

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

LINDOMAR RIBEIRO BARBOSA

**USO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA IRRIGAÇÃO DE UMA HORTA POR MEIO DE
ASPERSORES**

CERRO LARGO

2022

LINDOMAR RIBEIRO BARBOSA

**USO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA IRRIGAÇÃO DE UMA HORTA POR MEIO DE
ASPERSORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dra. Juliana Marques Schontag

CERRO LARGO

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Barbosa, Lindomar Ribeiro

Uso de águas pluviais para irrigação de uma horta por meio de aspersores / Lindomar Ribeiro Barbosa. -- 2022. 114 f.

Orientadora: Doutora Juliana Marques Schontag

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro Largo,RS, 2022.

1. Crise hídrica, Sistema de captação de água da chuva, Qualidade da água, Irrigação, Horta. I. Schontag, Juliana Marques, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

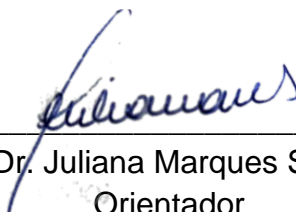
LINDOMAR RIBEIRO BARBOSA

**USO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA IRRIGAÇÃO DE UMA HORTA POR MEIO DE
ASPERSORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 18/08/2022

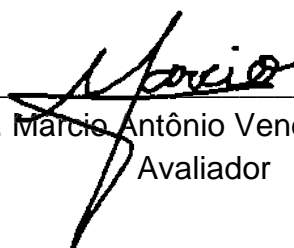
BANCA EXANAMINADORA



Prof. Dr. Juliana Marques Schontag
Orientador



Prof. Dr. Mario Sergio Wolski - UFFS
Avaliador



Prof. Dr. Marcio Antônio Vendrusculo - UFFS
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, que possibilitaram a elaboração do projeto e que não mediram esforços para a conclusão dos meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Eloi Maria Ribeiro Barbosa e Luiz Paulo Vieira Barbosa, por sempre me apoiarem, pela ajuda na elaboração do projeto, por todo carinho e compreensão.

Agradeço ao meu cunhado Edimir Vilhalva, pela grande ajuda na construção da cisterna, possibilitando a conclusão do projeto. Muito obrigado!

Agradeço a minha orientadora, professora Dr. Juliana Marques Schontag, pela orientação e todas as sugestões, possibilitando a conclusão do presente trabalho. Muito obrigado!

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração desse projeto, sem ajuda não seria possível a realização do sistema de captação de água da chuva. Obrigado de coração a todos os envolvidos!

RESUMO

Nos últimos anos a humanidade tem enfrentado crises hídricas cada vez mais intensas, seja pela má gestão de seus recursos hídricos, aumento da demanda, poluição dos corpos hídricos e mudanças climáticas. Esses problemas acabam prejudicando o abastecimento de água potável para as pessoas, interferindo no desenvolvimento econômico e comprometendo a segurança alimentar da população. Pensando nesses fatores faz-se necessário pensar em alternativas para enfrentar esses problemas de escassez, principalmente em relação à segurança alimentar das famílias. A implantação de um sistema de captação e armazenamento de água da chuva para irrigação de uma horta é uma boa alternativa para minimizar o impacto dessas crises, pelo menos no quesito alimentação unifamiliar. Nesse sentido o objetivo desse trabalho foi o projeto e construção de um sistema de captação de água da chuva, e armazenada em uma cisterna. Essa água deve ser usada para irrigação de uma horta por meio de aspersores. O dimensionamento do sistema de captação e o reservatório de águas da chuva seguiram normas para que essa água possa ser utilizada sem prejudicar a saúde humana. Durante a execução do projeto ocorreram precipitações, porém o maior volume ocorreu quando a cisterna ainda não estava finalizada. Após o término da construção do reservatório houve baixos índices de precipitação, não sendo suficiente para encher o reservatório, dessa forma não foram realizadas análises da água para o uso na horta. Foi medido a coluna de água existente na cisterna e calculado o volume para posterior aplicação de hipoclorito de sódio a 2,5%. O volume calculado foi de aproximadamente 2680 L, com isso, foi aplicado 268 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% com objetivo de eliminar ou inativar microrganismos patogênicos que poderiam estar presentes na água, posteriormente foi realizado um teste para verificar a funcionalidade do sistema de irrigação e após isso foi analisado os pontos positivos e negativos do projeto.

Palavras-chave: Crise hídrica; sistema de captação de água da chuva; cisterna.

ABSTRACT

In recent years humanity has faced increasingly intense water crises, whether due to poor management of its water resources, increased demand, pollution of water bodies and climate change. These problems end up harming the supply of drinking water to people, interfering with economic development and compromising the food security of the population. Thinking about these factors, it is necessary to think of alternatives to face these scarcity problems, especially in relation to food security for families. The implementation of a rainwater capture and storage system for irrigation of a vegetable garden is a good alternative to minimize the impact of these crises, at least in terms of single-family food. In this sense, the objective of this work was the design and construction of a rainwater harvesting system, and stored in a cistern. This water must be used for irrigation of a vegetable garden through sprinklers. The sizing of the capture system and the rainwater reservoir followed standards so that this water can be used without harming human health. During the execution of the project, precipitation occurred, but the largest volume occurred when the cistern was not yet completed. After the completion of the construction of the reservoir, there were low levels of precipitation, not being enough to fill the reservoir, thus, analyzes of the water for use in the garden were not carried out. The water column in the cistern was measured and the volume was calculated for subsequent application of 2.5% sodium hypochlorite. The calculated volume was approximately 2680 L, with this, 268 mL of 2.5% sodium hypochlorite was applied in order to eliminate or inactivate pathogenic microorganisms that could be present in the water. irrigation system and after that, the positive and negative aspects of the project were analyzed.

Keywords: Water crisis; rainwater harvesting system; cistern.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de água no Brasil	20
Figura 2 - Formato de telhado e respectivas equações para cálculo da área de captação.....	24
Figura 3 - Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais para calha com saída em aresta viva e com funil de saída	27
Figura 4 - Filtro autolimpante.....	28
Figura 5 - Modelo de desvio de água suja ou chuva fraca	29
Figura 6 - Construção de uma cisterna de placas	31
Figura 7 - Cisterna de placas depois de pronta.....	31
Figura 8 - Cisterna de concreto com tela de arame	32
Figura 9 - Construção de uma cisterna de tela de alambrado.....	33
Figura 10 - Cisterna de tela de alambrado	34
Figura 11 - Cisterna calçadão	35
Figura 12 - Cisterna de tijolos.....	36
Figura 13 - Cisterna de cal	37
Figura 14 - Cisterna pré-fabricada.....	38
Figura 15 - Exemplo de sistema de captação de água da chuva.....	39
Figura 16 - Localização da residência no município de Porto Xavier no estado do Rio Grande do Sul	45
Figura 17 - Localização da residência em relação a estação meteorológica de São Luiz Gonzaga	46
Figura 18 - Arranjo do telhado e equação para cálculo da área de captação	48
Figura 19 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais para calha com saída viva.....	51
Figura 20 - Modelo de filtro utilizado	52
Figura 21 - Bombona de 240 L utilizada para desviar a água suja.....	53
Figura 22 - Suporte para as calhas	59
Figura 23 - Colocação dos suportes.....	60
Figura 24 - Calhas instaladas na residência.....	61
Figura 25 - Suportes nas decidas dos condutores	61
Figura 26 - Calhas e condutores	62

Figura 27 - Filtro autolimpante.....	63
Figura 28 - Separador de águas.....	64
Figura 29 - Formas para a fabricação das placas do teto da cisterna.....	65
Figura 30 - Tela utilizada para a construção da cisterna.....	66
Figura 31 - Cortando a tela de alambrado para as placas	67
Figura 32 - Preparo do concreto.....	68
Figura 33 - Fabricação das placas	68
Figura 34 - Placas recém-fabricadas.....	69
Figura 35 - Cortando as barras de ferro para a base da cisterna.....	70
Figura 36 - Construção da estrutura de ferro para a base da cisterna	71
Figura 37 - Colocação da estrutura de ferro no local onde foi construída a cisterna.....	71
Figura 38 - Posicionamento da tela de alambrado para a construção	72
Figura 39 - Tela posicionada e devidamente fixada sobre a estrutura de ferro.....	72
Figura 40 - Início da construção da base da cisterna.....	73
Figura 41 - Base da cisterna recém finalizada	74
Figura 42 - Colocação do sombrite 50% ao redor da tela de alambrado	74
Figura 43 - Construção da primeira camada externa da cisterna.....	75
Figura 44 - Primeira camada externa já finalizada	75
Figura 45 - Construção da primeira camada interna	76
Figura 46 - Finalização da terceira camada externa	76
Figura 47 - Parte interna da cisterna finalizada	77
Figura 48 - Molhando a parede da cisterna.....	77
Figura 49 - Impermeabilizante utilizado para aplicação interna da cisterna	78
Figura 50 - Aplicação do impermeabilizante	79
Figura 51 - Aplicação finalizada do impermeabilizante	79
Figura 52 - Escora para apoiar as placas.....	80
Figura 53 - Colocação das placas da cisterna.....	80
Figura 54 - Escora apoiando as placas	81
Figura 55 - Teto da cisterna com os espaços entre as placas preenchidos.....	81
Figura 56 - Finalização do emparelhamento do teto da cisterna.....	82
Figura 57 - Remoção da escora após alguns dias da finalização do teto	82
Figura 58 - Tampa da cisterna	83
Figura 59 - Tampa instalada na cisterna	84

Figura 60 - Colocação de uma telinha de mosqueteiro no cano que serve para extravasar o excesso de água da chuva	85
Figura 61 - Extravasador instalado com a tela de mosqueteiro	86
Figura 62 - Escada da cisterna.....	87
Figura 63 - Bomba periférica instalada.....	88
Figura 64 - Aplicação da tinta na cisterna	89
Figura 65 - Cisterna finalizada.....	90
Figura 66 - Imagem lateral do sistema de captação finalizado.....	90
Figura 67 - Sistema de captação de água da chuva vista dos fundos	91
Figura 68 - Mangueira utilizada para a irrigação	91
Figura 69 - Mangueira colocada a partir da bomba até a horta a ser irrigada	92
Figura 70 - Colocação da mangueira na horta a ser irrigada	93
Figura 71 - Aspersores utilizados para a irrigação da horta	93
Figura 72 - Aspersores instalados na horta.....	94
Figura 73 - Horta a ser irrigada com os aspersores instalados	94
Figura 74 - Remoção do ar da tubulação para o teste de irrigação.....	97
Figura 75 - Aspersores em funcionamento	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff médios	25
Tabela 2 - Resumo dos aspectos tratados na regulamentação estadual e municipal	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Coeficientes de rugosidade.....	25
Quadro 2 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/min)	26
Quadro 3 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)	26
Quadro 4 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.....	39
Quadro 5 - Frequência de manutenção.....	40
Quadro 6 - Parâmetros de acordo com a Resolução CONAMA 357 de 2005 para irrigação de hortaliças	41
Quadro 7 - Dados de precipitação mensal de 26 anos da estação meteorológica de São Luiz Gonzaga – RS.....	46
Quadro 8 - Dosagem de hipoclorito de sódio 2,5% para desinfecção da água utilizada para irrigar a horta.....	57
Quadro 9 - Precipitação do dia 2 de maio a 15 de julho de 2022 na Estação Meteorológica de São Luiz Gonzaga - RS	95
Quadro 10 - Materiais utilizados para a construção do sistema e seus respectivos custos.....	99
Quadro 11 - Cálculo do VPL no período de 20 anos para o sistema de captação de água da chuva.....	102
Quadro 12 - VPL do custo de 15 m ³ no período de 20 anos	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RS	Rio Grande do Sul
PIB	Produto Interno Bruto
IRCSA	Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva
PE	Pernambuco
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IRPAA	Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada
ASA	Articulação Semiárido Brasileiro
SEAPAC	Serviço de Apoio aos Projetos Alternativos Comunitários
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
a.C	antes de Cristo
NBR	Norma Brasileira
RWH	rainwater harvesting (captação de água da chuva)
DF	Distrito Federal
GO	Goiás
PB	Paraíba
PI	Piauí
RJ	Rio de Janeiro
SP	São Paulo
MG	Minas Gerais
MT	Mato Grosso
PR	Paraná
SC	Santa Catarina
CE	Ceará
AM	Amazonas
AC	Acre
BA	Bahia
ES	Espírito Santo
S	Sul
W	West (Oeste)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

