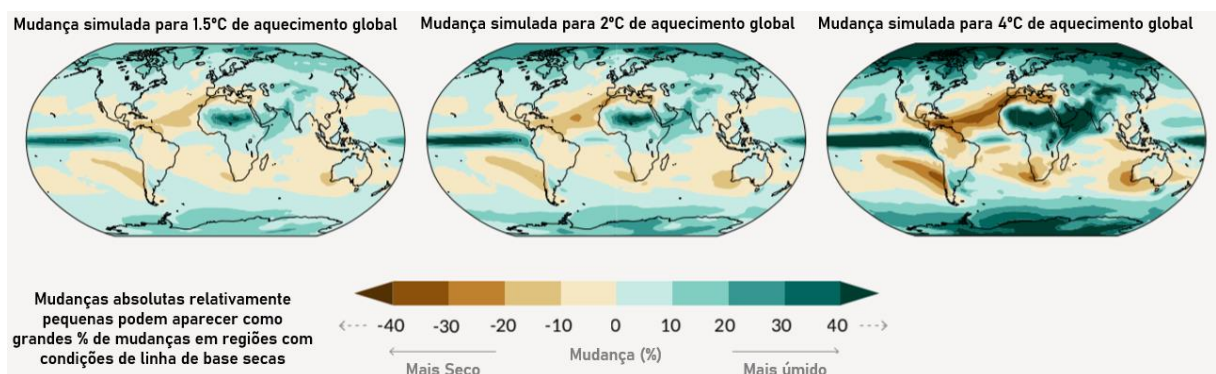


Fonte: ANA (2019).

A espacialização da caracterização dos territórios em função da quantidade de chuva em um ano demonstra que todas as regiões do país possuem regiões secas que estão vulneráveis à escassez hídrica.

Segundo o Relatório AR6 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2021), a falta de chuvas pode ainda piorar conforme se intensifique as mudanças climáticas proporcionadas pelo aquecimento global. O relatório apresenta projeções para cenários futuros onde a temperatura se estabelece em 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, 2°C e 4°C (Figura 3.6).

Figura 3.6 - Mudança simulada para precipitação com diferentes cenários de temperatura.



Fonte: Adaptado de IPCC (2021).

Nestas projeções, a previsão para o território do Brasil não é confortável em nenhum dos cenários, principalmente nos mais extremos casos, que evidenciam uma tendência de maior seca para a região norte do país, principal responsável pela atribuição de chuvas no sudeste e sul brasileiro.

3.4. Mecanismos de Intervenção e Mitigação das Crises Hídricas

Em função da necessidade de estruturar a gestão das águas em território brasileiro, garantindo a preservação dos usos múltiplos da água, foi publicada em 8 de janeiro de 1997 a Lei 9.433, também chamada de Lei das Águas. Esta lei teve como principais aspectos a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos e criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Seus fundamentos são (BRASIL, 1997):

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

Desta forma, foi fornecida à toda população brasileira um instrumento de respaldo para consagração de políticas públicas e tecnologias que pudessem assegurar o abastecimento de água em quantidade suficiente e com qualidade para a sociedade.

Em termos de soluções individuais, um grande número de tecnologias parte do princípio do uso racional da água e eficiência dos acessórios sanitários. Essa concepção de sistemas economizadores de água indica um menor consumo, melhor desempenho e menor influência da ação do usuário na economia de água (LIMA, 2010, apud CESAR, 2016).

Por outro lado, estratégias que dão suporte complementar de volume de água para reduzir o consumo de água também têm destaque nas proposições de métodos de gestão das águas. Segundo Cesar (2016), estas estratégias de redução de consumo através do uso de fontes alternativas podem suprir a demanda de fins não nobres, que permitem a utilização de água não potável para atividades de rega de jardim, limpeza de pátios, descargas em bacias sanitárias, lavagem de veículos, uso em reservatórios de incêndios e outros usos que não requeiram água potável.

No Brasil, técnicas como estas são vistas em grandes quantidades na região Nordeste do país, como é o caso do aproveitamento de água da chuva com armazenamento em cisterna. Na Figura 3.7 é apresentado um tipo de sistema de aproveitamento de água da chuva com armazenamento em cisternas. Este tipo de sistema é vastamente utilizado na região Nordeste do Brasil e é incentivado pelo Programa Cisternas financiado pelo governo federal desde 2003, cujo público principal são as famílias rurais de baixa renda atingidas por secas ou faltas regulares de água e povos e comunidades tradicionais (BRASIL, 2020).

Figura 3.7 - Sistema de aproveitamento de água da chuva com reservação em cisternas.



Fonte: Brasil (2020).

Um exemplo da replicação em massa desse tipo de estratégia é a cidade de Armeiroz (CE), nela, os sete mil habitantes contam com 849 cisternas que fornecem o acesso à água para consumo humano e para a produção de alimentos por meio da implementação de tecnologias sociais simples e de baixo custo (BRASIL, 2020).

3.5. Sistemas de Captação de Água da Chuva

Os SCAC's são tecnologias usadas na história da humanidade já há bastante tempo. Segundo Tomaz (2010), foram encontrados inúmeros reservatórios de água da chuva escavados em rochas na Ilha de Creta na Grécia. Estes reservatórios datam de anos anteriores a 3.000 a.C. e foram construídos para fins de consumo humano pelos habitantes.

Em função das recentes crises de abastecimento de água e aumento da insegurança hídrica em todo o mundo, essas tecnologias ainda são bastante utilizadas por comunidades que se encontram em regiões de vulnerabilidade hídrica. Segundo Fravetto (2016), o aproveitamento da água pluvial é citado por diversos trabalhos de referência como uma ação que minimiza problemas ambientais causados por escassez de água, mesmo para fins de usos não potáveis.

Existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial: a) reduzir o consumo de água potável, diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento; b) minimizar riscos de enchentes; e c) preservar o meio ambiente, reduzindo a escassez de recursos hídricos (MARINOSKI, 2007).

De acordo com Fravetto (2016), na viabilização para a implantação de um SCAC devem ser analisadas as condições ambientais locais, climatológicas, fatores econômicos e espaciais.

Em termos de regulamentação desses sistemas no Brasil, as normas que endossam a implementação dos SCAC's são a NBR 15.527/2007 da ABNT, que fornece os requisitos necessários para o aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis e a norma NBR 10.844/1989 da ABNT, que subsidia a instalação dos sistemas de captação de água da chuva e dispõe sobre exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais.

3.6. Componentes de um Sistema de Captação de Água Pluvial

Em geral, os SCAC's possuem uma diversidade de componentes que dependem dos contextos e dos múltiplos usos com os quais se insere e procura atender (FRANCO, 2020). Segundo Tomaz (2010), os principais componentes para captação de água pluvial são:

3.6.1. Área de Captação

A área de captação refere-se à soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação (ABNT, 1989). Geralmente são os telhados que desempenham a função de área de contribuição (Figura 3.8).

Figura 3.8 - Área de captação por meio de telhado de superfície inclinada.



Fonte: Bremenkamp Construção (2019).

3.6.2. Calhas

A calha é um canal (Figura 3.9) que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino (ABNT, 1989).

Figura 3.9 – Exemplo de calha retangular.



Fonte: Tigre (2021).

3.6.3. Condutos verticais e horizontais

O condutor vertical é a tubulação destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício (ABNT, 1989). Por outro lado, o condutor horizontal é um canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais do condutor vertical até locais permitidos pelos dispositivos legais (ABNT, 1989).

3.6.4. Dispositivo para descarte ou armazenamento das primeiras águas da chuva

As primeiras águas da chuva são comumente chamadas de “volume de água de descarte” ou “*first-flush*”. Por possuírem um volume significativo de impurezas e sujeiras (folhas, fezes de animais), elas são direcionadas até um dispositivo de saída, onde são descartadas. Esse descarte pode ser feito tanto manualmente, com uso de tubulações ou registros (Figura 3.10), como automaticamente, através de dispositivos de autolimpeza em que não se faz necessária nenhuma operação humana (TOMAZ, 2010). Em alguns casos, o usuário pode optar por armazenar esse volume e, portanto, utilizar um dispositivo com vedação por registro ou cap roscável.

Figura 3.10 – Representação de um tipo de captação do volume de *first-flush*.



Fonte: Ohnuma et al. (2014).

3.6.5. Peneiras (filtros de remoção de materiais em suspensão)

Na entrada dos condutores verticais devem ser instalados dispositivos (Figura 3.11) para assegurar a qualidade da água da chuva que se pretende armazenar, impedindo que folhas, gravetos e materiais sedimentados de grande porte adentrem aos condutores e sejam levados até o reservatório (FRANCO, 2020).

Figura 3.11 - Grelha hemisférica flexível.



Fonte: Tigre (2021).

3.6.6. Reservatório

O reservatório ou cisterna é onde a água da chuva é armazenada para um posterior uso (FRANCO, 2020).

3.6.7. Extravasor

O extravasor é um dispositivo que permite a saída de água do sistema quando o volume do reservatório recebe água com volume maior que o de reservação, a fim de se evitar danos à estrutura de captação.

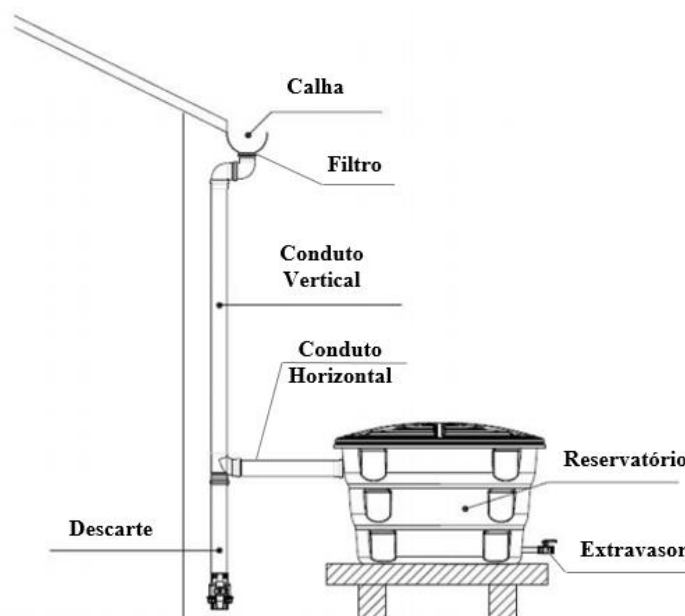
3.7. Benefícios da Implantação de um Sistema de Captação de Água da Chuva

Em geral, esses componentes de sistemas de captação de água da chuva são dispositivos de baixo custo que, por serem uma técnica compensatória de água, reduzem os custos em torno do valor de água e aumentam a disponibilidade hídrica para o usuário por um tempo maior.

Simples e adaptáveis, conforme o contexto desejado, os SCAC's são, portanto, considerados ferramentas de tecnologia social que auxiliam na construção de comunidades resilientes e usuários mais adaptados aos problemas relacionados à escassez hídrica.

Sua composição geral, portanto, vai prever a existência de calha, filtro, conduto vertical, conduto horizontal, reservatório, extravasor e sistema de descarte como mostra a Figura 3.12.

Figura 3.12 - Sistema típico de Captação de Água da Chuva.



Fonte: Adaptado de Jabur, Benetti e Siliprandi (2011).

3.8. Qualidade da Água da Chuva

A deterioração gradual da qualidade da água pluvial se dá durante o caminho percorrido até o uso final desejado, ou seja, enquanto precipita, durante a coleta na área de captação, no transporte nos condutores, no armazenamento dentro dos reservatórios e nos próprios pontos de uso (LISBOA, 2011, p.22, apud FRANCO, 2020). No aproveitamento das águas pluviais, devido à intermitência das chuvas, a qualidade dos volumes iniciais impacta os volumes armazenados (OHNUMA JR et al., 2014).

Por depender de uma área de captação que acumula folhas, poluentes atmosféricos precipitados, fezes de pássaros e outros animais, as primeiras águas da chuva estão sujeitas ao carreamento de poeiras, cinzas, larvas de mosquitos e microrganismos que podem se multiplicar no reservatório e serem prejudiciais à saúde humana. Segundo Franco (2020), cabe destaque a contaminação por microrganismos, os quais apresentam um grande risco à saúde podendo levar inclusive ao óbito aqueles que tiverem contato com esta água.