LISTA DE SÍMBOLOS

%	porcentagem
η	eficiência
π	pi
Σ	somatório

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo geral	18
1.1.2	Objetivos específicos	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL E NO MUNDO	19
2.2	CAPTAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA DA CHUVA NA HISTÓRIA.....	20
2.3	SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM RESIDÊNCIAS .	20
2.3.1	Critérios a serem levados em conta para o dimensionamento do sistema de captação de água da chuva	22
2.4	TIPOS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA USO HUMANO	30
2.5	QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE ACORDO COM A NBR 15527/2019	39
2.6	TRATAMENTO PARA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA	40
2.7	LEGISLAÇÃO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO BRASIL ...	42
3	MATERIAL E MÉTODOS	44
3.1	CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA	44
3.1.1	Local de implantação do sistema	44
3.1.2	Dados hidrológicos referente a região de implantação do sistema de captação de água da chuva	45
3.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	47
3.2.1	Área de captação	48
3.2.2	Calhas e condutores	49
3.2.3	Dispositivos para melhoria da qualidade da água pluvial a ser captada	51
3.2.4	Disponibilidade teórica de água da chuva para captação	53
3.2.5	Demanda a ser atendida	54
3.2.6	Volume do reservatório usando o método Azevedo Neto	55

3.3	VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA.....	56
3.4	TRATAMENTO APLICADO NA ÁGUA DA CHUVA.....	57
3.5	VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA.....	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1	CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	59
4.1.1	Calhas e condutores.....	59
4.1.2	Instalação dos dispositivos para melhoria da qualidade da água pluvial a ser captada.....	62
4.1.3	Construção da cisterna de tela de alambrado.....	64
4.2	APLICAÇÃO DE TRATAMENTO NA ÁGUA ARMAZENADA NA CISTERNA E TESTE DE IRRIGAÇÃO	95
4.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	98
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
	REFERÊNCIAS.....	108

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional, o aumento da demanda, mudanças climáticas, secas cada vez mais severas e a má gestão dos recursos hídricos nos últimos tempos são os principais fatores relacionados ao agravamento da indisponibilidade de água doce em todo o mundo, resultando em uma severa escassez em muitas regiões (SALEHI, 2022).

Segundo Abou-Shady e El-Araby (2021), as mudanças climáticas resultantes da interferência humana e impactos antropogênicos são uma grande ameaça aos recursos hídricos nas próximas décadas, sendo esperado que condições climáticas adversas ocasionem grandes mudanças na precipitação, temperatura e pressão ao nível do mar.

No mundo contemporâneo a demanda por água potável e não potável está em constante crescimento, diferentemente da fonte/disponibilidade de água, que a cada dia estão mais escassas, forçando muitas autoridades a fazerem uso de diferentes fontes alternativas de água, principalmente para fins não potáveis. Dentre essas alternativas, se destaca a captação de água da chuva, a qual exige baixo custo de tratamento (IMTEAZ & SHADEED, 2022).

As tecnologias de captação de água da chuva são muito antigas e atualmente surgem como uma boa alternativa para o enfrentamento da escassez hídrica, podendo reduzir o uso da água potável para fins menos nobres. Em algumas regiões existem comunidades mais remotas e pobres, as quais a água captada da chuva é a única fonte para consumo, sendo realizado alguns tratamentos básicos antes da utilização (KERICH, 2020). Segundo Pacheco *et al.* (2017), instalar sistemas de captação em áreas densamente povoadas podem reduzir os riscos de inundações e prolongar a vida útil dos sistemas de drenagem. Os sistemas de captação e armazenamento de água da chuva podem ser facilmente instalados nas residências, necessitando apenas de calhas e condutores que conduzirão a água vinda da área de captação (telhados das residências) até a cisterna.

Para o seu correto dimensionamento devem ser seguidas algumas normas como a ABNT NBR 15527 de 2019 e ABNT NBR 10844 de 1989, as quais tratam sobre requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não

potáveis e Instalações prediais de águas pluviais, respectivamente, para que o sistema seja eficiente e economicamente viável.

Para a irrigação de hortas, geralmente se usa água potável provida pelas concessionárias, pensando nisso foi implantado um sistema de captação e armazenamento de água da chuva para utilização em uma horta no interior do município de Porto Xavier, situado no noroeste do Rio Grande do Sul. Para se fazer o uso dessa água, alguns parâmetros mínimos de qualidade para fins não potáveis deverão ser seguidos conforme consta na ABNT NBR 15527 de 2019. As hortaliças produzidas nessa horta são livres de agrotóxicos, melhorando a qualidade de vida das pessoas que as consomem, além disso a utilização de águas pluviais é de fundamental importância, visto que, reduz o uso de água potável, preservando-a para períodos de secas que é quando esse recurso tão importante se torna escasso.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo desse trabalho foi a construção de um sistema de captação e armazenamento de água da chuva para uma residência situada no Rincão Comprido distrito pertencente ao município de Porto Xavier – RS, para fazer a irrigação de uma horta por meio de aspersores.

1.1.2 Objetivos específicos

- Dimensionar um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais em uma residência;
- Construir o sistema de captação e armazenamento projetado;
- Analisar as vantagens e desvantagens da implementação, bem como seu custo-benefício.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL E NO MUNDO

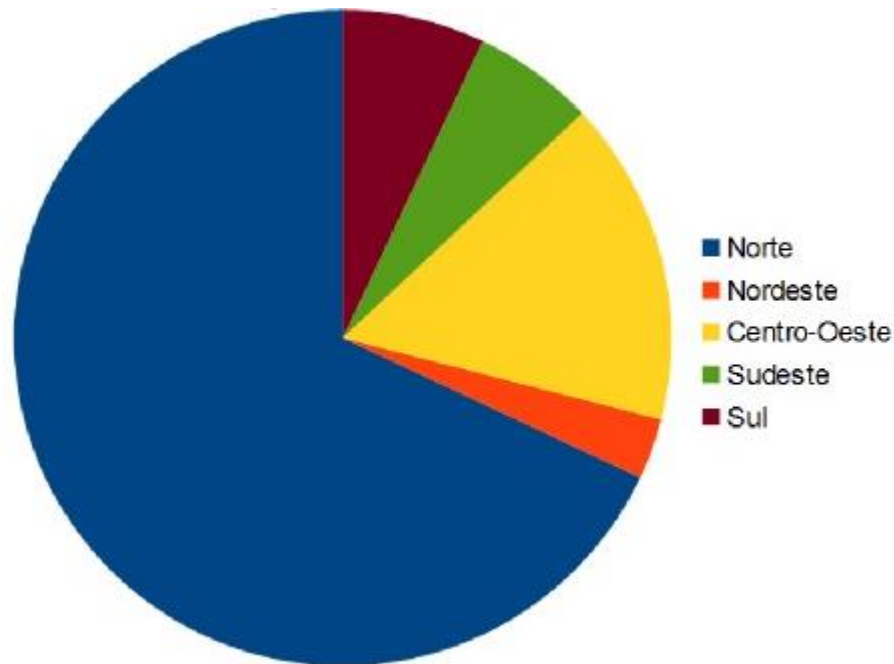
O planeta Terra é muito abundante em água, cerca de 2/3 de toda a superfície é coberta por esse recurso, no entanto, cerca de 97,5% de toda a água existente é salgada e não serve para o consumo humano e animal diretamente e, nem para irrigação de plantações, devido aos elevados teores de sais (BRITO, 2007; ANA, 2020). Somente o restante é água doce, aproximadamente 2,5%. Desses 2,5%, cerca de 30% representam as águas subterrâneas, 69% são de difícil acesso, pois estão nas calotas polares, geleiras e nas montanhas de neve, restando aproximadamente 1% que estão disponíveis em rios e lagos (BARCELO, 2022). Ainda há uma quantidade de água doce presente na atmosfera, correspondendo a cerca 0,1% de toda água existente no planeta (EMBRAPA, 2018).

Estima-se que apenas 0,26% de toda a água do planeta Terra pode ser utilizada pela humanidade. O crescimento populacional e o aumento do PIB, acabam aumentando a demanda de água em cerca de 1% ao ano. Dessa forma, como a oferta de água é limitada e a demanda crescente, pode-se facilmente levar a uma grave crise hídrica (AN *et al.*, 2021).

O Brasil possui muita abundância de recursos hídricos, cerca de 13,8% do deflúvio médio mundial (EMBRAPA, 2007), incluindo o rio Amazonas que é o segundo mais extenso do mundo e detêm a maior vazão. No entanto, a distribuição de água doce não está distribuída de acordo com a densidade populacional, a região Norte, possui cerca de 68% das reservas hídricas do país e concentra menos de 7% da população brasileira, enquanto o Nordeste e o Sudeste que são regiões com maior densidade populacional, apresentam apenas 3% e 6% das reservas de água, respectivamente (BRASIL ESCOLA, 2015).

Problemas de escassez e a confiabilidade da água são crescentes em muitas regiões do planeta (VAN OPSTAL *et al.*, 2022). Fatores como as mudanças climáticas, aumento da demanda de recursos hídricos e abastecimento limitado, trouxeram muitos desafios referente ao acesso a água em todo o mundo. Diante disso se faz necessário sistemas de gestão da água novos e sustentáveis para enfrentar essa problemática, como é o caso da captação da água da chuva (ZHONG *et al.*, 2022).

Figura 1 - Distribuição de água no Brasil



Fonte: adaptado de Brasil Escola, 2015

2.2 CAPTAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA DA CHUVA NA HISTÓRIA

A captação de água da chuva surgiu independentemente em diferentes continentes do planeta há milhares de anos. Estudos apontam que no Sul da África, a cerca de 200000 anos atrás o homo sapiens captava a água da chuva em ovos de avestruz e os enterrava para tomar a água no período de seca. Os Romanos que eram bastante famosos por levarem água para suas cidades através de aquedutos também praticavam a captação de água da chuva em larga escala (NEUGEBAUER, 1986).