De acordo com o tipo de uso estabelecido pelo projetista, a norma NBR 15.527 (ABNT, 2019) sugere que, na utilização das águas pluviais para usos mais restritivos não potáveis, alguns

parâmetros de qualidade da água devem se adequar aos padrões estabelecidos ou até mesmo passar por tratamento por meio da utilização de ozônio, cloro, ultravioleta ou outras tecnologias.

Dessa maneira, faz-se necessário o descarte dessas primeiras chuvas para a rede de drenagem pluvial e/ou a introdução de um sistema de desinfecção para reservatório de água de descarte, a depender do uso estabelecido e de suas restrições. Os parâmetros de qualidade das águas pluviais, bem como seus valores admissíveis, são apresentados na Figura 3.13.

Figura 3.13 - Parâmetros mínimos de qualidade das águas pluviais para usos não potáveis da NBR 15.527/2019.

Parâmetros	Análise	Valor
Escherichia coli	Semestral	< 200 / 100 mL
Turbidez (uT)	Mensal	<5,0 uT
pH	Mensal	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado da NBR 15.527 (ABNT, 2019, pág. 4)

Apesar de ser um volume que pode trazer grandes economias a partir do aumento da capacidade reservada de água não potável, existem poucos trabalhos relacionados à análise da qualidade das águas pluviais de captação em telhados para volumes iniciais de descarte, bem como para áreas em desenvolvimento, como regiões periurbanas que sofrem com o impacto do escoamento das águas pluviais (OHNUMA JR et al., 2014).

3.9. Volume First-Flush ou Primeira Chuva

O volume *first-flush* ou a primeira chuva é referente ao volume inicial das águas da chuva que realiza o arraste de poeiras, folhas e detritos do telhado até o Sistema de Captação de Água da Chuva. Já existe uma aceitação universal da existência do *first-flush* nos sistemas de captação das águas de chuva (TOMAZ, 2010).

Para captação desse volume, sugere-se a instalação de um sistema de descarte de água de escoamento inicial *first-flush* com o descarte de 2 mm da precipitação inicial (SILVA, 2019).

O sistema *first-flush* tem a função de descartar o primeiro volume de água que cai sobre o telhado, levando principalmente as menores impurezas para fora do sistema de armazenamento.

Em geral, a sujeira é acumulada em um período seco de até três dias e é geralmente descartada nos primeiros 30 minutos de chuva (TOMAZ, 2010, apud, MARTINS e MARQUES, 2017)

O principal objetivo do descarte do “*first-flush*” é eliminar impurezas e reduzir a poluição das águas armazenadas no reservatório (OHNUMA JR et al., 2014). Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM (2016, apud MACHADO, 2019), o descarte das primeiras águas de chuva é responsável por desviar essa água de limpeza da superfície de captação, de qualidade inferior, do reservatório de armazenamento.

Por outro lado, também existe a possibilidade de armazenar este volume e dar a ele outros fins, como é o caso do Dispositivo DesviUFPE (ARAÚJO, 2017). O volume *first-flush* pode representar grande serventia ao usuário, podendo ser usado para fins não nobres após a retirada dos sedimentos e/ou tratamento simples. Como exemplos, ele pode ser usado para rega de pequenas hortas, uso em vasos sanitários e limpeza de calçadas (SILVA, 2019).

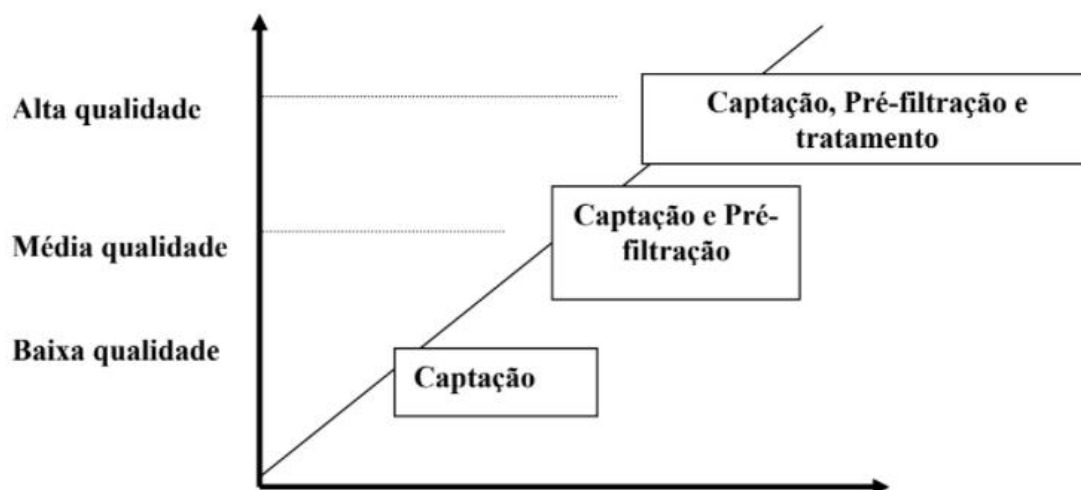
Sendo assim, pode-se dizer que o sistema de *first-flush* se faz tão essencial quanto qualquer outra parte do sistema de captação de água da chuva, principalmente nos casos de não haver cobertura total da demanda necessária por chuvas regionais (MARTINS e MARQUES, 2017).

3.10. Tratamento das Águas Pluviais

Conforme disposto pela norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019), fica a critério do projetista, o tipo de tratamento e em que situações será necessário realizar a desinfecção das águas. Segundo Tomaz (2010), a captação da água de chuva e/ou seu tratamento podem ser feitos em três etapas: (1) somente captação; (2) captação da água de chuva e pré-filtração; e (3) captação da água de chuva, pré-filtração e tratamento.

Ao acoplar os processos de pré-filtração e tratamento ao sistema de aproveitamento das águas pluviais, maior é a qualidade da água a ser armazenada no reservatório (Figura 3.14).

Figura 3.14 - Relação da qualidade da água com o tipo de captação e tratamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais.



Fonte: Tomaz (2010).

Apesar de a NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) propor tipos de desinfecção tradicionais, já se discute no meio acadêmico a ampliação de processos de tratamento da água por vias alternativas tais como os biopolímeros naturais. Estes biopolímeros são utilizados no tratamento das águas como coagulantes e auxiliares de coagulação e floculação (WEST, 2016). São exemplos de biopolímeros que vêm sendo largamente estudados os: amidos (batata, mandioca, milho, etc.), taninos extraídos da acácia-negra, extratos de cactos, sementes de Moringa oleífera e os quiabos.

Além de possuírem um menor custo, muitos destes produtos naturais fazem parte da alimentação humana em vários continentes, portanto, não apresentam risco de danos à saúde humana a longo prazo (SILVA et al., 2014).

Pesquisas como as de Pereira, Meira e Sousa (2019), Lima et al. (2017) e Abreu Lima (2007) já demonstram que, para além da diminuição de parâmetros de turbidez e cor aparente, a aplicação destes polímeros naturais no tratamento das águas também podem atuar na remoção de microrganismos como a *Escherichia coli* e Coliformes Totais. Sendo assim, métodos como estes possuem grande potencial para se tornarem parte das vias para expansão de meios práticos e baratos no tratamento de águas em comunidades que possuem vulnerabilidade socioeconômica relevante.

3.11. Métodos de Análise de Retorno de Investimentos

O Tempo de Recuperação do Investimento, também chamado de “*payback*”, é um método bastante utilizado para avaliar o tempo de retorno de um investimento. Segundo Remer e Nieto (1995, apud OLIVEIRA, 2018) o método do “*payback*” avalia o número de anos necessários para que os ganhos de um projeto igualem o investimento inicial do mesmo, ou seja, é o tempo necessário para o projeto pagar a si próprio.

Existem vários tipos de análise *payback*, porém, o simples é um dos métodos mais comuns de análise de investimentos em projetos (GITMAN, 2010, apud, SILVA; HENRIQUE; MIMURA, 2018). Apesar de não incluir a consideração da perda de valor do dinheiro no tempo, suas vantagens são ser bastante trivial e didático.

Outro tipo de *payback* usualmente utilizado é o descontado, método mais preciso e que leva em consideração o valor do dinheiro no tempo (OLIVEIRA, 2018). Este método é bastante utilizado por empresas de grande porte e projetos de risco ou de vida limitada, seu diferencial é utilizar o parâmetro de taxa de juros anual, o que dá mais fidedignidade aos cálculos.

4. METODOLOGIA

4.1. Procedimentos Iniciais

Para o desenvolvimento de um Sistema de Captação de Água da Chuva integrado a um sistema de armazenamento das primeiras águas, o presente trabalho se utilizou da revisão sistemática de estudos e metodologias associadas aos tópicos de dimensionamento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

A metodologia se fundamentou na organização de 2 etapas que pudessem estabelecer uma ordem de progressão dos trabalhos a serem feitos:

- Dimensionamento do Sistema de Captação de Água da Chuva com respectivo projeto técnico e arquitetônico.
- Análise do tempo de retorno de investimento por meio de método *payback*.

A primeira abordagem se apoiou nas instruções estabelecidas pelas normas da ABNT NBR 15.527/2019 que estabelece os requisitos para aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis e na NBR 10.844/1989 que fixa critérios e exigências necessárias aos projetos de instalações prediais de águas pluviais. Essa abordagem se deu a fim de levantar dados relativos às características físicas e hidrológicas do local de implementação do SCAC, bem como calcular o consumo de água pelos usos atendidos, a área de contribuição, volume destinado ao armazenamento das águas de primeira chuva e, por fim, dimensionar as calhas, condutos verticais, condutos horizontais e volume do reservatório.

A segunda abordagem, por sua vez, considera o preço orçado para o SCAC, os valores gastos com o consumo de água potável proveniente da rede pública de abastecimento, o orçamento do SCAC e os volumes de água captados pelo mesmo.

O desenvolvimento dos cálculos de dimensionamento do SCAC relacionados à primeira etapa foi realizado através do programa Excel e o projeto técnico e arquitetônico do sistema através do *software* AutoCAD.

Todos os procedimentos de coleta de informações referentes a parâmetros pluviométricos foram obtidos através da plataforma Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), que fornece

base histórica de dados pluviométricos, fluviométricos e climáticos de estações telemétricas instaladas por todo o Brasil.

No presente trabalho, os dados adquiridos pela plataforma Hidroweb são referentes à estação Fazenda Paraíso de código 2043011, operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e disponível na plataforma Hidroweb da ANA (2021), para um período de 30 anos.

4.2. Caracterização da Área de Estudo

O município de Diogo de Vasconcelos está localizado no Estado de Minas Gerais e possui cerca de 165,091 km² de área de extensão (IBGE, 2021). Com uma população de 3.848 habitantes, de acordo com o último Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2010, aproximadamente 80% de sua população está na zona rural. O agronegócio é a principal atividade econômica, com destaque para o comércio de gado, sendo cerca de 15 mil animais, entre a pecuária para corte e leite. O gado leiteiro tem aproximadamente 1.800 cabeças, produzindo 12 mil litros diariamente (DIOGO DE VASCONCELOS, 2021).

No que tange os aspectos pluviométricos do local, a região de estudo é acometida com certa frequência pela escassez hídrica, que afeta diretamente a disponibilidade de água destinada para a irrigação local. Esta escassez é ainda mais grave durante os primeiros três meses do inverno, onde a precipitação acumulada mensal baixa é um dos principais motivos pelos quais os reservatórios não fornecem volume suficiente para todas as atividades de consumo. Os valores de precipitação acumulada para esses meses são de 16,5 mm para o mês de Junho, de 9,5 mm para Julho e de 20,2 mm para Agosto.

Em relação ao sistema de captação de água da chuva proposto pelo presente trabalho, este foi projetado para ser implementado em uma residência localizada na zona rural de Miguel Rodrigues do município de Diogo de Vasconcelos. A unidade residencial (Figura 4.1) possui 1000 m² de extensão e está localizada em uma comunidade de população majoritariamente idosa, com atividades voltadas à agricultura de subsistência.

Figura 4.1 - Local da residência no qual o SCAC foi projetado.



Fonte: Google Earth (2021).

O sistema de aproveitamento de águas pluviais proposto neste trabalho será localizado nas coordenadas UTM 680.833,81 m E, 7.736.662,26 m S de zona 23S e tem como objetivo prover abastecimento complementar de água não potável para atividades de irrigação das hortas do terreno, caracterizadas pelo plantio de milho, feijão, tomate, couve, cebolinha, alface, flores, etc.

4.3. Dimensionamento dos Componentes do SCAC

Para dimensionamento dos componentes do SCAC, foi realizado um levantamento de dados de entrada relativos às demandas de água do usuário, às características do local de instalação do SCAC e às especificidades do projeto estabelecidas pela autora.

Para coletar alguns dados referentes as medidas da residência e avaliar o local de instalação do projeto, foi realizada uma visita *in-loco*. Na ocasião, foi possível avaliar as principais demandas do usuário, coletar dados de projeto e fazer registros fotográficos do local.

4.3.1. Estimativa de demanda mensal do usuário

A finalidade da demanda de consumo de água definida foi de uso da água pluvial captada para a rega de plantas, com a qual o usuário poderá realizar a irrigação de culturas de plantio que ali definir. Para estes fins, Tomaz (2010) estabelece uma estimativa de consumo local para estes usuários a partir de uma taxa de utilização de 2 litros/dia/m², conforme a seguinte equação:

$$D = A_j \times 2 \text{ litros/dia/m}^2 \times n \quad \text{(Equação 4.1)}$$

Onde:

D = Demanda de água mensal para fins de rega de plantas (m³/mês);

A_j = Área de jardim irrigável (m²);

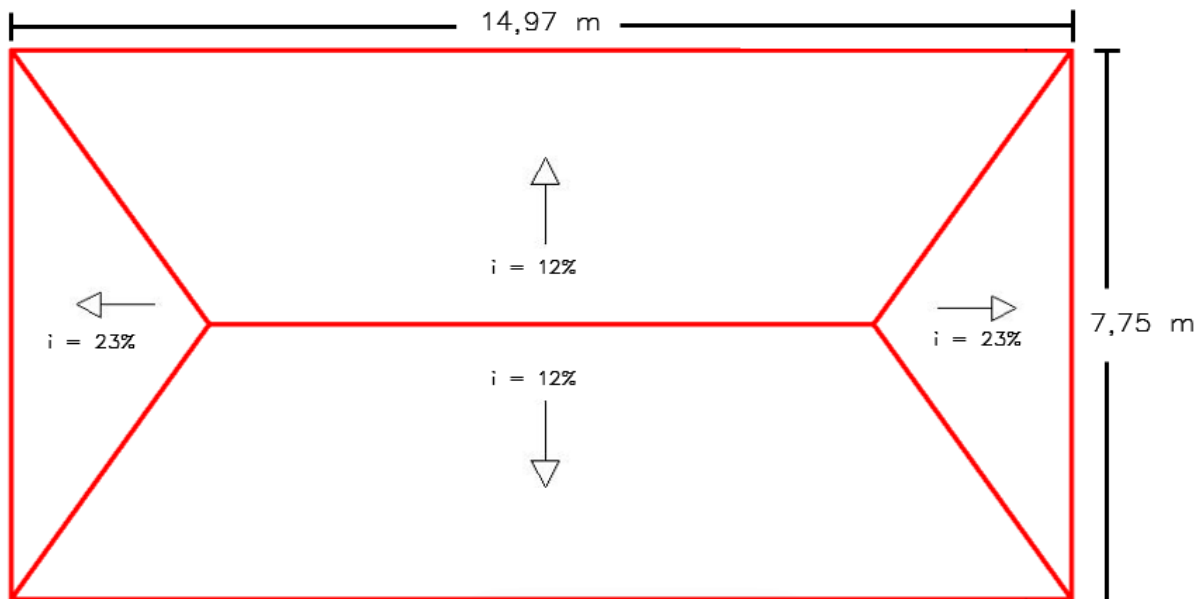
n = quantidade de dias de utilização da água pluvial (dias).

Para o presente trabalho, definiu-se uma área de abrangência de 40 m² para o qual o SCAC deve fornecer o abastecimento de água pluvial durante 8 dias do mês, em um regime de rega de 2 vezes por semana.

4.3.2. Área de Contribuição

A área de contribuição é aquela que receberá água da chuva, transportando-a até condutores verticais e horizontais. A definição desta área de captação de água pluvial influencia no volume de água inicial de descarte e na oferta de água para o reservatório. O cálculo desta área é definido a partir das características de superfície do telhado ao qual o projeto se dará. A residência em questão possui superfície de telhado de tipo 4 águas (Figura 4.2).

Figura 4.2 - Telhado da residência com superfície inclinada tipo 4 águas.



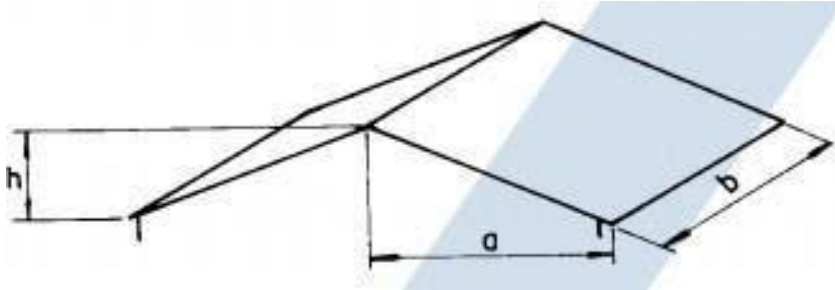
**PLANTA DE COBERTURA
SEM ESCALA**

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para dimensionamento da área de contribuição, a norma NBR 10.844 (ABNT, 1989) propõe a utilização de cálculo específico que é determinado conforme cada tipo de superfície de telhado.

Neste caso, o telhado é de superfície inclinada como o apresentado na Figura 4.3.

Figura 4.3 - Área de contribuição para superfícies inclinadas.



Fonte: ABNT NBR 10.844 (1989).

Para este tipo de telhado, a norma determina que sua área de contribuição (A_c) seja calculada conforme a Equação 4.2 (ABNT, 1989).

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

Equação 4.2

Onde:

A_c = Área de contribuição (m^2);

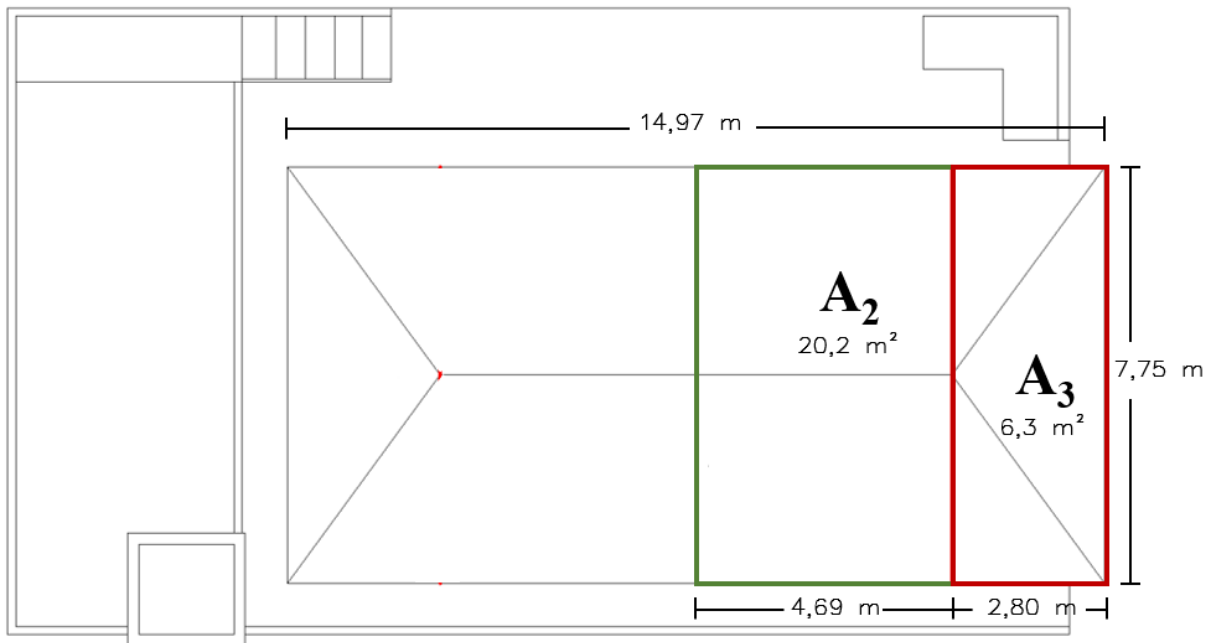
h = Altura do telhado (m);

a = Largura do telhado até a cumeeira (m);

b = Comprimento do telhado (m).

Como o telhado em questão é um telhado de tipo 4 águas, definiu-se 3 áreas de contribuição parceladas, neste caso, as áreas A_1 , A_2 e A_3 (Figura 4.4) para realização do cálculo de área de contribuição total do local de implementação do SCAC.

Figura 4.4 - Áreas de contribuição parceladas.



**PLANTA DE COBERTURA
SEM ESCALA**

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A Equação 4.3 fornece os dados totais da área contribuintes de captação de águas pluviais pelo telhado através da soma de todas as áreas de telhado parceladas pelo projetista.

$$A_t = \Sigma A_n$$

Equação 4.3

Onde:

A_t = Área de contribuição total (m²);

A_n = Área de contribuição do parcelamento n (m²).

4.3.3. Vazão das calhas

Para se fazer o dimensionamento das calhas que irão transportar o volume de água captado pelo telhado, foi necessário calcular a vazão de projeto da calha através do Método Racional (Equação 4.4) (ABNT, 1989). Esta equação considera os dados relativos à área de contribuição em m² (A_t) e à intensidade de precipitação (I) da região em mm/h.

$$Q_p = \frac{I \times A_t}{60}$$

Equação 4.4

Onde:

Q_p = Vazão de projeto (L/min);

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

A_t = Área total de contribuição (m²).

Sendo que, para o projeto do presente trabalho, a intensidade de precipitação foi definida em 150 mm/h, conforme a norma NBR 10.844 (ABNT, 1989) indica esse valor para áreas de contribuição com valor menor que 100 m². Além disso, em razão da saída da calha estar localizada entre 2 e 4 m de distância de uma mudança de direção das calhas de canto reto, foi acrescentado um fator multiplicativo de 1,1 à vazão conforme também define a mesma norma.

4.3.4. Calhas

Em função da pré-existência da calha ao projeto, fez-se necessário averiguar se a capacidade da calha suportar a vazão direcionada pelo telhado. Se trata de uma calha pré-existente se trata de uma calha retangular de aço galvanizado. Para isso, utilizou-se a Fórmula de Manning (Equação 4.5) e os dados relativos à vazão de projeto, conforme indicação da norma NBR 10.844 (ABNT, 1989).

$$Q_c = K \times \frac{S}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Equação 4.5

Onde:

Q_c = Vazão da calha (L/min);

K = 60.000 (ABNT, 1989);

S = Área de seção molhada (m²);

n = Coeficiente de rugosidade;

R_h = Raio hidráulico (m);

I = Declividade da calha (m/m).

O coeficiente de rugosidade (n) adotado segue o valor de 0,011 definido pela norma NBR 10.844 (ABNT, 1989) para calhas de material de aço galvanizado (Figura 4.5). Os demais valores de largura, altura e declividade da calha foram obtidos através de medição *in-loco*.

Figura 4.5 - Coeficientes de rugosidade médios.

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

Fonte: Adaptado de NBR 10.844 (ABNT, 1989, Tabela 2, pág. 6).

Quando a capacidade de vazão escoada pela calha existente é maior que a vazão de projeto, infere-se que a calha existente é adequada. Caso contrário, deve se considerar que o dimensionamento da calha está incorreto e necessita ser reprojeta.