Em estudos realizados por arqueólogos, foram encontrados recipientes à prova d'água (cisternas de cal) no chão das casas em uma pequena e antiga vila localizada no sudoeste da Ásia, recipientes estes que foram datados da Idade Neolítica (10000 a 4500 a.C) (TOOSI *et al.*, 2020).

2.3 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM RESIDÊNCIAS

A água oriunda da chuva na natureza infiltra o solo, em um ambiente que possui residências, muitas vezes essa água cai sobre o telhado e depois infiltra o solo, porém

em grandes cidades onde a infiltração do solo é baixa isso pode ser um grande problema. Nesse caso as instalações de sistemas de captação de água da chuva podem aliviar o escoamento em áreas densamente povoadas, reduzindo os riscos de inundações, prolongando a vida útil dos sistemas de drenagem e favorecer para uma economia no tratamento da quantidade reduzida de escoamento, mas para que isso se torne realidade é necessário que todos ou a grande maioria dos consumidores adotem essa prática (PACHECO *et al.*, 2017).

A captação de água da chuva através de telhados tornou-se uma fonte de água doce alternativa, potável e não potável utilizada em todo o mundo (CLARK *et al.*, 2019), sendo muito considerada como um recurso alternativo para obtenção de água doce bastante promissor (ALI *et al.*, 2020). Esses sistemas podem contribuir de maneira significativa para a sustentabilidade, tanto para áreas urbanas, quanto rurais, podendo aumentar a segurança hídrica local e melhorar a gestão das águas pluviais (SILVA *et al.*, 2022).

Além de ser uma prática que favorece muito para a vida das pessoas, reduzindo o consumo e desperdício de água tratada proveniente das concessionárias de abastecimento de água e, sendo uma alternativa amigável em períodos de estiagem, que é quando algumas cidades enfrentam o racionamento de água.

Adhityan Appan que era o presidente da Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva (IRCSA), em seu pronunciamento na abertura da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, que foi realizado em julho de 1999 em Petrolina - PE, disse:

As tecnologias de sistemas de captação de água de chuva são tão antigas quanto as montanhas. O senso comum diz – como em todos os projetos de abastecimento de água – armazene a água (em tanques / reservatórios) durante a estação chuvosa para que ela possa ser usada quando mais se precisa dela, que é durante o verão. Em outras palavras: ‘Guarde-a para o dia da seca!’ As tecnologias, os métodos de construção, uso e manutenção estão todos disponíveis. Além disso, o mais importante é que ainda existem muitos modelos financeiros que vêm ao encontro das necessidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento. O que mais precisamos é de uma aceitação geral dessas tecnologias e vontade política de pôr em prática estes sistemas.

O crescimento populacional e o desenvolvimento industrial acabam gerando uma forte pressão sobre os recursos hídricos, o que acaba ameaçando a segurança alimentar e o bem-estar da humanidade em várias partes no mundo (CARDOSO *et al.*, 2020). Dessa forma aumentando cada vez mais a preocupação com uma boa

gestão para suprir a demanda, e ainda introduzir fontes alternativas de abastecimento de água, como é o caso da água da chuva que não necessita de modernas tecnologias para a sua implantação, contribuindo para uma redução de escassez de água (PERIUS *et al.*, 2021).

A captação e utilização das águas pluviais que caem sobre os telhados das residências é a forma mais simples de coleta. Essa água escoar por condutos horizontais e verticais, até um reservatório (cisterna) onde será armazenada e depois utilizada (FERNANDES, NETO & MATTOS, 2007).

Atualmente a captação e utilização da água da chuva está se tornando uma das fontes alternativas mais promissoras de água doce, principalmente nas regiões áridas e semiáridas as quais possuem baixa precipitação anual e que enfrentam problemas de escassez (TOOSI *et al.*, 2020).

2.3.1 Critérios a serem levados em conta para o dimensionamento do sistema de captação de água da chuva

Para o correto dimensionamento de um sistema de captação de água da chuva devem ser seguidas as orientações de normas regulamentadoras para que ocorra o correto dimensionamento e uso seguro da água.

Segundo a ABNT NBR 15527 de 2019 a água proveniente da chuva destina-se apenas para fins não potáveis, como por exemplo a lavagem de pisos e veículos, descarga de vasos sanitários e mictórios e irrigação de jardins e paisagismo.

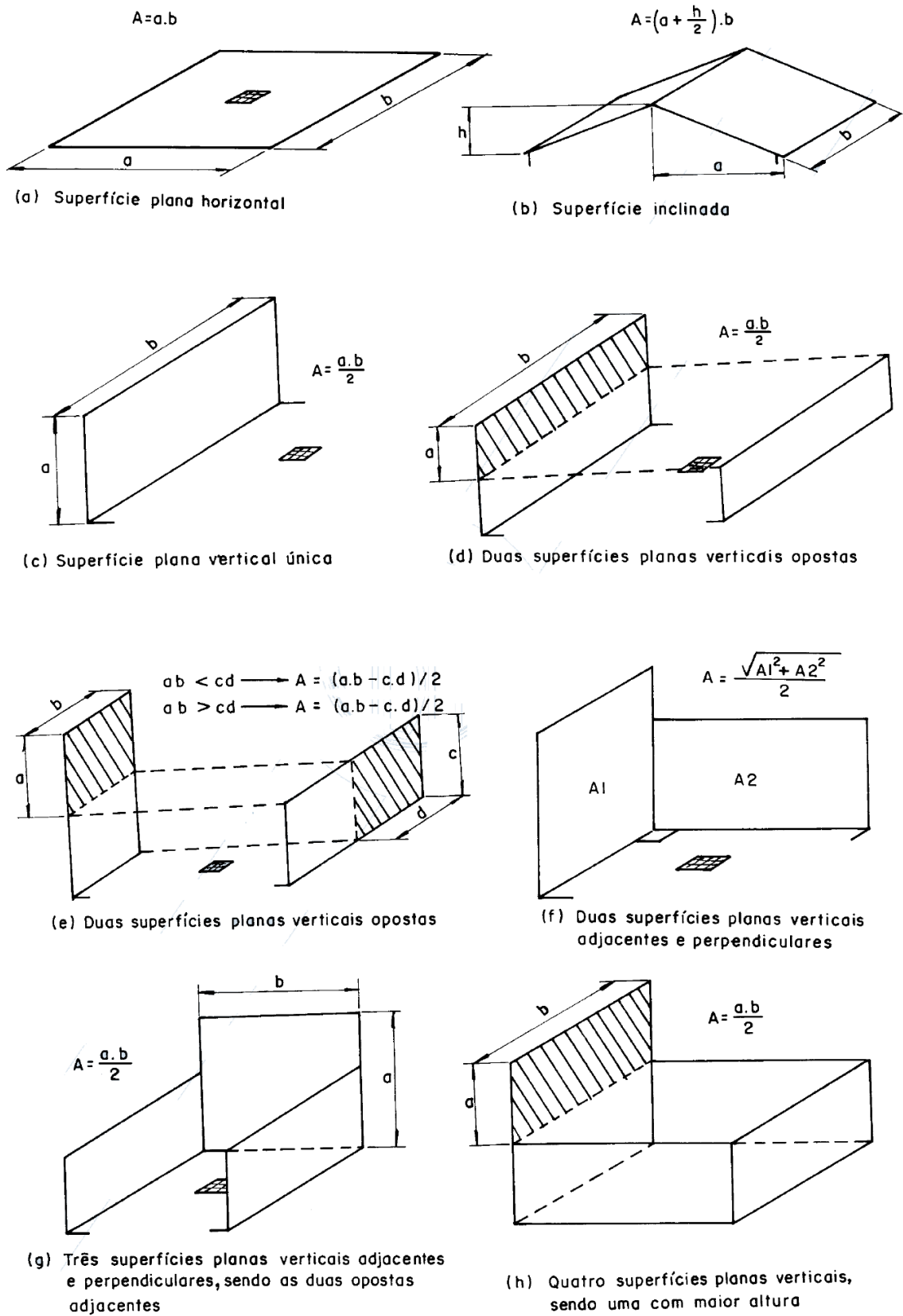
A ABNT NBR 10844 de 1989 trata sobre instalações prediais de águas pluviais, fornecendo orientações essenciais para o dimensionamento do sistema. Já a ABNT 15527 de 2007 fornece os métodos mais comuns para o dimensionamento do reservatório da água da chuva, o qual é de fundamental importância e deve seguir alguns cuidados para posterior utilização da água para fins não potáveis.

Como observado nas normas, deve ser levado em conta alguns fatores principais para o dimensionamento, como informações de precipitação mensal ou anual para a região, através de dados obtidos por vários anos de estudo. Também deve ser levado em consideração a configuração do telhado, o material do telhado, devem ser previstos dispositivos para melhoria da qualidade da água e por fim definir o tamanho ideal do reservatório.

Primeiramente deve-se fazer um levantamento de dados hidrológicos para a região em que se deseja fazer a implementação do sistema de captação de água da chuva. No Brasil pode-se encontrar no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Após a obtenção dos dados deve-se analisar o formato da área de captação para calcular a área total de coleta.

Na Figura 2 é mostrado os diferentes tipos de telhados e a equação para calcular a área de captação de acordo com a ABNT NBR 10844 de 1989.

Figura 2 - Formato de telhado e respectivas equações para cálculo da área de captação



Após a verificação do tipo de telhado deve-se verificar o material do mesmo para obtenção do coeficiente de Runoff. Na Tabela 1 é apresentado o coeficiente de Runoff para diferentes materiais.

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff médios

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUNOFF
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0.9 a 0.95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2009

Para que o sistema seja eficiente é fundamental o correto dimensionamento das calhas, para que elas sejam capazes de coletar a água sem ocorrer grandes perdas e evitar que ocorra o transbordamento. Segundo a ABNT NBR 10844 de 1989 as calhas podem ser confeccionadas de diferentes materiais. No Quadro 1 serão apresentados os materiais mais utilizados.

Quadro 1 - Coeficientes de rugosidade

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria 0,012 revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844, 1989

No Quadro 2 serão apresentados exemplos de capacidade para calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade 0,011 que é muito utilizado em residências.

Quadro 2 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/min)

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,50%	1,00%	2,00%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844, 1989

Outro fator importante é o dimensionamento dos condutores verticais e horizontais que devem conseguir conduzir a água vinda das calhas de forma eficiente. Dessa forma as calhas e condutores devem estar em equilíbrio para que não ocorram perdas por transbordamento das calhas o que afetaria a eficiência do sistema. No Quadro 3 é apresentado a capacidade de condutores horizontais com seção circular.