4.3.5. Condutores verticais e horizontais

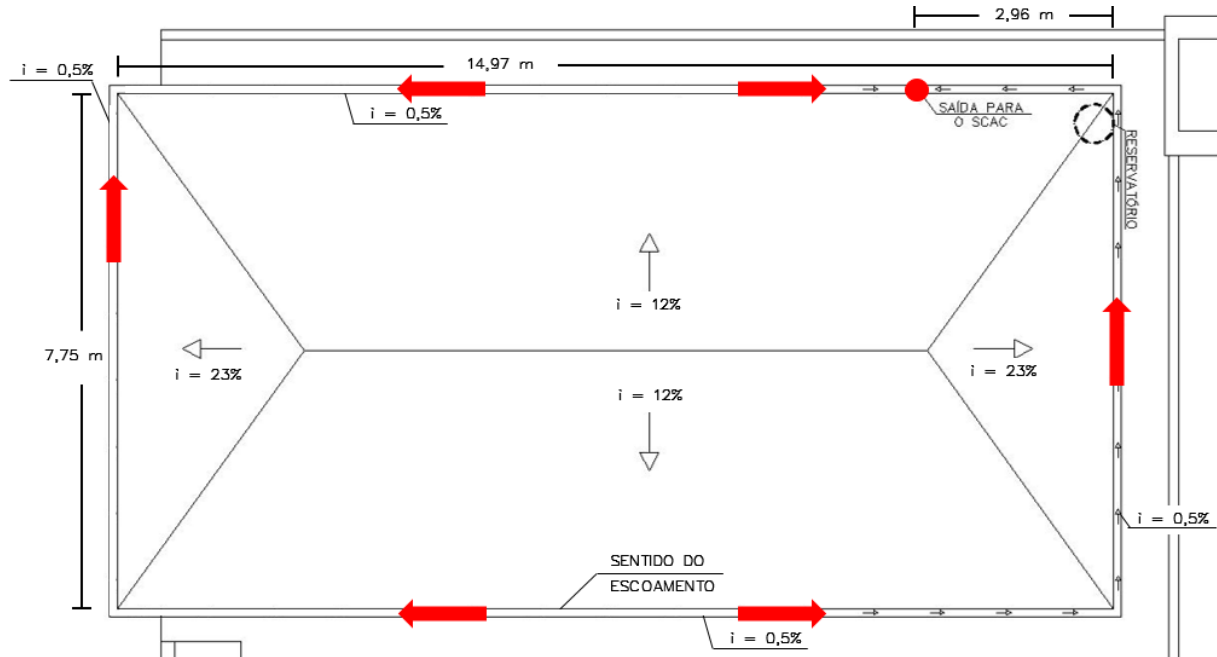
A norma NBR 10.844 (ABNT, 1989) estabelece que o diâmetro mínimo para condutores verticais deve ser de 70 mm e sugere a utilização dos ábacos para determinação de diâmetros de condutores verticais (ABNT, 1989, Figura 3, pág. 8). Estes ábacos levam em consideração 3 variáveis: vazão de projeto, em L/min (Q), altura de lâmina d'água na calha, em mm (y) e comprimento do condutor vertical (L), em m.

Já para os condutores horizontais, a norma estabelece que os condutos devem possuir no mínimo 0,5% de inclinação e sugere a utilização de uma tabela de capacidade de condutores horizontais de seção circular (ABNT, 1989, Tabela 4, pág. 9), que leva em consideração uma relação de enchimento de 2/3 do conduto, para definição do diâmetro.

No presente projeto, foi definido que os condutos seriam de material PVC, com coeficiente de rugosidade 0,011, e estabeleceu para condutos horizontais a inclinação de 1%.

Na residência em questão, as calhas da metade do telhado para a direita convergem para o único ponto de saída para o SCAC, que é apontado pela Figura 4.6. Nesta figura também pode-se observar o direcionamento dos fluxos de escoamento do telhado e das calhas.

Figura 4.6 – Planta de cobertura: saída vertical e direção do fluxo de escoamento.



**PLANTA DE COBERTURA
SEM ESCALA**

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

4.3.6. Volume first-flush

Para cálculo do volume de descarte das primeiras chuvas do SCAC, foi definido a atribuição da limpeza dos primeiros 2mm de água da chuva e dimensionado conforme Equação 4.6.

$$V_{first-flush} = \frac{A_t \times 2mm}{1000} \quad \text{Equação 4.6}$$

Onde:

$V_{first-flush}$ = Volume de descarte das primeiras águas da chuva (m³);

A_t = Área total de contribuição (m²).

4.3.7. Sistema de armazenamento de águas de descarte

Na concepção do dispositivo de descarte das primeiras águas da chuva foi utilizada a metodologia de Araújo (2017, págs. 33/34) para estimar o comprimento dos tubos necessários para armazenamento por condutos verticais. Esta metodologia leva em consideração a utilização do conceito de vasos comunicantes evidenciado pelo dispositivo automático de descarte de primeiras águas da chuva denominado DesviUFPE (LIMA et al., 2011, apud

ARAÚJO, 2017). Neste dispositivo, os primeiros milímetros de água da chuva são desviados do reservatório principal e armazenados em condutos verticais até terem seu volume completamente preenchido. Após preencherem o espaço dos condutos verticais, a água é direcionada para o reservatório (ARAÚJO, 2017).

Nesta metodologia de cálculo de comprimento de condutores verticais considera-se que uma unidade de tubo de 100 mm armazena cerca de 7,85 L de água, portanto, o comprimento demandado (L_{desc}) para o sistema se dá pela divisão do volume que seria descartado ($V_{first-flush}$) pelo volume que este tubo de 100 mm é capaz de armazenar (Equação 4.7).

$$L_{desc} = \frac{V_{first-flush}}{7,854 L} \quad \text{Equação 4.7}$$

Onde:

L_{desc} = Comprimento demandado (m);

$V_{first-flush}$ = Volume de descarte das primeiras águas da chuva (L);

A partir do comprimento demandado, é possível estabelecer a quantidade de condutos necessários para no sistema de armazenamento de volume de descarte através da Equação 4.8.

$$N^{\circ} \text{ de condutos} = \frac{L_{desc}}{L_{condutos}} \quad \text{Equação 4.8}$$

Onde:

N° de condutos = Número de condutos a serem utilizados para sistema de armazenamento de água de descarte (unidade)

L_{desc} = Comprimento demandado (m);

$L_{condutos}$ = Comprimento de cada conduto definido pelo projetista (m).

4.3.8. Volume do reservatório de água pluvial

Para determinação do volume do reservatório de água de chuva, utilizou-se o Método de Rippl, que usa séries históricas de precipitações e determina as vazões do reservatório para cada mês (TOMAZ, 2003 apud CORREA; BEZERRA e FURLANI, 2017). Este método usa como princípio o superdimensionamento do volume do reservatório, garantindo um atendimento completo da demanda mensal do usuário ao longo do ano. Neste método, o volume total do

reservatório é obtido a partir do maior valor da diferença acumulada, que é estabelecida através da diferença entre a demanda de água e o volume de chuva mensal a ser captado conforme as Equações 4.9, 4.10 e 4.11.

$$Q(t) = c \times P(t) \times A_t \quad \text{Equação 4.9}$$

Onde:

$Q(t)$ = Volume de chuva no tempo t (m^3);

c = Coeficiente *run-off* (adimensional);

$P(t)$ = Precipitação no tempo t (mm);

A_t = Área total de contribuição (m^2).

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad \text{Equação 4.10}$$

Onde:

$S(t)$ = Volume de água no reservatório no tempo t (m^3);

$D(t)$ = Demanda de água no tempo t (m^3);

$Q(t)$ = Volume de chuva no tempo t (m^3).

$$V = \sum S_t, \text{ apenas para valores } S(t) > 0 \quad \text{Equação 4.11}$$

Onde:

V = Volume do reservatório (m^3).

O coeficiente *run-off*, necessário para verificação da quantidade verdadeiramente destinada para o reservatório, foi definido de acordo com as características do material do telhado da residência conforme o quadro da Figura 4.7.

Figura 4.7 - Coeficientes *run-off* médios.

Material	Coeficiente de <i>run-off</i>
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas de amianto	0,80 a 0,90
Plástico	0,90 a 0,95

Fonte: Tomaz (2010).

No local de implementação do SCAC, observou-se a existência de telhas de cerâmica, portanto, o coeficiente *run-off* utilizado foi de 0,90, considerando que 90% da água da chuva interceptada pelo telhado será escoada diretamente para a calha.

Para o reservatório, foi estimado o volume da água da chuva necessário para atender a demanda durante todos os meses de captação pelo SCAC.

4.4. Tempo de Retorno de Investimento

O método de *payback* definido para esta etapa do trabalho foi o método simples. A escolha foi feita por se tratar de um projeto de baixo risco e de pequeno porte. As equações 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15 deste tópico de Tempo de Retorno de Investimento são todas de autoria própria.

Dessa forma, para obtenção de dados necessários à avaliação do período de retorno de investimentos, foi utilizada a Tabela de Tarifas Aplicáveis a Usuários (Figura 4.8) da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA (COPASA, 2021). Esta parte permite obter a definição de custos associados ao consumo de água total e de rega da residência.

Figura 4.8 - Tabela de Tarifas Aplicáveis aos Usuários da COPASA.

Categorias	Faixas	Água	Esgoto	Unidade
Residencial Social	Fixa	7,92	5,86	R\$/mês
	0 a 5 m ³	0,91	0,68	R\$/m ³
	> 5 a 10 m ³	1,943	1,438	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	3,011	2,228	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	4,111	3,043	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	10,458	7,739	R\$/m ³
	> 40 m ³	12,759	9,441	R\$/m ³
Residencial	Fixa	17,61	13,03	R\$/mês
	0 a 5 m ³	1,82	1,35	R\$/m ³
	> 5 a 10 m ³	3,886	2,876	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	6,023	4,457	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	8,222	6,084	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	10,458	7,739	R\$/m ³
	> 40 m ³	12,759	9,441	R\$/m ³

Fonte: COPASA (2021).

A partir dos valores fixos e variáveis de tarifas da COPASA, do volume de consumo médio por habitante definidos em 70 L/dia/hab (ARKSY e BARBOSA, 2011) e do volume de demanda diária de água com regas pelo usuário (D_{dia}), foi realizado o cálculo do gasto anual com água na residência (Equação 4.13). O valor de D_{dia} pode ser observado a partir da Equação 4.12. A residência do projeto possui um habitante.

$$D_{dia} = (N_{hab} \times CMH) + \frac{D \times 1000 L}{31 \text{ dias}} \quad \text{Equação 4.12}$$

Onde:

D_{dia} = Demanda de água total diária (L/dia);

N_{hab} = Número de habitantes (hab)

CMH = Consumo médio por habitante (L/dia/hab)

D = Demanda de água para fins de rega de plantas (m³/mês);

Apesar de o volume de água distribuído para fins de rega não ser convertido em esgoto, considera-se que a COPASA o inclui nos gastos totais de saneamento da residência. Isto se dá, pois a companhia não tem o controle dos fins da água em cada residência, por isso, neste caso, o valor total da conta de água e esgoto incluem regas de jardins como se tivessem um retorno para a rede.

Para avaliar os valores que acrescentam valores na conta como esgoto, considerou-se COPASA estipula a cobrança de esgoto em cima de um valor de 80% do volume de água consumido. Este valor é determinado pela Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais – ARSAE - MG, que determina que o faturamento do esgoto sob essa medida (ARSAE - MG, 2019). Este valor também é endossado pela NBR 9649 (ABNT, 1986), que considera o Coeficiente de Retorno de esgoto como 0,8 do valor consumido de água.

Os valores dos gastos do consumo da água na residência foram obtidos através de cálculos elaborados pela autora, conforme se vê a seguir na Equação 4.13. As faixas de cobrança de R\$1,82 e R\$1,35 da COPASA são respectivamente referentes aos valores de taxa variável de água e esgoto por m³ de água consumida (Figura 4.8).

$$G_a = \left[(TF_a + TF_e) + \left(D_{dia} \times \frac{31 \text{ dias}}{1000 L} \times (TV_a + TV_e \times 0,8) \right) \right] \times 12 \text{ meses} \quad \text{Equação 4.13}$$

Onde:

G_a = Valor dos gastos do consumo de água da residência (R\$/ano);

TV_a = Taxa fixa de água (R\$);

TF_e = Taxa fixa de esgoto (R\$);

TV_a = Taxa variável de água (R\$/m³);

TV_e = Taxa variável de esgoto (R\$/m³); e

D_{dia} = Demanda de água total diária (L/dia).

Em seguida, verificou-se a representatividade percentual da rega de plantas e hortas em relação ao volume de água gasto diariamente (Equação 4.14).

$$R_p = \frac{D}{(D_{dia} + D)} \times 100 \quad \text{Equação 4.14}$$

Onde:

R_p = Representatividade percentual de consumo de água com rega sobre o total consumido (%);

D_{dia} = Demanda de água total diária (L/dia);

D = Demanda de água mensal para fins de rega de plantas (L/dia);

Com este valor, foi possível determinar o valor de economia a partir da implementação do SCAC e, assim, dividi-lo pelo preço total do sistema, a fim de se obter o período de retorno de investimento em anos (Equação 4.15).

$$P_b = \frac{G_a}{\text{Preço SCAC}} \times R_p \quad \text{Equação 4.15}$$

Onde:

P_b = *Payback* (anos);

G_a = Valor dos gastos do consumo de água da residência (R\$/ano);

R_p = Representatividade percentual de consumo de água com rega sobre o total consumido (%);

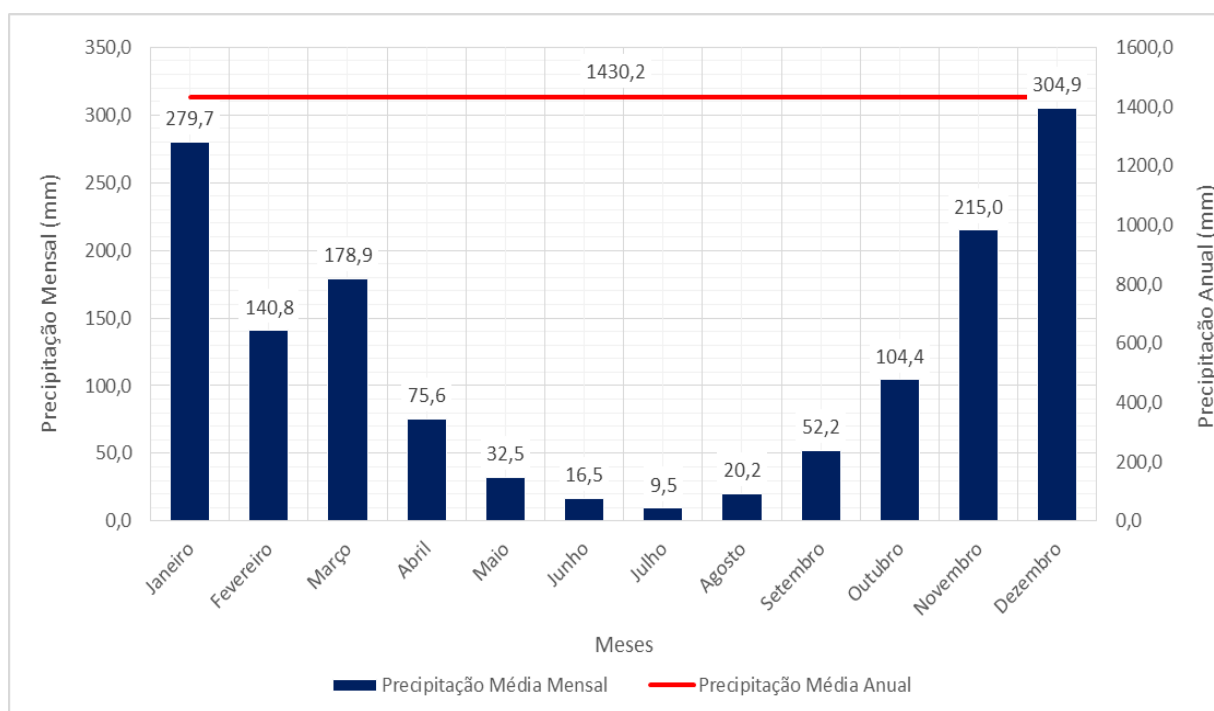
Preço SCAC = Preço do SCAC avaliado via orçamento (R\$).

5. RESULTADOS

5.1. Dados Hidrometeorológicos da Área de Estudo

O regime de precipitações anuais médias para o município Diogo de Vasconcelos/MG, onde o SCAC será implantado, é de 1430,2 mm. O local apresenta um regime diversificado de chuvas ao longo dos meses, demonstrando ter um menor volume de precipitação nos meses do inverno conforme a Figura 5.1.

Figura 5.1 - Precipitação acumulada para estação Fazenda Paraíso da ANA.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

5.2. Regime de Abastecimento de Água e Usos do SCAC

É importante destacar que o local de implementação do SCAC apresenta intermitências frequentes no abastecimento de água pelo sistema público durante os meses do inverno, o que compromete a rega das plantações.

Por isso, o SCAC foi projetado tendo em vista o suprimento de águas com fins não potáveis de regas de jardins, plantações e hortas de uma área externa à residência de 40 m².

5.3. Dimensionamento dos Elementos do SCAC

Os resultados do dimensionamento dos elementos do SCAC são apresentados a partir da seguinte ordem pela Figura 5.2: (1) estimativa de demanda do usuário; (2) área de contribuição; (3) vazão de projeto; (4) vazão da calha; (5) diâmetro dos condutores verticais e horizontais; (6) volume de descarte; (7) comprimento total dos condutos para volume de descarte; e (8) volume do reservatório.

Figura 5.2 - Resultados obtidos para o dimensionamento de elementos do SCAC

Cálculo		Variável	Valor	Unidade de medida	Equação
1	Estimativa de demanda do usuário	Nº de dias de uso do sistema	2	dias/semana	-
		Demanda de água para fins de rega de plantas (D)	0,64	m ³ /mês	4.1
		Área de jardim irrigável (A _j)	40	m ²	-
2	Área de contribuição	Área de contribuição total (A _t)	26,50	m ²	4.2 e 4.3
3	Vazão de projeto	Intensidade pluviométrica (I)	150	mm/h	-
		Vazão de projeto (Q _p)	72,87	L/min	4.4
4	Vazão da calha	Largura da calha (b)	12	cm	-
		Altura da calha (y)	9	cm	-
		Vazão da calha (Q _c)	203,55	L/min	4.5
5	Diâmetro dos condutores verticais e horizontais	Diâmetro conduto vertical (D _v)	100	mm	-
		Diâmetro conduto horizontal (D _h)	100	mm	-
6	Volume de descarte	Volume de descarte das primeiras águas da chuva (V _{first-flush})	0,053	m ³	4.6
7	Sistema de Armazenamento para volume de descarte	Altura dos condutos verticais (L _{cond})	1,7	m	-
		Comprimento demandado (L _{desc})	3,4	m	4.7
		Número de condutos	2	un.	4.8

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Em relação ao volume do reservatório, os valores obtidos através de Método de Rippl podem ser observados mês a mês conforme a Tabela 5.1. Os cálculos foram elaborados pela aplicação das Equações 4.9, 4.10 e 4.11.

Tabela 5.1 - Dimensionamento do reservatório de água da chuva.

Meses	Prec. média mensal (mm)	Demanda (m ³ /mês)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Vol. Demanda - Volume chuva (m ³)	Diferença acumulada (+) (m ³)
	P(t)	D(t)	D	Q(t)	S(t)	V
Jan	279,7	0,64	26,50	6,7	-6,03	-
Fev	140,8	0,64	26,50	3,4	-2,72	-
Mar	178,9	0,64	26,50	4,3	-3,63	-
Abr	75,6	0,64	26,50	1,8	-1,16	-
Mai	32,5	0,64	26,50	0,8	-0,14	-
Jun	16,5	0,64	26,50	0,4	0,25	-
Jul	9,5	0,64	26,50	0,2	0,41	-
Ago	20,2	0,64	26,50	0,5	0,16	0,82
Set	52,2	0,64	26,50	1,2	-0,60	-
Out	104,4	0,64	26,50	2,5	-1,85	-
Nov	215	0,64	26,50	5,1	-4,49	-
Dez	304,9	0,64	26,50	7,3	-6,63	-
Total	1430,2	7,68		34,1		

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

5.4. Discussão dos valores de dimensionamento

5.4.1. Calha

Sobre a avaliação da capacidade de suporte da calha pré-existente, pode-se aferir que o dimensionamento da vazão está correto, uma vez que a vazão de projeto é menor que a vazão suportada pela calha ($Q_p = 72,87 \text{ L/min} < Q_c = 203,55 \text{ L/min}$). Sendo assim, não é necessário realizar a troca da calha da residência, apenas instalar o SCAC ao bocal de saída da água pluvial.

Segundo a NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019), a frequência de manutenção da calha deve incluir uma inspeção semestral e limpeza quando necessário.

5.4.2. Conduitos verticais e horizontais

Os conduitos verticais determinados pelo projeto são compatíveis com o valor de diâmetro do bocal pré-existente na calha, que também é de 100 mm. Além disso, o diâmetro de 100 mm foi estrategicamente definido após dimensionamento de diâmetro mínimo de projeto, pois garante um número menor de conduitos verticais para o sistema de armazenamento de água das primeiras chuvas.

Os conduitos horizontais seguem o mesmo diâmetro dos conduitos verticais a fim de manter a padronização de produtos a serem comprados pelo usuário, não implicando em aumento significativo no orçamento de materiais.

5.4.3. Reservatório

No que diz respeito ao reservatório, o valor de volume determinado pelo Método de Rippl foi de 820 litros (V). Porém, considerando uma escolha de modelo padrão de mercado, foi escolhido um reservatório de 1000 litros, da marca Fortlev.

É importante ressaltar que o reservatório proporciona um alto volume de água armazenado ao longo dos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro, enquanto o mês de Julho, no inverno, chega a ser um período crítico de fornecimento de água ao usuário.

Sobre a utilização da água do reservatório para irrigação, a água do mesmo deverá ser recolhida através de mangueira ou balde.

5.4.5. Filtro de pré-tratamento

Para remoção de eventuais detritos que tragam prejuízos à coleta de água do reservatório por meio de mangueiras, foi definido que haveria instalação de um filtro com tela de mosquiteiro para o SCAC. Este filtro é feito pelo próprio assistente de obras que realizará a instalação do sistema, entrando para o orçamento, portanto, apenas como o custo da tela de mosquiteiro.

A manutenção deste filtro deve ser feita regularmente pelo usuário conforme define a NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019). Denominado como “Dispositivo de descarte de detritos”, a norma dispõe que o mesmo deve ser inspecionado mensalmente e limpo a cada trimestre.

5.4.6. Armazenamento de volume de descarte

O sistema de armazenamento de volume *first-flush* recupera 53 litros do volume das primeiras águas da chuva que seriam descartadas. Essa água pode ser utilizada para irrigar outras plantas da área do terreno da residência.

Para coleta desse volume, foi definido que a saída do sistema de armazenamento de *first-flush* seria vedada com um cap rosqueável, sem orifícios, para armazenamento. Neste sentido, como não há descarte automático do volume de água de descarte, sugere-se que o aproveitamento do mesmo seja feito a cada fim de chuva, tanto para evitar eventual sobrecarga sobre o sistema quanto para garantir uma melhor qualidade da água no reservatório. Esse esvaziamento do sistema de armazenamento se faz através do desrosqueamento do cap.

Por fim, segundo a NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019), a frequência de manutenção do dispositivo de descarte/armazenamento de escoamento inicial deve incluir uma inspeção mensal e limpeza trimestral.

5.5. Payback

Considerando que o SCAC garante o volume de água necessário para fins de regas na área determinada pelo projeto, pode-se dizer, então, que o valor gasto com este uso deixa de existir em 100% após a implementação do sistema.

Dessa forma, ao aplicar o método de *Payback*, verifica-se que, com uma economia de R\$ 98,41/ano na conta de água e um custo de R\$ 1345,07 para implementação do SCAC, o sistema se paga em um período de 13,7 anos (Tabela 5.2)

Dentro da análise do valor de *payback*, é interessante considerar que a residência possui atualmente 10 anos de existência. Ou seja, ao se avaliar que a vida útil de um imóvel é de 50 anos (LOPES, 2013) e o período de retorno de investimento se encaixa nesse intervalo, tem-se a expectativa de que o sistema gere futuras economias ao usuário durante sua vida útil.

Tabela 5.2 - Payback do SCAC para fins de rega de plantas

Parâmetros	Valor	Unidade	Fonte	Equação
Tarifa fixa de água (TF _a)	R\$ 17,61		COPASA	-
Tarifa fixa de esgoto (TF _e)	R\$ 13,03		COPASA	-
Tarifa variável de água > 0 a 5 m ³ (TV _a)	R\$ 1,82	/m ³ .mês	COPASA	-
Tarifa variável de esgoto > 0 a 5 m ³ (TV _e)	R\$ 1,35	/m ³ .mês	COPASA	-
Consumo Médio por Habitante (CMH)	70	L/dia/hab	ARKSY e BARBOSA (2011)	
Número de habitantes (N _{hab})	1	hab		-
Demanda de água para fins de rega de plantas (D)	0,64	m ³ /mês		4.1
Demanda diária total do usuário (D _{dia})	90,65	L/dia		4.12
Gasto anual com água (G _a)	R\$ 432,09	/ano		4.13
Representatividade da rega sobre o valor total de consumo (R _p)	22,78%			4.14
Preço do SCAC	R\$ 1345,07		APÊNDICE B	
Economia com SCAC	R\$ 98,41	/ano		4.15
Payback	13,7	anos		

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

5.6. Projeto e Orçamento

As representações gráficas do projeto do SCAC e o orçamento do sistema podem ser vistos nos APÊNDICES A e B.