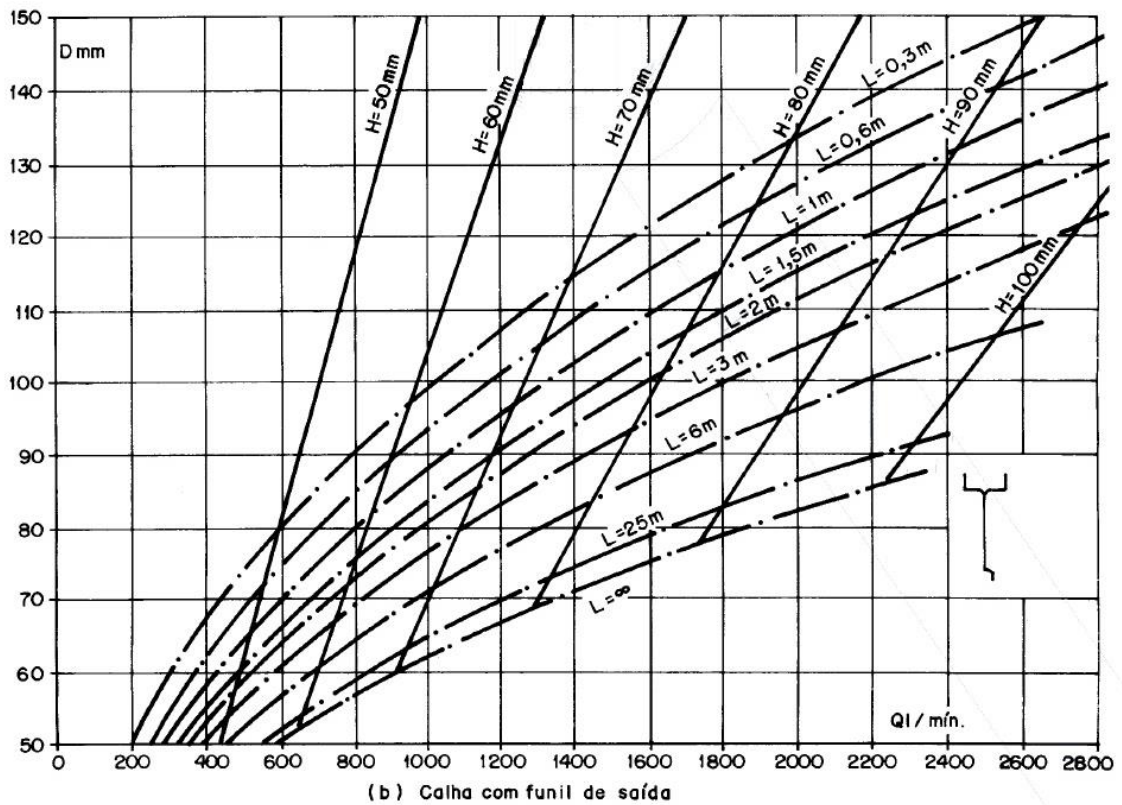
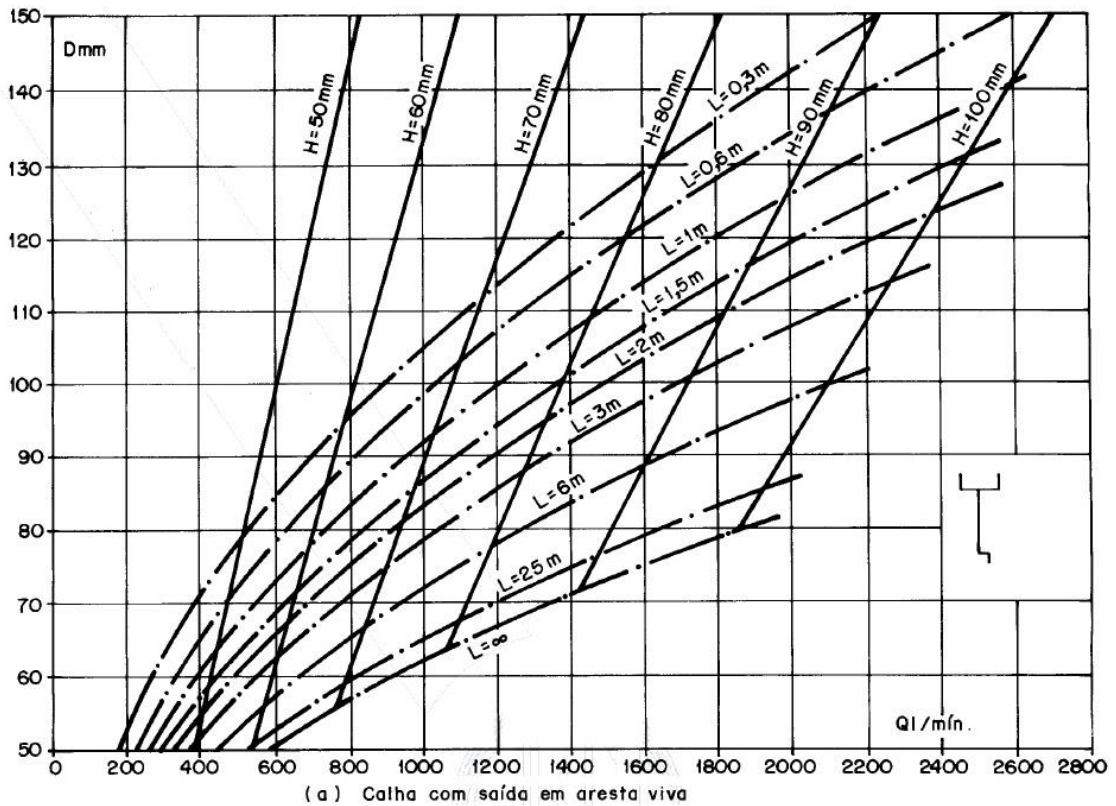
Quadro 3 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

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

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844, 1989

Na Figura 3 é apresentado ábacos que permitem a escolha do diâmetro ideal para condutores verticais.

Figura 3 - Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais para calha com saída em aresta viva e com funil de saída



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844, 1989

Segundo Latif *et al.* (2022) devem ser previstos alguns tratamentos para a utilização segura da água da chuva, em alguns casos pode até servir para beber. Tratamentos como desvio de primeira chuva, filtragem bruta e fina, desinfecção química e ultravioleta são algumas opções indicadas para melhoria da qualidade da água coletada.

A seguir são apresentadas duas figuras exemplificando dispositivos que podem ser utilizados para melhorar a qualidade da água captada, sendo esses, dispositivos de pré-tratamento. Na figura 4 é mostrado um modelo de filtro do tipo autolimpante, responsável por barrar sólidos grosseiros como folhas, pequenos galhos e até pequenos animais.

Figura 4 - Filtro autolimpante



Fonte: sempresustentavel.com.br

Os primeiros instantes de chuva, em alguns locais, principalmente em ambientes urbanos, podem ser altamente contaminadas, pois lavam o telhado utilizado como área de captação, o qual pode conter altas cargas de matéria orgânica,

sólidos suspensos e haver contaminação microbiológica, sendo essencial o descarte desse pequeno volume inicial de chuva (NACHSON *et al.*, 2021).

Figura 5 - Modelo de desvio de água suja ou chuva fraca



Fonte: sempresustentavel.com.br

Na Figura 5 é mostrado um exemplo de desvio da precipitação inicial, ele serve para armazenar temporariamente a água precipitada, a água a ser armazenada nesse dispositivo serve basicamente para a limpeza do telhado. Após os passos mencionados acima, deve ser pensado e escolhido um reservatório para a água da chuva, a seguir são abordados cisternas feitas de materiais e tamanhos diferentes para o consumo humano.

2.4 TIPOS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA USO HUMANO

Logo após a chuva cair sobre o telhado, ela será conduzida pelas calhas, ocorrerá o descarte dos 2mm iniciais e só então será direcionada para o reservatório de água da chuva chamado de cisterna. Segundo Palermo *et al.* (2019) a água da chuva captada pode ser armazenada em reservatórios de tamanhos variados, podendo ser utilizada para descarga de vasos sanitários, irrigação e lavagem de carros. Os reservatórios também podem ser construídos e alocados de diferentes formas e possuir diferentes configurações. A seguir será apresentado alguns tipos de cisternas.

- Cisterna de placas:

Esse tipo de cisterna é fabricado com placas de concreto e arame liso e rebocada por dentro e por fora. A cisterna fica enterrada no chão a cerca de dois terços da sua altura, ela consiste em placas de concreto, feita com uma mistura de cimento e areia na proporção 1 para 4, com tamanho de 50 cm por 60 cm e com uma espessura de 3 cm. Durante a construção da cisterna as placas que são levantadas a partir do chão cimentado são sustentadas com varas até que a argamassa esteja seca, para evitar que as paredes venham a cair. Logo após as placas de concreto estarem devidamente alocadas, enrola-se o lado externo da parede com um arame de aço galvanizado (Nº 12 ou 2,77 mm) e então rebocada. Feito isso, o chão e a parede interna são rebocados e cobertos com nata de cimento forte. O telhado da cisterna possui um formato cônico e, também é feito de placas de concreto, essas placas vão ficar apoiadas em caibros de concreto, apenas um reboco externo é necessário para dar firmeza. Após, o espaço vazio ao redor da cisterna é aterrado cuidadosamente para não danificar a mesma e, é feito a pintura de branco, visando na diminuição da temperatura da água que será armazenada na cisterna. (KÜSTER, 2006).

Figura 6 - Construção de uma cisterna de placas



Fonte: Semiárido Vivo (2020)

Figura 7 - Cisterna de placas depois de pronta



Fonte: Associação Caatinga (2017)

- Cisterna de concreto com tela de arame:

Esse tipo de cisterna é muito utilizado e está sendo adotado no semiárido brasileiro devido a sua segurança em relação a vazamentos, é construído na superfície, possui uma altura de dois metros. É necessário apenas a remoção da terra fofa do fundo para depois concretar. Para a construção dessa cisterna nivela-se o chão a uma profundidade de cerca de 20 cm, coloca-se uma camada de areia grossa e cascalho debaixo da camada de concreto. Esse reservatório consiste de chapas de aço plano de 1 m por 2 m, com 0,9 mm de espessura que são seguradas por cantoneiras e parafusadas entre si, formando um cilindro. As chapas de aço são envolvidas com tela de arame e em seguida com arame de aço galvanizado com uma espessura de 2 mm para cisternas com capacidade de 10 m³ ou 4 mm para cisternas com capacidade de 20 m³. A tela de arame deve ser passada por baixo da forma de chapas de aço e cobrir uma largura de cerca de 50 cm no fundo da cisterna. Após são colocadas duas camadas de argamassa na parte exterior da cisterna e removida a forma de aço, podendo ser usada para a construção de outras cisternas. A parte interna é rebocada duas vezes e coberta com nata de cimento. Para a fabricação do teto também pode-se usar uma forma de chapas de aço, porém é mais simples fazer uso da tecnologia das cisternas de placas. Entre os intervalos das várias etapas de construção e durante a noite, deve-se cobrir a cisterna com uma lona com intuito de prevenir o ressecamento prematuro da parede, o que seria ruim pois provocaria pequenas rachaduras. (KÜSTER, 2006).