6. CONCLUSÕES

Através do presente trabalho, foi possível realizar a concepção de um Sistema de Captação de Água da Chuva que apoia o desenvolvimento de Tecnologias Sociais e a proposição de ferramentas adicionais para superação de problemas ambientais relacionados ao estresse hídrico.

Além de garantir o abastecimento contínuo ao usuário, o projeto dispõe de um design moderno e bastante inovador que dá valor e utilidade às primeiras águas da chuva. Com sua implementação, o usuário ajuda a reduzir pressão sobre o sistema de drenagem urbana e ainda reduz os custos associados ao consumo de água potável. Também é importante ressaltar que o reservatório garante o abastecimento até mesmo nos períodos mais críticos, pois foi superdimensionado pelo Método de Rippl.

O sistema de armazenamento de volume *first-flush* acrescentou e armazenou um total de 53 litros ao usuário. Na avaliação do tempo de retorno de investimentos, os resultados apontam que o SCAC tem o *payback* de 13,7 anos.

Para concluir, este trabalho ressalta a importância desses sistemas na construção de comunidades resilientes. Garantir um abastecimento hídrico eficiente, mesmo que para fins não restritivos, é garantir a soberania popular frente às alterações do clima que tendem a piorar nos próximos anos segundo o IPCC (2021).

7. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que o usuário esvazie e/ou utilize o sistema de armazenamento de volume *first-flush* ao fim de cada chuva. Recomenda-se que seja colocado um adesivo que conste sobre a não ingestão da água desse sistema por parte dos usuários.

Recomenda-se que seja avaliada a possibilidade de realizar o tratamento do volume de *first-flush* por métodos de desinfecção de águas sugeridos pela norma NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) ou por métodos robustos de tratamento de água já estudados por pesquisadores no meio acadêmico, caso o usuário opte pela utilização dessas águas para fins mais restritivos.

Trabalhos que utilizaram biopolímeros naturais para desinfecção de águas, como o de Pereira, Meira e Sousa (2019), Lima et al. (2017) e Abreu Lima (2007) já apontam para redução de parâmetros de turbidez, cor aparente, *Escherichia coli* e de Coliformes Totais. Sendo assim, os tratamentos por biopolímeros naturais são opções altamente recomendadas devido ao seu baixo-custo e grande disponibilidade.

Por fim, recomenda-se a manutenção e encaminhamento de novas políticas públicas de suporte a projetos e usuários que tenham interesse em construir e manter tecnologias ambientais sustentáveis no âmbito da temática dos recursos hídricos. Em função das crises hídricas recentes no Brasil, reduzir a pressão sobre os reservatórios naturais, pode ser uma das respostas para redução de prejuízos à população.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 9.649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ABNT. **NBR 10.884**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ABNT. **NBR 15.527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABREU LIMA, G. J. **USO DE POLÍMERO NATURAL DO QUIABO COMO AUXILIAR DE FLOCULAÇÃO E FILTRAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ANA. **Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica**. 2017. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/porta1/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021

ANA. **Portal HidroWeb**. 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ANAZAWA, T. M.. **A grave escassez hídrica e as dimensões de um desastre socialmente construído**: a Região Metropolitana de Campinas entre 2013-2015. 2017. 1 recurso online (369 p.). Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, SP. Acesso em: 20 ago. 2021.

ARAÚJO, L. F.. **DESVIUFPE COMO BARREIRA SANITÁRIA PARA MELHORIA DA QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA EM ZONA RURAL: DETERMINAÇÃO DE DEPOSIÇÃO SECA E MELHORIA DE DESEMPENHO**. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017.

ARSAE-MG. (org.). **CARTILHA SOBRE ESGOTO**: COPASA-MG COPANOR. Belo Horizonte: Arsae-Mg, 2019. 19 p. Disponível em: http://www.arsae.mg.gov.br/images/Arq_Cartilhas/Cartilha%20sobre%20Esgoto%202019%20-%20site.pdf. Acesso em: 23 jan. 2022.

BERNARDES, M. B. J. ; NEHME, V. G. F. ; PEREIRA, K.G.O ; BORTOLOZO, B. C. . Água, seiva da vida: uma experiência de Educação Ambiental. In: **Anais do 12º Encontro de Geógrafos da América Latina (EGAL)**, 2009, Montevideo. 12 Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009.

BRASIL. CASA CIVIL. **Programa Cisternas do Governo Federal garante a segurança alimentar ao semiárido nordestino**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2020/agosto/programa-cisternas-do-governo-federal-garante-a-seguranca-alimentar-ao-semiarido-nordestino>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BRASIL. CASA CIVIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. Brasília, DF, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 20 ago. 2021.

BRASIL. SENADO FEDERAL. **A CRISE HÍDRICA E SUAS CONSEQUÊNCIAS**. 2014. Boletim Legislativo Nº 27. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/boletins-legislativos/bol27>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BREMENKAMP CONSTRUÇÃO. **ESCOLHENDO O TELHADO ADEQUADO PARA SUA CASA**. 2019. Disponível em: <https://bremenkamponstrucao.com.br/escolhendo-o-telhado-adequado-para-sua-casa/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BRUNI, J. C.. A água e a vida. **Rev. Sociol. Usp**, São Paulo, v. 5, n. 1-2, p. 53-65, nov. 1994. Acesso em: 20 ago. 2021.

CESAR, B. S. S. G.. **DIAGNÓSTICO DO PERFIL DE CONSUMO E PROPOSTA DE PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM CENÁRIOS DE CRISE HÍDRICA**. 2016. 109 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2016. Acesso em: 20 ago. 2021.

CETESB. **O problema da escassez de água no mundo**. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

COPASA. **RESOLUÇÃO Nº 154, DE 28 DE JUNHO DE 2021**. Minas Gerais, 28 jun. 2021. Disponível em: <https://copasaportalprd.azurewebsites.net/Copasa.Portal/Services/CurrentRates>. Acesso em: 27 dez. 2021.

CPRM. **Coisas que Você Deve Saber sobre a Água**. 2021. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Canal-Escola/Coisas-que-Voce-Deve-Saber-sobre-a-Agua-1084.html>. Acesso em: 20 ago. 2021.

CORRÊA, L. N.; BEZERRA, A. E.; FURLANI, C. E. A.. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO PARA RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL. In: III WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2017, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Água no Semiárido, 2017. p. 1-7.

DEMAE-GO. DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE CALDAS NOVAS. **Importância da água para nossa vida**. 2021. Disponível em: <https://www.demae.go.gov.br/projetos/importancia-da-agua-para-nossa-vida/#>. Acesso em: 15 ago. 2021.

DIOGO DE VASCONCELOS. PREFEITURA MUNICIPAL DE DIOGO DE VASCONCELOS.. **Agronegócio**: principais atividades econômicas municipais. **PRINCIPAIS ATIVIDADES ECONÔMICAS MUNICIPAIS**. 2021. Disponível em: <http://www.diogodevasconcelos.mg.gov.br/index.php/agronegocio/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

EPE. **Matriz Energética e Elétrica**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 20 ago. 2021.

FAVRETTO, C. R.. **CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO NA LAVAGEM DE VEÍCULOS: ESTUDO DE CASO PARA O MUNICÍPIO DE PELOTAS - RS**. 2016. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2016/10/TCC-CARLIANA-FAVRETTO.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

FGV. **USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA**. Rio de Janeiro: Fgv Energia, 2019. 12 p. 12 f. (Caderno Opinião). Acesso em: 20 ago. 2021. p. 4.

FRANCO, R. P.. **CAPTANDO CONSCIÊNCIA: UMA PROPOSTA DE UM SISTEMA PILOTO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**. 2020. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.. Acesso em: 06 jul. 2021.

GOMES, M. A. F.. **Água**: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã. Embrapa. Brasília, p. 1-4. mar. 2011. Disponível em: https://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>, 2021.

IBGE. **Diogo de Vasconcelos**: panorama. Panorama. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/diogo-de-vasconcelos/panorama>. Acesso em: 20 ago. 2021.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL. **Tecnologia Social no Brasil**: direito à ciência e ciência para a cidadania. São Paulo: Editora Raiz, 2004. 40 p. (Caderno de Debate). Disponível em: https://docs.wixstatic.com/ugd/85fd89_2f2b4f97fcb0441191e370e278303b7c.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

IPCC (org.). **CLIMATE CHANGE 2021**: the physical science basis. IPCC, 2021. 42 p. (AR6).

IPEA. **CRISES HÍDRICAS: TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NO COMBATE À INSUFICIÊNCIA DE ÁGUA**. COMO o mundo está tratando o problema da escassez da água a partir do uso da tecnologia e inovação. 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/96-crisis-hidricas-tecnologia-e-inovacao-no-combate-a-insuficiencia-de-agua>. Acesso em: 20 ago. 2021.

JABUR, A. S.; BENETTI, H. P.; SILIPRANDI, E. M.. APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS. In: VII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Pato Branco. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Cneg, 2011. p. 1-13. Acesso em: 06 jul. 2021.

KIRUGARA, D.; FERNÁNDEZ, D. O.. 7. Recursos hídricos. **GMES AND AFRICA: Water Resources Management Chapter**, Nigéria, p. 1-18, 2013.

LIMA, B. C.; PINGUELO, G. C. B.; VERNASQUI, L. G.; TEIXEIRA, G. G.; SILVA-MEDEIROS, F. V.. Influência do tempo de mistura lenta no uso de quiabo como floculante aplicado associado ao policloreto de alumínio. **Brazilian Journal Of Food Research**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 13, 31 dez. 2017.

LOPES, J. T. D. DEPRECIACÃO DE EDIFICAÇÕES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 17., 2013, Florianópolis. **Apresentação**. Florianópolis: Ibap/Sc, 2013. p. 1-23. Disponível em: <http://ibape-nacional.com.br/site/wp-content/themes/Nicol/documentos-xvii-cobreap/Deprecia%E7%F5es.XVII%20COBREAP.2013%20-%20Joe%E9%20Tracisio.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.

LORENZET, L.. **ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INVESTIMENTO DE UMA EMPRESA DO RAMO DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL COMPRIMIDO (GNC)**. 2013. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Contábeis, Centro de Ciências Econômicas, Contábeis e Comércio Internacional, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1662/TCC%20Leonardo%20Lorenzet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 dez. 2021.

MACHADO, R. M.. **ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEISEM EDIFICAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**. 2019. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, CEFET-MG, Belo Horizonte, 2019.

MARANHÃO. SEMA. **A importância da água para o Mundo**. 2020. Disponível em: <https://www.sema.ma.gov.br/a-importancia-da-agua-para-o-mundo-dia-mundial-da-agua/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

MARINOSKI, A. K.. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO: ESTUDO DE CASO EM FLORIANÓPOLIS - SC**. 2007. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Acesso em: 20 ago. 2021.

MARTINS, F. M.; MARQUES, R. S.. **ESTUDO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA ESCOLA DE ENSINO BÁSICO GENERAL OSVALDO PINTO DA VEIGA DE CAPIVARI DE BAIXO - SC**. 2017. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4285/1/TCC%20Engenharia%20Civil%20Fernando%20Mendes%20e%20Ramiro%20Souza.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.

PEDDE, S.; KROEZE, C.; RODRIGUES, L. N.. ESCASSEZ HÍDRICA NA AMÉRICA DO SUL: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2020., 2013, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. p. 1-8. Acesso em: 20 ago. 2021.

PEREIRA, T. I. O.; MEIRA, L.D.A.S; SOUSA, M.E.A. USO DA MUCILAGEM DO QUIABO COMO AGENTE FLOCULANTE NO TRATAMENTO DA ÁGUA DO RIO AMAZONAS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 28., 2019, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Entmme, 2019. p. 1-8.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. 4a ed. São Carlos: EESC, p.540, 2006.

OHNUMA JUNIOR, A. A.; SILVA, L. P.; PICCOLI, R.; PEIXE, C.. QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS EM REGIME DE FIRST FLUSH. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 10., 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. p. 1-4. Acesso em: 20 ago. 2021.

OLIVEIRA, G. G. A.. **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAIS**. 2018. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/187906/TCC%20-%20Giancarlo%20Groff%20Andrade%20Oliveira%20%28BU%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 jan. 2022.

OMM. **Système d'information hydrologique au service d'une gestion intégrée des ressources en eau**. Directives WHYCOS. Système mondial d'observation du cycle hydrologique. Organização Meteorológica Mundial - OMM. 2005

ONU. **World Population Prospects 2019**. 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>. Acesso em: 20 ago. 2021.

SILVA, C. E. , HENRIQUE, D. C., MIMURA, A. T. (2018). Análise do payback descontado em sistemas residenciais de captação de água de chuva no Estado de Santa Catarina. **Revista Produção Online**, 18(3), 1043–1075. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i3.3115>

SILVA, I. J. L.. **ANÁLISE QUANTITATIVA DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA CIDADE DE DELMIRO GOUVEIA-AL**. 2019. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/riufal/6206/1/%c3%81nalise%20quantitativa%20das%20primeiras%20%c3%a1guas%20de%20chuva%20para%20fins%20n%c3%a3o%20pot%c3%a1veis%20na%20cidade%20de%20Delmiro%20Gouveia-AL.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.

SORIANO, E.; LONDE, L. R.; GREGORIO, L. T.; COUTINHO, M. P.; SANTOS, L. B. L..
CRISE HÍDRICA EM SÃO PAULO SOB O PONTO DE VISTA DOS DESASTRES.
Ambiente e Sociedade, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 22-40, mar. 2016.

SILVA, E. M. S.; SILVA, A. C.; RIBEIRO, A. S.; CRUZ, S. H.. USO DO QUIABO
(ABELMOSCHUS ESCULENTUS) COMO FLOCULANTE NA DESESTABILIZAÇÃO
DE EMULSÕES ÓLEO/ÁGUA. **Holos**, Goiânia, v. 3, n. 1, p. 256-263, jul. 2014.
TIGRE. **Obras e Reformas**. 2021. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/obras-e-reformas/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas e fins não potáveis**.
Navegar Editora, São Paulo, 2010.

UNICEF. **Water scarcity**: addressing the growing lack of available water to meet children's
needs. Addressing the growing lack of available water to meet children's needs. 2021.
Disponível em: <https://www.unicef.org/wash/water-scarcity>. Acesso em: 20 ago. 2021.

WEST, L. G. M.. **USO DO QUIABO (Abelmoschus esculentus L. Moench) NO
PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO:
ENSAIOS PRELIMINARES**. 21. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e
Ambiental, UFRB, Cruz das Almas, 2016.

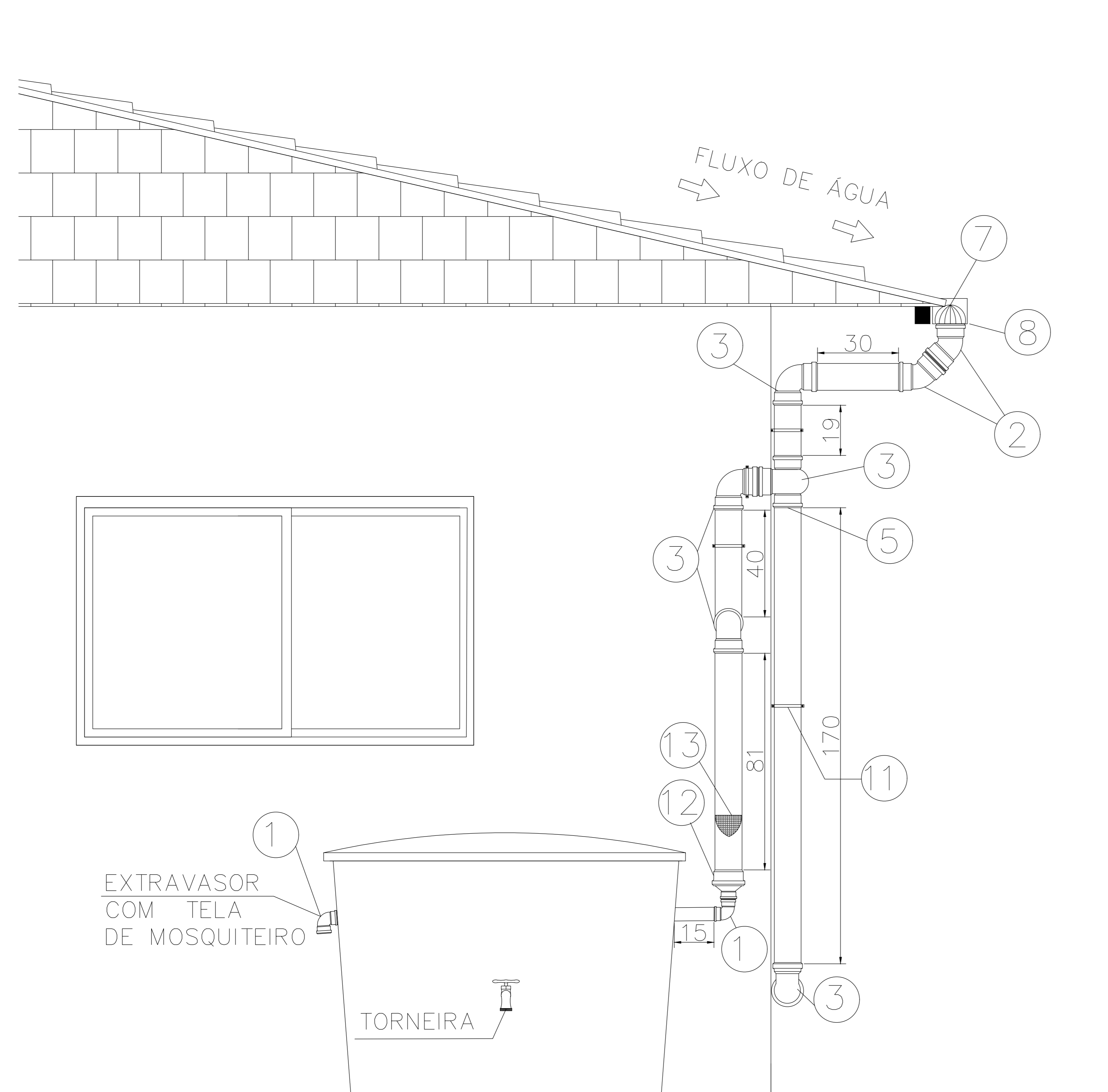
APÊNDICE A

Orçamento	
Obra:	Sistema de Captação de Água da Chuva para Residência
Tipo de Obra:	Residencial
Localização:	Diogo de Vasconcelos - MG
Moeda	Reais

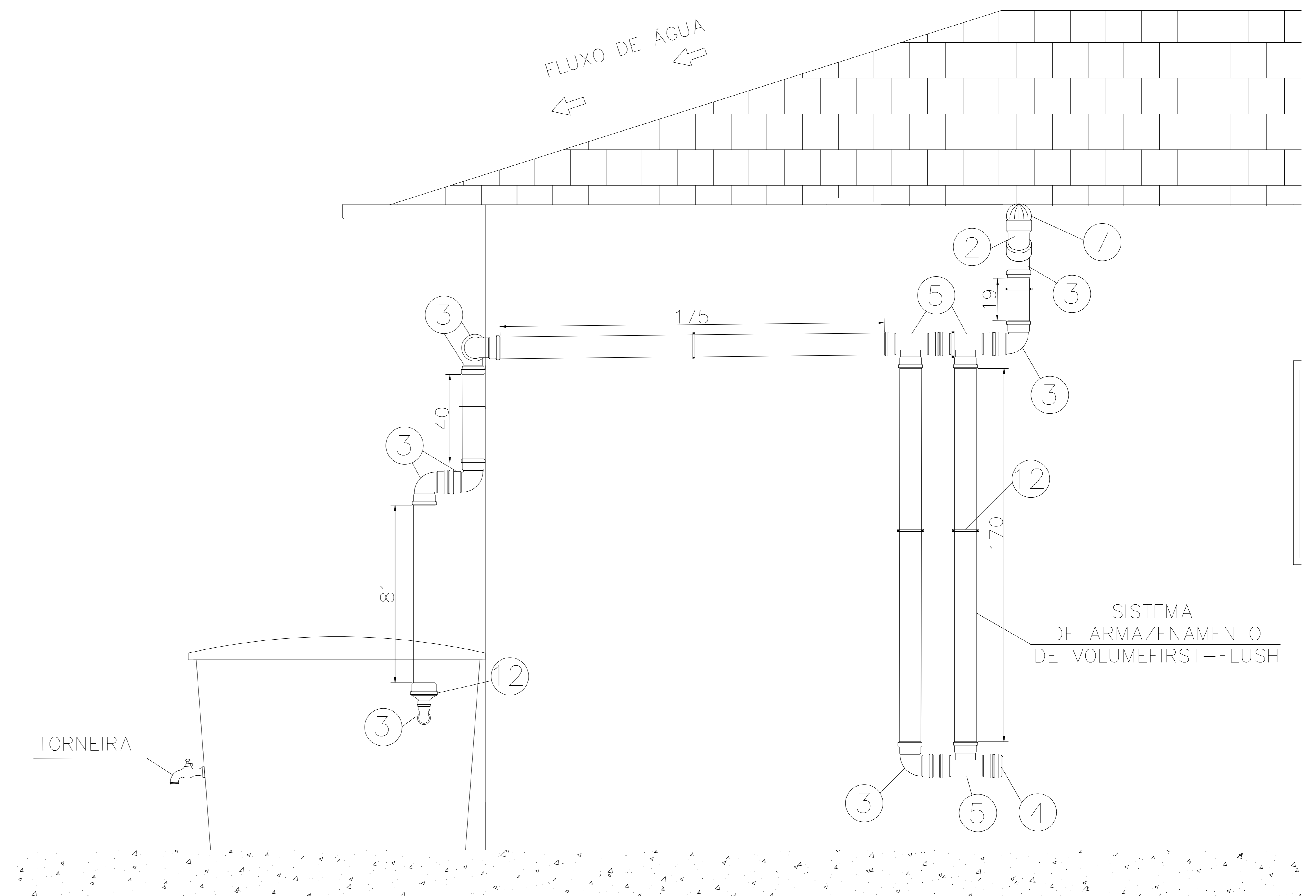
Código	Descrição	Unidade	Qty	Preço Unitário	Total
1	MATERIAIS				
1.1	Cap PVC 100mm	un.	1	R\$ 8,53	R\$ 8,53
1.2	Joelho 90° PVC 50mm	un.	4	R\$ 3,39	R\$ 13,56
1.3	Joelho 90° PVC 100mm	un.	7	R\$ 7,69	R\$ 53,83
1.4	Joelho 45° PVC 100mm	un.	2	R\$ 10,09	R\$ 20,18
1.5	Tê PVC 50mm	un.	1	R\$ 10,40	R\$ 10,40
1.6	Tê PVC 100mm	un.	3	R\$ 13,34	R\$ 40,02
1.7	Caixa d'água Polietileno 1.000L Azul Fortlev	un.	1	R\$ 389,90	R\$ 389,90
1.8	Tubo PVC 3m 100mm	un.	3	R\$ 41,99	R\$ 125,97
1.9	Grelha Hemisférica Flexível DN 88 -100	un.	1	R\$ 17,56	R\$ 17,56
1.10	Abraçadeiras Tipo U para Cano de 100mm	un.	6	R\$ 2,98	R\$ 17,88
1.11	Tela Mosquiteira Anti Inseto Em Nylon 1,00 X 1,00 Metros	un.	1	R\$ 7,24	R\$ 7,24
2	MÃO DE OBRA				
2.1	Instalação do Sistema de Captação de Água da Chuva por assistente de obras	horas	4	R\$ 60,00	R\$ 240,00
2.2	Supervisão por Engenheiro Ambiental e Sanitarista	horas	2	R\$ 100,00	R\$ 200,00
3	TRANSPORTE				
3.1	Fretamento de materiais - Transportadora	un.	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
				Total	R\$ 1.345,07