Figura 8 - Cisterna de concreto com tela de arame



Fonte: Faz Fácil (2012)

- Cisterna com tela de alambrado:

Trata-se de um aperfeiçoamento da cisterna de concreto com tela de arame. O alambrado utilizado é uma tela de dois metros de altura, de malha 15 cm por 5 cm, de arame galvanizado de 3 mm de diâmetro. Primeiro deve-se fazer as placas de cobertura, na proporção 3:1, a mesma que para as paredes da cisterna. Em uma base de concreto coloca-se uma tela de alambrado, no formato de um cilindro, no tamanho da cisterna que será construída, não é preciso a utilização de forma. Antes da aplicação de argamassa, a tela de alambrado é envolvida com sacaria do tipo usado para ensacar cebolas, também pode-se usar outros materiais como o sombrite 50 %, para que se possa aplicar a argamassa. A aplicação da argamassa é feita em quatro camadas, tendo uma espessura final de cerca de 5 cm. Após é feito a colocação das placas de cobertura (KÜSTER, 2006).

Figura 9 - Construção de uma cisterna de tela de alambrado



Fonte: IRPAA (2010)

Figura 10 - Cisterna de tela de alambrado



Fonte: IRPAA (2010)

Fonte: Governo da Paraíba (2012)

- Cisterna calçadão:

Esse tipo de cisterna é construído com uma capacidade de estocar até 52 m³ de água, ligada a um calçadão de cerca de 200 m² que serve como área de captação da água pluvial. A água escorre através de tubos que ligam o calçadão a cisterna. A água captada por esse tipo de reservatório é utilizada para a produção de alimentos saudáveis e até a comercialização dos mesmos. A cisterna calçadão foi pensada para garantir o enchimento mesmo que a precipitação anual seja abaixo da média, chegando a sua capacidade máxima com 350 mm de chuva, possibilitando a irrigação de salvação.

Para a construção da cisterna deve-se escolher um bom local, preferencialmente no quintal de casa, para facilitar o trabalho da família favorecida. Deve ser usada uma máquina para iniciar a escavação que deve ser terminada manualmente, o buraco deve ter cerca de 1,80 m de profundidade por 7 m de diâmetro. O contrapiso e o piso devem ser estruturados com grades de ferro e as paredes devem ser levantadas com placas de 60 cm por 50 cm (ASA, 2015).

Figura 11 - Cisterna calçadão



Fonte: SEAPAC (2019)

- Cisterna de tijolos:

Esse modelo de cisterna é feito com tijolos sobre uma base de concreto no formato circular, ficando cerca de dois terços debaixo do chão, a sua espessura é de 20 cm. A argamassa deve ser preparada com cimento e cal para assegurar uma maior elasticidade. Tanto as paredes internas quanto externas devem ser rebocadas, e ainda colocado nata de cimento pelo lado de dentro para uma melhor impermeabilidade. Para a construção do teto, pode-se fazer de concreto com uma armação simples, ou fazendo uso de vigas de madeira com uma laje fina de concreto. Para prevenir possíveis vazamentos entre a parede e o fundo, deve-se colocar uma tela de arame de 1 metro de largura cobrindo 50 cm do chão e 50 cm da parede, e após rebocar. A parede externa deve ser envolvida com arame galvanizado ou arame farpado, sendo necessário 135 metros e 8 metros de tela de arame para uma cisterna de 16 m³ (GNADLINGER, 1999).

Figura 12 - Cisterna de tijolos



Fonte: IFCE (2020)

- Cisterna de cal:

A cisterna de cal fica quase completamente debaixo da terra. Para sua construção a terra é escavada exatamente do tamanho da cisterna, o fundo é côncavo e pelo lado interno da cisterna percebe-se que a mesma possui um formato similar da metade grossa de uma enorme casca de ovo. Para o levantamento das paredes geralmente é utilizado argamassa de cal pura. É aplicado duas ou três camadas de argamassa de cal com pouco cimento no reboco interno, após coberto com nata de cimento para impermeabilizar. O teto da cisterna pode ser feito de tábuas ou pode ser uma cúpula feita de tijolos, porém deve ser bem vedado para evitar a entrada indesejada de pequenos animais (GNADLINGER, 1999).

Figura 13 - Cisterna de cal



Fonte: Gnadlinger (1999)

- Cisterna pré-fabricada:

Esse tipo de cisterna pode ter vários formatos e tamanhos, são produzidas a partir de polietileno de média e alta resistência, é um tipo de reservatório bastante indicado podendo ser instaladas em série aumentando a capacidade de armazenamento (THÓRUS ENGENHARIA, 2021).

Figura 14 - Cisterna pré-fabricada

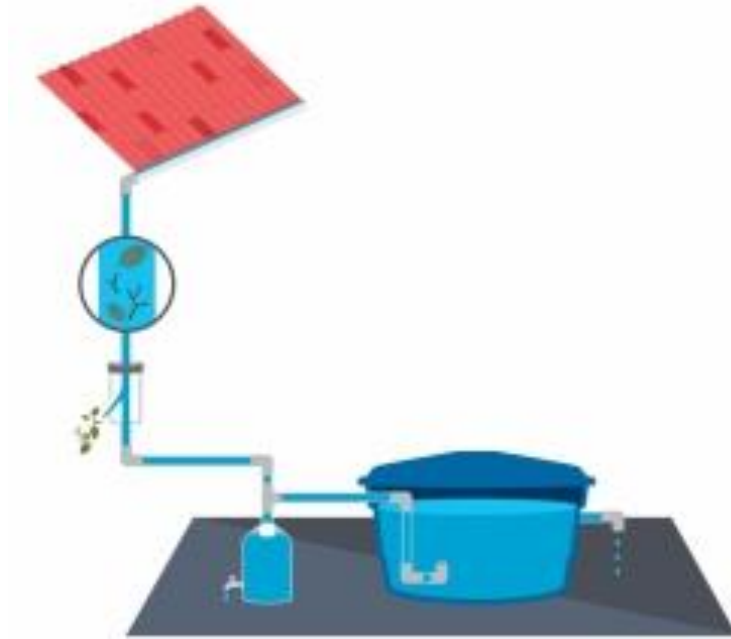


Fonte: useaguadachuva.com

Segundo Imteaz *et al.* (2022), em locais com pouco espaço, como ambientes urbanos, a implementação de um reservatório grande pode impor um custo elevado. Dessa forma, o tipo e tamanho de reservatório deve ser devidamente escolhido e dimensionado de acordo com a necessidade, condições hidrológicas da região e espaço disponível. Na ABNT NBR 15527 de 2007 constam alguns métodos para o dimensionamento dos reservatórios de água da chuva, tais como Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto, Método prático alemão, Método prático inglês e o Método prático australiano. Cabe ao projetista identificar qual dos métodos é mais adequado para cada situação.

Na Figura 15 é apresentado uma ilustração de um sistema de captação de água da chuva, composto por uma área de captação, calha, filtro para reter e eliminar sólidos maiores, desvio de água suja e reservatório.

Figura 15 - Exemplo de sistema de captação de água da chuva



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (2015)

2.5 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE ACORDO COM A NBR 15527/2019

De acordo com a NBR 15527/2019 a água da chuva captada deve passar por um pré-tratamento, é recomendada a instalação de dispositivos para a remoção/desvio de sólidos indesejáveis (folhas, detritos, etc.). Recomenda-se o desvio dos primeiros 2mm de precipitação inicial para limpar o telhado utilizado como área de captação, esse dispositivo deve ser preferencialmente automático. Tanto os dispositivos para remoção de detritos quanto os dispositivos para o desvio dos primeiros 2mm de precipitação inicial não devem interferir no desempenho hidráulico das calhas e condutores.

Quadro 4 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	< 200 / 100 mL
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado de NBR 15527, 2019

A inspeção e manutenção de cada parte do sistema de captação de água da chuva deve ser realizada de tempos em tempos, como é apresentado no quadro 2.

Quadro 5 - Frequência de manutenção

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

Fonte: Adaptado de NBR 15527, 2019

2.6 TRATAMENTO PARA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

De acordo com Latif *et al.* (2022) muitas vezes as pessoas pensam que a água oriunda da chuva é boa para beber, dessa forma acabam tomando a água do sistema de captação de água da chuva sem nenhum tratamento formal, porém a contaminação da água da chuva pode ocorrer de várias formas desde contaminação pelo ar poluído, na área de captação, microrganismos e material do reservatório, assim esses contaminantes podem causar diversos efeitos para os humanos.

Segundo Campisano *et al.* (2017), os sistemas de captação de água da chuva necessitam de alguns processos de tratamento para que no final atinjam uma qualidade aceitável para utilização, o tratamento pode ser pré-armazenamento através da instalação de telas e filtros e o desvio inicial de precipitação para interceptar

material particulado, pode ser pós armazenamento através de clarifloculação, filtragem e desinfecção.

A desinfecção da água é indispensável para a utilização da água, pois é um processo de tratamento responsável pela remoção ou eliminação de microrganismos presentes na água para evitar doenças (LIU *et al.*, 2020). De acordo com Fiorentino et al. (2021) o método de desinfecção por cloração é o mais comum a ser usado por ser eficiente na inativação de microrganismos, além disso é barato.

Para fins de irrigação de hortaliças a água a ser usada deve seguir a Resolução CONAMA 357 de 2005 e estar enquadrada na classe II, podendo ser utilizada da classe I ou especial.

Quadro 6 - Parâmetros de acordo com a Resolução CONAMA 357 de 2005 para irrigação de hortaliças

Parâmetro	Máximo permitido conforme a Resolução CONAMA 357 de 2005	Frequência de análise
Coliformes termotolerantes	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% das amostras	Sempre que ocorrer o extravasamento
Coliformes totais	-	Sempre que ocorrer o extravasamento
Cor verdadeira	75 mg Pt/L	Sempre que ocorrer o extravasamento
pH	6,0 a 9,0	Sempre que ocorrer o extravasamento
Turbidez	100 UNT	Sempre que ocorrer o extravasamento

Fonte: Autor, 2022

No Quadro 6 são apresentados alguns parâmetros sugeridos para análise da água, não necessariamente precisam ser todos ou somente esses, bem como a frequência de análise dos mesmos que foi baseado em estudos anteriores, como por exemplo o estudo realizado por Carneiro (2021), acadêmico da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo*.

2.7 LEGISLAÇÃO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO BRASIL

Segundo Pacheco *et al.* (2017) apesar de o Brasil possuir uma precipitação anual abundante em seu território, as investigações realizadas apontam que há muita carência de regulamentações que incentivem a prática de uso e captação de águas pluviais através de sistemas de captação.