APÊNDICE B

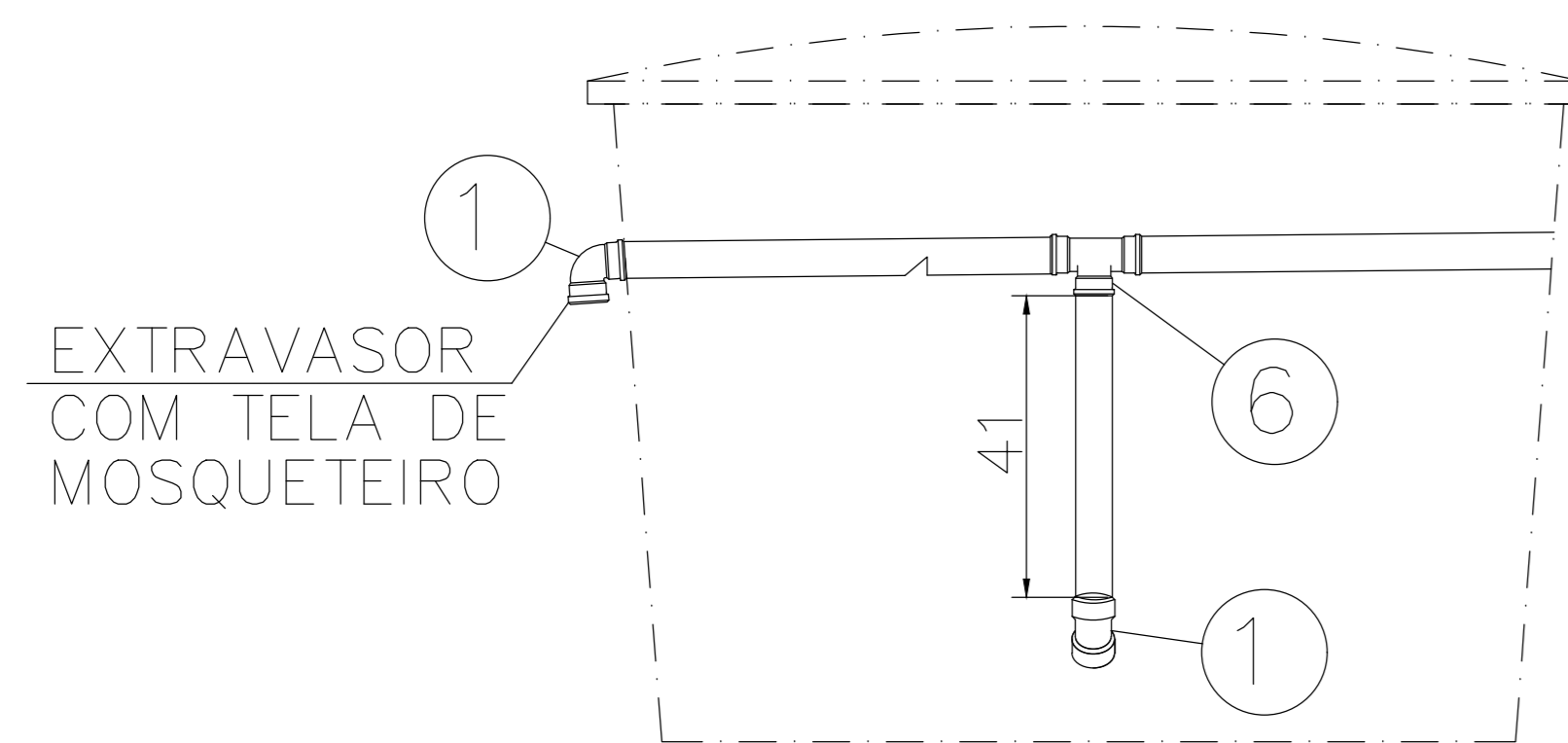
Neste apêndice, será apresentado o projeto do presente trabalho, plotado em papel A0. O projeto é referente a um Sistema de Captação de Água da Chuva com um sistema de armazenamento de volume *first-flush* vertical. É importante destacar que todas as medidas de cotas do projeto estão inseridas em centímetros.



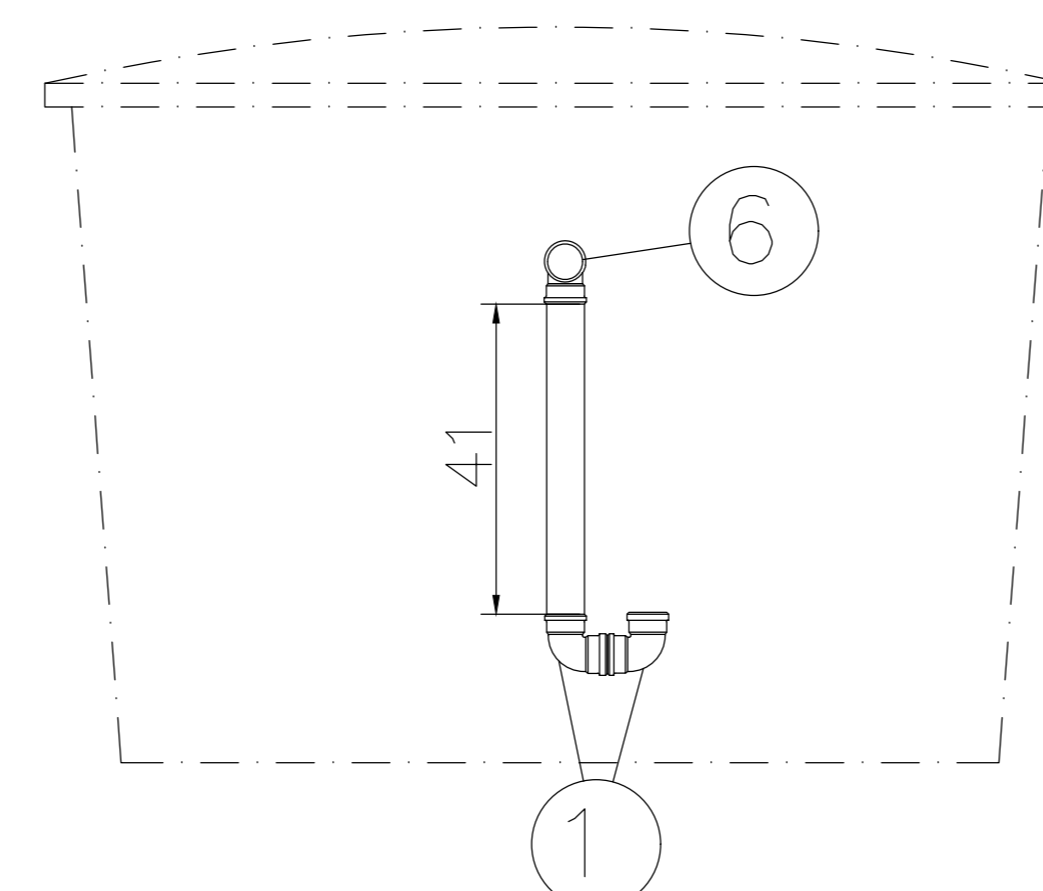
1 VISTA FRONTAL DO RESERVATÓRIO DO SCAC
ESCALA: 1:10



2 VISTA FRONTAL DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE FIRST-FLUSH DO SCAC
ESCALA: 1:10



3 VISTA FRONTAL DO RESERVATÓRIO
ESCALA: 1:10



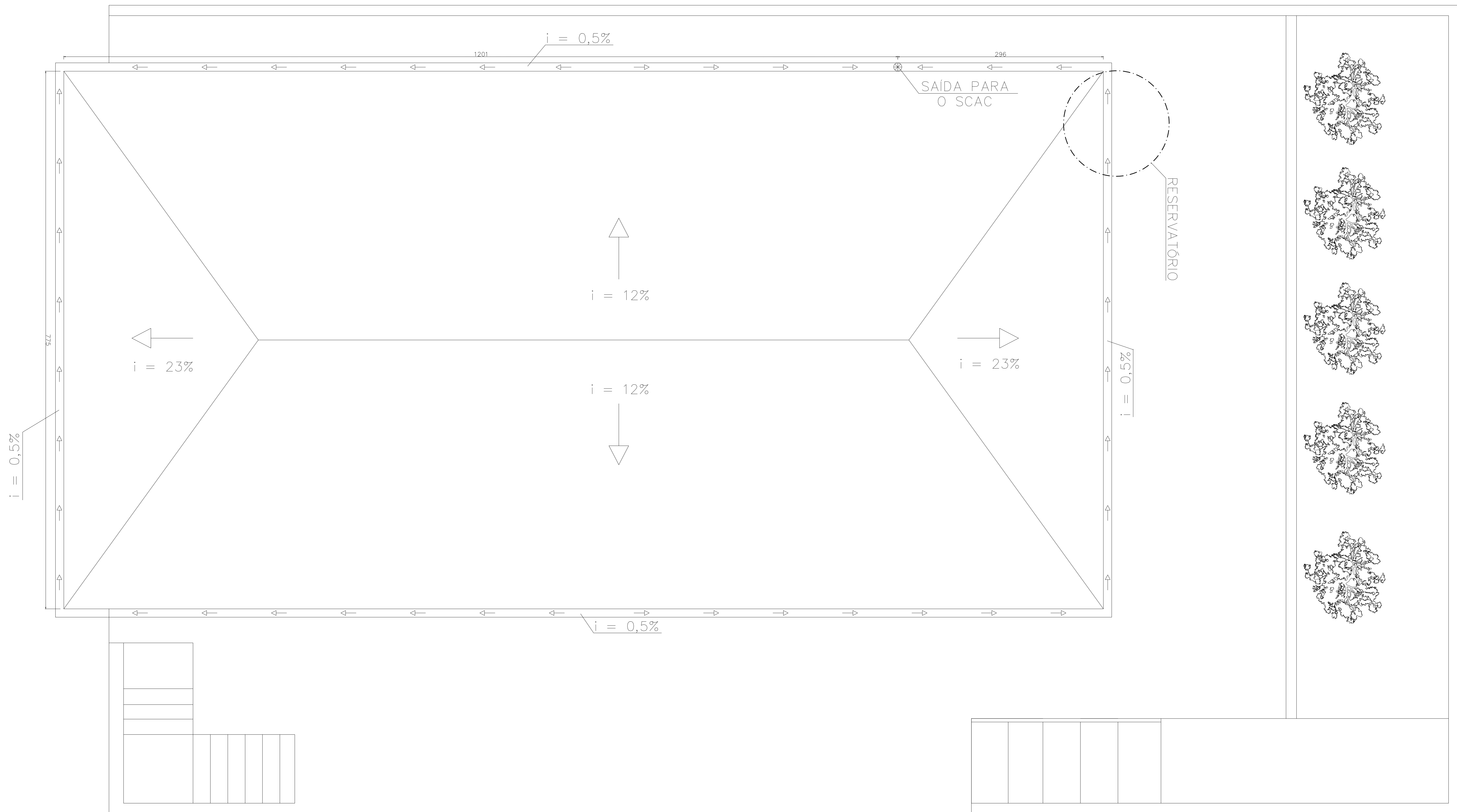
4 VISTA LATERAL DO RESERVATÓRIO
ESCALA: 1:10

RELAÇÃO DE MATERIAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO	DN?	DN²	COMP. (m)	QTD
1	JOELHO 90° - DN 50 ou 2"	50	-	-	4
2	JOELHO 45° - DN 100 ou 4"	100	-	-	2
3	JOELHO 90° - DN 100 ou 4"	100	-	-	7
4	CAP - DN 100 ou 4"	100	-	-	1
5	TÊ - DN 100 ou 4"	100	-	-	3
6	TÊ - DN 50 ou 2"	50	-	-	1
7	GRELHA HEMISFÉRICA DN 88 - 100	88	100	-	1
8	CALHA DE AÇO GALVANIZADO 13 cm x 9 cm	-	-	-	-
9	TUBO CILÍNDRICO 3 m - DN 100	100	-	8,55	3
10	TUBO CILÍNDRICO 1 m - DN 50	50	-	-	2
11	ABRAÇADEIRAS - DN 100	100	-	-	5
12	REDUÇÃO EXCÊNTRICA DN 100 - 50	100	50	-	1
13	FILTRO COM TELA DE MOSQUITEIRO	-	-	-	1

5 RELAÇÃO DE MATERIAIS
SEM ESCALA

	29/01/2022	ELABORADO POR: AUDREY LUIZA ALMEIDA GONÇALVES	
	DATA		
	ESCALA: 1:10	FORMATO: A0	FOLHA: 1/2
	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA		
TÍTULO: DETALHAMENTO SCAC	LOCAL: DIOGO DE VASCONCELOS/MG		

*Todos os valores das cotas estão em centímetros



1 PLANTA DE COBERTURA DO LOCAL DE IMPLEMENTAÇÃO DO SCAC
 ESCALA: 1:20

LEGENDA:

—▷ DIRECIONAMENTO DO FLUXO DE ÁGUA PLUVIAL

○ RESERVATÓRIO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

 VEGETAÇÃO ARBÓREA

*Todos os valores das cotas estão em centímetros



29/01/2021	ELABORADO POR: AUDREY LUIZA ALMEIDA GONÇALVES	
DATA		
ESCALA: 1:20	FORMATO: A0	FOLHA: 2/2
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA		
TÍTULO: PLANTA DE COBERTURA SCAC	LOCAL: DIOGO DE VASCONCELOS/MG	