Tabela 2 - Resumo dos aspectos tratados na regulamentação estadual e municipal

Estado/Distrito Federal	Busca a redução do escoamento municipal	Especifica os usos da água da chuva captada	Fornece incentivos fiscais para sistemas RWH	Fornece créditos fiscais para sistemas RWH	Impõe a instalação do sistema RWH como pré-requisito para a concessão de alvarás de construção	Impõe multas por não instalar sistemas RWH	Fornece especificações técnicas para sistemas RWH	Especifica a área mínima para implementação obrigatória do sistema RWH	Especifica a população para implementação obrigatória do sistema RWH
Legislação Estadual									
Distrito Federal (DF)	x	x			x			x	
Goiás (GO)						x			
Paraíba (PB)		x						x	x
Pernambuco (PE)		x	x			x		x	
Piauí (PI)	x						x	x	
Rio de Janeiro (RJ)		x						x	x
São Paulo (SP)	x						x	x	
Legislação Municipal (Capitais)									
Belo Horizonte (MG)		x					x		
Cuiabá (MT)	x	x			x				
Curitiba (PR)		x							
Florianópolis (SC)	x	x	x						
Fortaleza (CE)		x			x				
Goiânia (GO)		x					x	x	x
João Pessoa (PB)	x	x						x	
Manaus (AM)		x						x	
Porto Alegre (RS)		x						x	
Recife (PE)	x	x			x		x	x	

Rio Branco (AC)	x	x		x	x	x
Rio de Janeiro (RJ)	x	x			x	x x
Salvador (BA)		x		x		
São Paulo (SP)	x	x		x	x	
Teresina (PI)	x		x			
Vitória (ES)		x				

Fonte: Adaptado de Pacheco *et al.*, 2017

Segundo o estudo realizado por Pacheco *et al.* (2017) apenas sete dos 26 estados e do Distrito Federal apresentam legislação para o uso da água da chuva, isso corresponde a 26%. Dezesesseis das 26 capitais possuem legislação referente aos sistemas captação de água da chuva, correspondendo a 62%.

3 MATERIAL E MÉTODOS

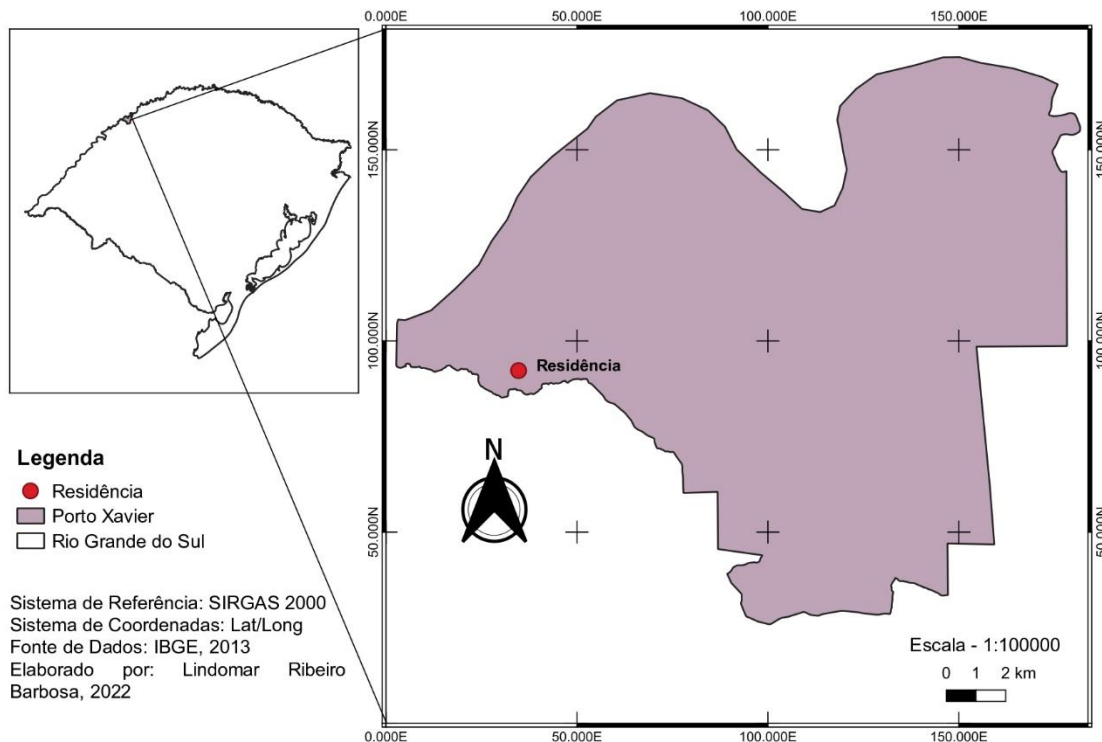
Este trabalho tem por objetivo principal o dimensionamento e a construção de um sistema de captação de água da chuva em uma unidade residencial situada no Rincão Comprido, interior do município de Porto Xavier - RS, para a irrigação de uma horta por meio de aspersores. A construção do sistema foi realizada entre maio e julho de 2022. Inicialmente foi montado o sistema de captação, condutos horizontais e verticais, o desvio para os 2mm iniciais de precipitação (descarte da primeira chuva) e também foi construída a cisterna de tela de alambrado. Dentro desse período após a finalização do sistema foi feita a observação e aplicação de tratamento da água proveniente da chuva, bem como a avaliação dos pontos positivos e negativos do projeto.

3.1 CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

3.1.1 Local de implantação do sistema

O sistema de captação de água da chuva foi construído em uma residência com uma área de captação de pouco mais de 125 m², com altura da ponta do telhado até a cumeeira de 1,27 metros e 5,51 metros de uma ponta até o centro da cumeeira, situada no Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, no Rincão Comprido, interior do município de Porto Xavier e coordenadas 27,950368° S e 55,236466° W. Segundo IBGE a cidade possui uma população estimada em 2021 de 10144 pessoas. A localização do município é mostrada na figura abaixo.

Figura 16 - Localização da residência no município de Porto Xavier no estado do Rio Grande do Sul

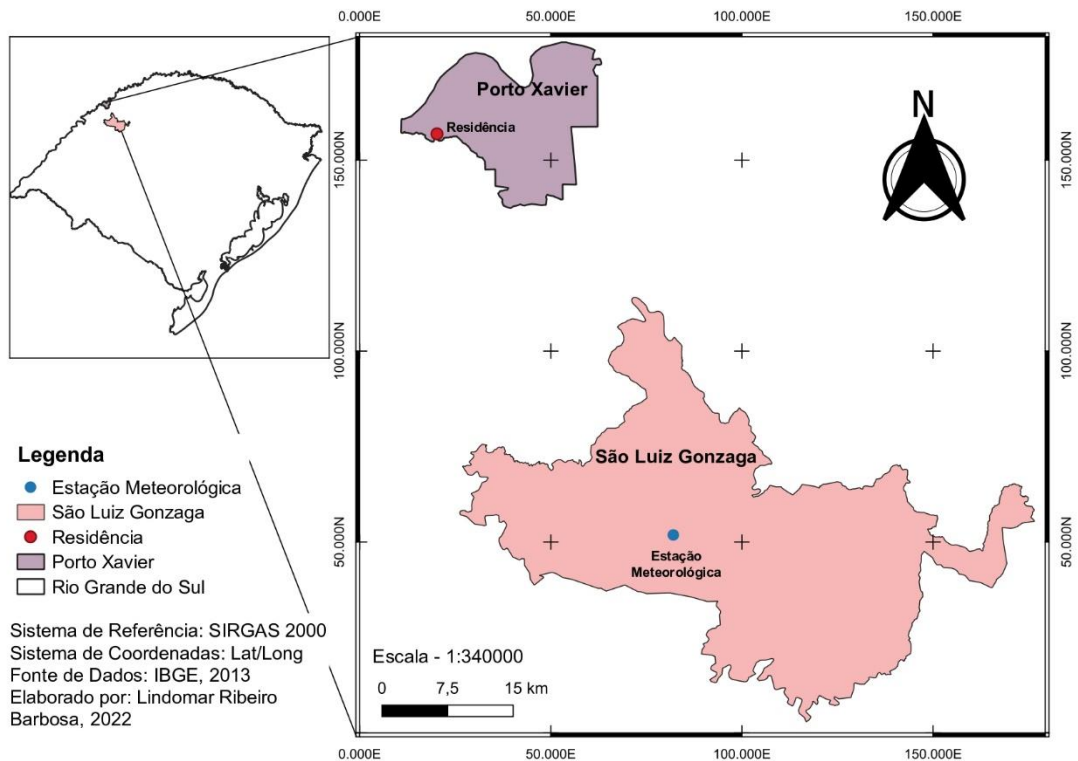


Fonte: Autor, adaptado de IBGE, 2022

3.1.2 Dados hidrológicos referente a região de implantação do sistema de captação de água da chuva

Para este estudo foram utilizados os dados de precipitação encontrados no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O município de Porto Xavier está localizado na região Noroeste do Rio Grande do Sul, a estação meteorológica mais próxima fica na cidade de São Luiz Gonzaga – RS. A estação meteorológica possui o código 83907, está localizada nas coordenadas $28,42^{\circ}$ S e $54,96^{\circ}$ W e é uma estação meteorológica convencional. A figura 12 apresenta a localização da estação meteorológica de São Luiz Gonzaga em relação a residência que será implantada o sistema de captação de água da chuva.

Figura 17 - Localização da residência em relação a estação meteorológica de São Luiz Gonzaga



Fonte: Autor, adaptado de IBGE, 2022

Foram obtidos dados de 26 anos da estação meteorológica de São Luiz Gonzaga (83907), os valores são apresentados no quadro 1.

Quadro 7 - Dados de precipitação mensal de 26 anos da estação meteorológica de São Luiz Gonzaga – RS

Ano	Precipitação Mensal (mm)												Precipitação acumulada do ano (mm)	Precipitação média do ano (mm)
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
1996	270,7	318,5	113	229,6	40,4	100	47,5	132,7	76,3	216,8	104,8	152,4	1802,7	150,2
1997	91,8	216,1	127,9	138	141,6	150,5	94,3	135,5	99,3	688,3	288,6	279,6	2451,5	204,3
1998	278,3	385,7	244,8	375,9	143,6	109,9	104,8	247,8	236,9	278,8	68,6	143,6	2618,7	218,2
1999	17,9	162,7	100,2	289,7	234,8	128,5	195	30	266,8	212,5	111,1	92,9	1842,1	153,5
2000	93,7	81,1	411,5	156,4	193,7	336	81,6	80	129,7	309	130,4	227	2230,1	185,8
2001	325,5	199,3	189,5	250,3	108,6	112,2	112,9	87	65	103,1	60,3	46	1659,7	138,3
2002	96,5	141	297,8	245,9	189,6	102,4	201,1	220,3	278	538,3	208,6	345,5	2865	238,8
2003	155,6	225,7	134,1	233,1	59,1	99,1	50,8	97,9	66,4	167,7	206,4	368,7	1864,6	155,4
2004	45,3	20,8	33,3	208,8	50,4	54,7	85,6	56,4	91,1	174,7	193,3	108,5	1122,9	93,6

2005	112,2	78,3	79,9	338,1	289,3	392,2	71,3	137,4	140,4	342	94,3	189,1	2264,5	188,7
2006	84,4	63,6	179,6	104,2	21,7	102,3	96	83,4	165,6	263,6	255,3	172,4	1592,1	132,7
2007	244	164,1	155,1	268,8	205,4	53	118,2	51,6	367,1	222,9	164,5	105,4	2120,1	176,7
2008	140,1	136,9	53,3	195,2	89,4	189	50,9	132,5	80,9	483,5	47,9	40,3	1639,9	136,7
2009	126,3	131,7	44	7,5	156,1	102	122,1	193,7	224,9	176,3	672,2	214,5	2171,3	180,9
2010	399,1	244,5	93,3	150,6	138,6	73,3	217,6	13,6	279,2	118	48,6	231,4	2007,8	167,3
2011	108,2	193	141,4	178,2	82,5	145,7	162,9	150	90,1	237,1	82,7	38,3	1610,1	134,2
2012	49,4	48,7	62,9	94,2	16,2	59,8	81,1	82,2	113,4	454,4	67,2	348,1	1477,6	123,1
2013	198,3	160,3	268,4	273	141,4	55,5	157,2	111,6	104,2	179	139,9	179,1	1967,9	164,0
2014	203,9	118,3	170,9	104,4	329,8	241,2	167,7	56,2	284,8	253,5	64,6	368,8	2364,1	197,0
2015	316,5	80	140,5	210,9	194,4	265,1	139,7	64,4	111	203,1	355	778,1	2858,7	238,2
2016	103,1	191	197,9	291,2	101,4	6,4	74,1	107,3	46,1	314,8	151,3	147,8	1732,4	144,4
2017	217,3	148,8	222,8	443,4	576,8	143,8	8	262,1	110,7	267,3	178,3	126,1	2705,4	225,5
2018	318,3	65,2	157,5	47,7	81,5	124,1	65	93,9	212,2	198,9	324,6	199,4	1888,3	157,4
2019	220,3	185,6	149,5	183,6	335	20,9	265,9	100,1	60,6	297,2	204,5	128,1	2151,3	179,3
2020	244,7	94,6	null	56,1	null	null	null	null	null	null	null	161,1	556,5	139,1
2021	258,4	72,5	199	61,7	150	232,1	13,3	107,3	159,6	234,9	54,8	55,3	1598,9	133,2
Média total	181,5	151,1	158,7	197,6	162,9	136,0	111,4	113,4	154,4	277,4	171,1	201,8	1967,9	167,6

Fonte: Adaptado de INMET, 2022

No ano de 2020 há falta de dados em alguns meses, conforme apresentado no quadro 3. Com os dados obtidos obteve-se a média anual de precipitação acumulada de 1967,9 mm.

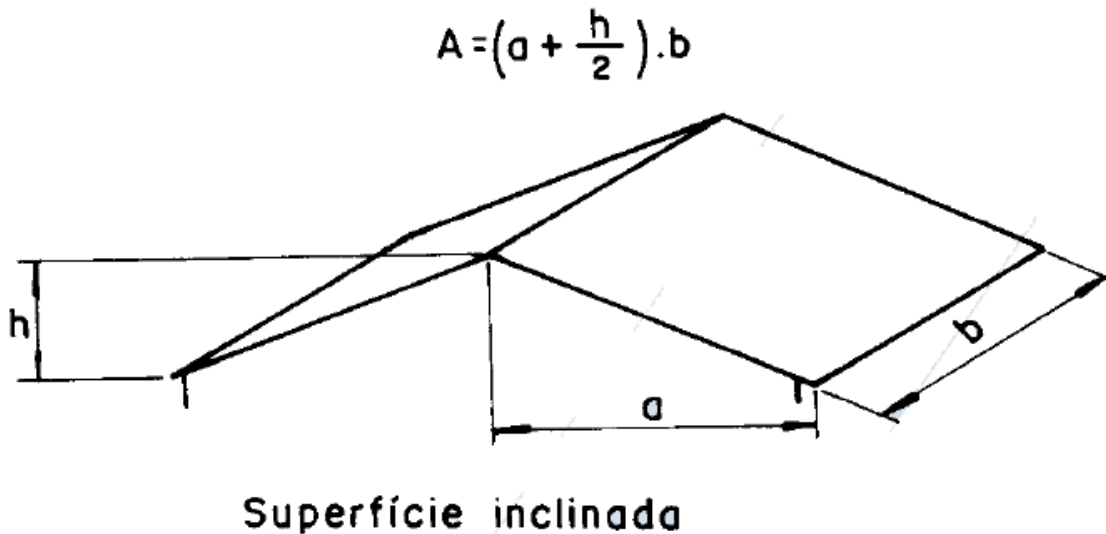
3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A construção de um sistema de captação e armazenamento de água da chuva deve levar em conta alguns fatores, para que seja eficiente e não cause danos à saúde humana. Para a execução do projeto foram seguidas as recomendações da ABNT NBR 15527 de 2019 e ABNT NBR 10844 de 1989, as quais tratam sobre requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis e Instalações prediais de águas pluviais respectivamente.

3.2.1 Área de captação

O valor da área de captação depende do tipo de telhado da residência, a ABNT NBR 10844 de 1989 apresenta equações para diferentes tipos de arranjos. Para a residência que foi implantada o sistema de captação de água da chuva segue o arranjo mostrado na figura 13.

Figura 18 - Arranjo do telhado e equação para cálculo da área de captação



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844, 1989

A Equação 1 foi utilizada para o cálculo da área de contribuição:

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \cdot b \quad (1)$$

Onde:

A= Área de contribuição (m²);

a= Largura (m);

h= A altura do canto do telhado até o topo (m);

b= Comprimento da calha (m).

A residência que foi implantado o sistema tem as seguintes medidas:

a= 5,06 m;

h= 1,27 m;

b= 11,02 m.

Ressaltando que foi utilizado os dois lados para contribuição, então multiplica-se a área por dois.

$$At = \left(\left(5,06 + \frac{1,27}{2} \right) * 11,02 \right) * 2$$

$$At = 125,52 \text{ m}^2$$

A área total de contribuição é de 125, 52 m².

Após determinar a área de contribuição calcula-se a vazão de escoamento da área de contribuição. O valor dessa vazão pode ser obtido através da Equação 2 que é recomendada na ABNT NBR 10844 de 1989.

$$Q = \frac{I * A}{60} \quad (2)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

A ABNT NBR 15527 de 2019 recomenda que seja adotado um período de retorno de no mínimo 25 anos, dessa forma foi verificado a intensidade pluviométrica (mm/h) para chuvas intensas no Brasil com duração de 5 minutos para a cidade de São Luiz Gonzaga - RS para o tempo de retorno de 25 anos. Foi utilizada essa cidade porque é a mais próxima que possui esse tipo de informação fornecida na ABNT NBR 10844 de 1989. O valor encontrado é de 253 mm/h.

Substituindo os valores na equação temos:

$$Q = \frac{253 * 125,52}{60}$$

$$Q_{\text{total}} = 529,28 \text{ L/min}$$

$$Q = 264,64 \text{ L/min para cada lado da área de contribuição.}$$

3.2.2 Calhas e condutores

De acordo com a ABNT NBR 10844 de 1989 o dimensionamento das calhas deve ser feito utilizando a fórmula de Manning-Strickler, ou qualquer outra que seja equivalente. A fórmula de Manning-Strickler é mostrada na Equação 3:

$$Q = K * \frac{S}{n} * R_H^{2/3} * i^{1/2} \quad (3)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

S = área da seção molhada, em m^2 ($S = \frac{\pi * r^2}{2}$);

n = coeficiente de rugosidade (utilizado 0,011 conforme Quadro 2);

R_H = raio hidráulico, em m ($R_H = \frac{S}{P}$);

P = perímetro molhado, em m ($P = \pi * r$), para calha semicircular;

r = raio da calha;

i = declividade da calha, em m/m ;

$K = 60000$.

Para esse projeto foi utilizado calha semicircular de PVC com diâmetro 150 mm, foi levado em consideração a lâmina de água para a calha totalmente cheia (75 mm).

Fazendo os devidos cálculos para a vazão, obtêm-se os seguintes resultados:

$$S = \frac{\pi * 0,075^2}{2}$$

$$S = 0,00883573 \text{ m}^2$$

$$P = \pi * 0,075$$

$$P = 0,23562 \text{ m}$$

$$R_H = \frac{0,00883573}{0,23562}$$

$$R_H = 0,0375 \text{ m}$$

$$Q = 60000 * \frac{0,00883573}{0,011} * 0,0375^{2/3} * 0,005^{1/2}$$

$$Q = 381,8 \text{ L/min}$$

O valor 381,8 L/min é a capacidade máxima da calha.

Para o dimensionamento dos condutores verticais, a ABNT NBR 10844 de 1989 recomenda os seguintes dados:

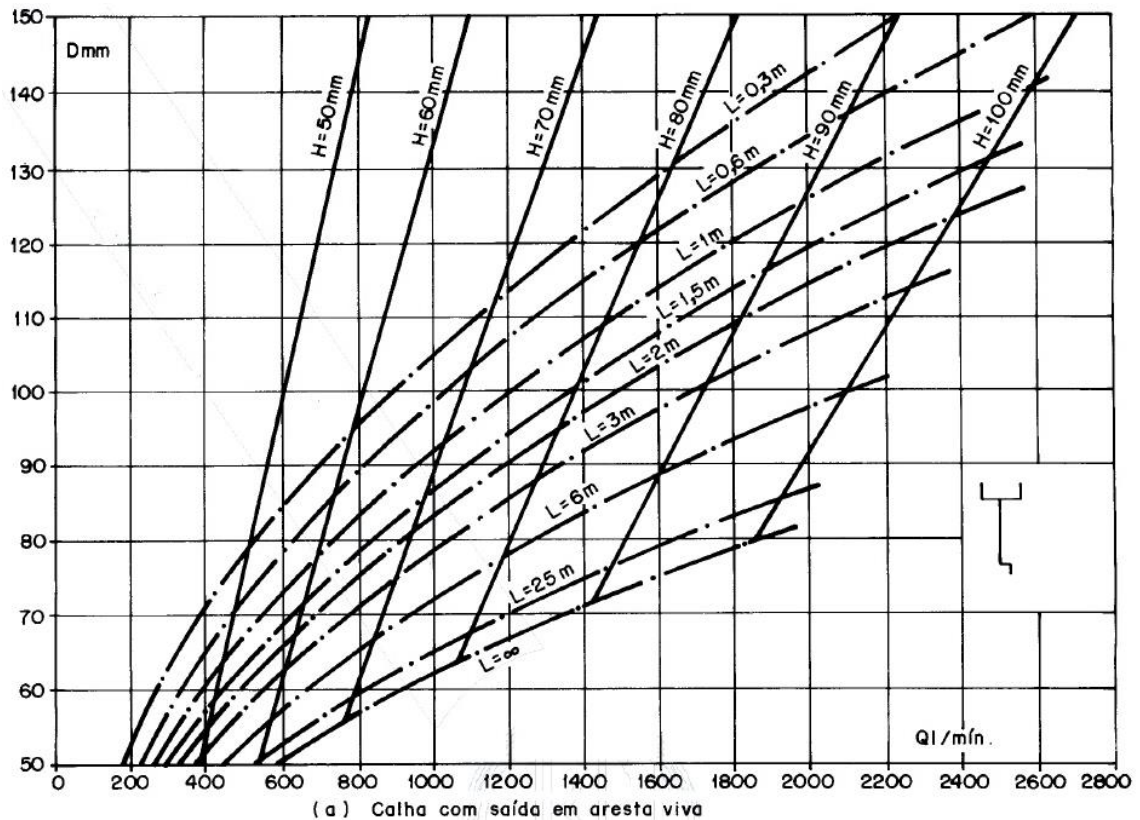
Q = Vazão de projeto, em L/min;

H = altura da lâmina de água na calha, em mm;

L = comprimento do condutor vertical, em m;

O diâmetro do condutor vertical será obtido a partir do ábaco na figura abaixo.

Figura 19 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais para calha com saída viva



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844, 1989

Para esse caso, a vazão de projeto (máxima) é de 384 L/min e o condutor vertical é o próprio filtro autolimpante devido não ter como colocar um tubo na vertical por conta da necessidade de possuir um desnível para o escoamento da água e a cisterna ser alta, o filtro possui pouco mais de 30 cm, o diâmetro mínimo (para esse projeto) que se pode utilizar fica em torno de 70 mm conforme observado no ábaco da ABNT NBR 10844 de 1989 mostrado na Figura 19.

Para a elaboração desse projeto foi utilizado condutores horizontais com diâmetro de 100 mm, para isso adotou-se uma declividade de 1% para que atenda às necessidades de acordo com os dados do projeto.

3.2.3 Dispositivos para melhoria da qualidade da água pluvial a ser captada

Para que a água chegue com melhor qualidade até a cisterna previu-se a instalação de dispositivos para retenção de folhas e pequenos galhos para que não

cheguem até o reservatório, tendo como resultado final uma água de melhor qualidade. De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para se obter uma água de melhor qualidade deve-se seguir três etapas básicas como a filtração através de um dispositivo que impeça a passagem dos sólidos mais grosseiros, descarte de um certo volume de água responsável pela limpeza do telhado e por fim o armazenamento em um reservatório adequado. Na figura 20 é mostrado o modelo de filtro utilizado para barrar sólidos maiores.

Figura 20 - Modelo de filtro utilizado



Fonte: sempresustentavel.com.br

Segundo a ABNT NBR 15527 de 2019 quando se tem poucas informações a respeito do local de implantação do projeto deve-se construir um desvio grande o suficiente para desviar no mínimo 2 mm de precipitação inicial. Na Figura 21 é mostrado o modelo utilizado para desviar a precipitação inicial ou fraca.

Figura 21 - Bombona de 240 L utilizada para desviar a água suja



Fonte: casológica, 2021

3.2.4 Disponibilidade teórica de água da chuva para captação

A quantidade de água da chuva para a captação vai depender do tamanho da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura a ser utilizada, da precipitação da região a ser implantada o sistema e também da eficiência do sistema de tratamento (ABNT NBR 15527, 2019).

A Equação 4 obtida na ABNT NBR 15527 de 2019 demonstra como esse volume pode ser calculado.

$$V_{disp} = P * A * C * \eta \quad (4)$$

Onde:

V_{disp} = volume disponível anual, mensal ou diário de água de chuva, expresso em litros (L);

P = precipitação média anual, mensal ou diária, expressa em milímetros (mm);

A = área de coleta, expressa em metros quadrados (m²);

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura (Runoff);

η é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado. Estes dados podem ser fornecidos pelo fabricante ou estimados pelo projetista. Na falta de dados, a ABNT NBR 15527 de 2019 recomenda o fator de captação de 0,85.

A residência onde ocorreu a implantação do sistema possui cobertura de fibrocimento, então conforme recomendação de Tomaz (2009) o coeficiente de Runoff fica entre 0,8 e 0,9, para esse projeto adotou-se o valor de 0,85.

Utilizou-se a precipitação média mensal do ano fornecido pelo INMET da estação meteorológica de São Luiz Gonzaga – RS. A precipitação média mensal dos últimos 26 anos é de 167,6 mm.

Fazendo o cálculo, obteve-se o seguinte resultado:

$$V_{disp} = 167,6 * 125,52 * 0,85 * 0,85$$

$$V_{disp} = 15199,34 L$$

O volume 15199,34 L é o volume teórico disponível para a precipitação mensal.

3.2.5 Demanda a ser atendida

O foco principal do trabalho é a utilização da água da chuva para a irrigação de uma horta, visando reduzir ao máximo possível a utilização de água potável fornecida pela companhia de abastecimento de água.

Existem manuais, como por exemplo os fornecidos no site da EMBRAPA, para determinar o quanto de água é necessário para diferentes formas de irrigação e culturas, onde uma série de cálculos devem ser realizados levando em conta diversos fatores. Porém, o objetivo desse trabalho não é a eficiência da irrigação e sim a utilização de águas pluviais visando reduzir o consumo de água potável e assim obter uma boa alternativa para o enfrentamento de crises hídricas em relação à segurança alimentar de uma família, não faltando água para a produção de alguns alimentos.

De forma a facilitar o cálculo do volume necessário para a irrigação da horta, foi usado um guia elaborado pela EMBRAPA (2013) para a produção no semiárido brasileiro, intitulado como: “Produção de frutas e hortaliças com o uso de água de chuva armazenada em cisterna”. Nesse guia consta a utilização de 8 litros por m² em canteiros com dimensões 1X3 m, sendo necessário 24 litros diários, podendo ser aplicada duas vezes ao dia de forma manual. Para a região onde se encontra a

residência em estudo, as chances de precipitação são bem maiores que na região semiárida do Brasil, então não seria necessária essa quantidade de água por m² para uma irrigação manual. Como a irrigação se dará por meio de aspersores, os quais estão sujeitos a perdas através do vento foi adotado um volume de 7 litros por m², esse valor foi adotado com base nos valores apresentados pelo guia da EMBRAPA.

A área que será irrigada tem em torno de 65 m², sendo necessário um volume diário aproximado de 455 litros e 13650 litros em um mês de irrigação.

3.2.6 Volume do reservatório usando o método Azevedo Neto

Para esse estudo foi utilizado o método Azevedo Neto, que também é conhecido como método Prático Brasileiro (BRANDÃO & MARCON, 2018), onde o volume do reservatório é dimensionado através da multiplicação do coeficiente 0,042 pelas médias dos totais anuais de precipitação pela área de captação e pela quantidade de meses com pouca chuva ou seca. A equação é encontrada na ABNT NBR 15527 de 2007 e está expressa abaixo.

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (5)$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

Na ABNT NBR 15527 de 2007 não consta o critério para determinar o número de meses com pouca chuva ou seca. Então, foi verificado na literatura e encontrado um estudo realizado por Dornelles *et al.* (2010) o qual foi adotado o número de meses com pouca ou seca aqueles que apresentam precipitação média inferior a 100mm. Caso a média mensal for superior a 100mm foi adotado o mínimo de 1 mês. Para esse trabalho foi verificado no Quadro 3 que nenhum mês teve médias inferiores a 100mm de precipitação, logo adotou-se o mínimo, ou seja, 1 mês, conforme o estudo citado acima.

Para o dimensionamento do reservatório foi utilizado a média de chuva dos totais anuais dos últimos 26 anos de dados da estação meteorológica de São Luiz

Gonzaga – RS, cujo valor é 1967,9 mm. A área de captação é de 125,52 m², e para o número de pouca chuva ou seca adotou-se 1.

$$V = 0,042 * 1967,9 * 125,52 * 1$$

$$V = 10374,45 L$$

Após substituir os dados na equação foi obtido um volume de 10374, 45 L para o reservatório de água da chuva. Para esse trabalho será construído uma cisterna de tela de alambrado de 16 m³ (volume sem considerar a espessura da parede) seguindo o manual de construção do IRPAA (2010). Foi construído o reservatório maior que o calculado pela equação tanto para se ter uma maior segurança hídrica para irrigar as hortaliças, como também é o volume mencionado no manual, dessa forma não sendo necessário fazer alterações nas medidas da cisterna para um reservatório menor.

3.3 VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

Segundo Clark *et al.* (2019) a água pluvial captada em telhados é uma fonte econômica e ambientalmente atraente para se utilizar na irrigação, porém deve-se ficar atento aos riscos associados à sua utilização, principalmente aos riscos à saúde humana. Dessa forma alguns parâmetros foram analisados para verificação da qualidade da água.

Na ABNT NBR 15527 está estabelecido os parâmetros para utilização da água da chuva para fins não potáveis conforme apresentado no quadro I. Para o presente trabalho a água coletada da chuva foi utilizada para a irrigação de uma horta. Para fins de irrigação de hortaliças a água a ser usada deve atender a Resolução CONAMA 357 de 2005 e estar enquadrada no mínimo na classe II.

Não foi realizada a análise dos parâmetros mencionados no Quadro 6 da água coletada no período do estudo, apesar de ter ocorrido boas precipitações (cerca de 504,9 mm conforme dados obtidos da estação meteorológica de São Luiz Gonzaga), elas ocorreram em grande quantidade enquanto o reservatório estava em construção, após o término houve baixos índices de precipitação resultando em um baixo volume de água captado.

3.4 TRATAMENTO APLICADO NA ÁGUA DA CHUVA

Para a desinfecção da água do reservatório foi utilizado hipoclorito de sódio 2,5% com inserção direta na cisterna. A dosagem foi verificada no “Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares – Funasa do ano de 2014.” A seguir é apresentado um quadro com a dosagem de acordo com o volume de água a ser desinfetada.

Quadro 8 - Dosagem de hipoclorito de sódio 2,5% para desinfecção da água utilizada para irrigar a horta

Volume de água (L)	Dosagem de hipoclorito de sódio a 2,5% (mL)	Tempo de contato (min.)
1	0,1	30
20	2	
200	20	
1000	100	
15000	1500	

Fonte: Adaptado de FUNASA, 2014

Conforme o manual, a aplicação deverá ser feita diretamente na água a ser utilizada com uma quantidade de 2 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% para cada 20 L de água. Seguindo essa orientação para 15000 L de água é necessário 1,5 L de hipoclorito.

3.5 VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Para analisar a viabilidade econômica da implementação do sistema foi utilizado um estudo desenvolvido por Fernandes *et al.* (2007) como referência, onde foi realizado o cálculo do valor presente líquido (VPL) para verificação da viabilidade do projeto.

Para o cálculo do VPL foi levado em consideração o valor gasto de 15 m³ de água vinda da rede de abastecimento da comunidade e a implementação do sistema com capacidade de 15 m³ de água da chuva.

Segundo o autor utilizado como referência, através desse método é possível ter um comparativo e verificar a melhor alternativa, pois o método transforma futuros gastos em dinheiro equivalente atualmente, possibilitando uma melhor decisão por parte dos interessados. A equação para o cálculo do VPL é mostrada abaixo.

$$\sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} \quad (6)$$

Onde:

t = período de análise;

n = vida útil do projeto em anos;

Ft = Fluxos previstos de receitas (entradas) ou despesas (saídas) no período "t";

k = Taxa Mínima Aceitável (TMA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A seguir será apresentado toda a construção do sistema de captação de água da chuva através de figuras e uma breve explicação de cada passo realizado.

4.1.1 Calhas e condutores

Para a instalação das calhas e condutores foi necessário a utilização de vários suportes para garantir a integridade do sistema e garantir a sua eficiência. Na Figura 22 é mostrado o tipo de suporte utilizado para as calhas.

Figura 22 - Suporte para as calhas



Fonte: Autor, 2022

Foram confeccionados 22 suportes para a instalação das calhas, 11 para cada lado do telhado, e instalados a cada 1 metro de distância respeitando a declividade de 0,5%.

Figura 23 - Colocação dos suportes



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 23 é mostrada a colocação dos suportes para as calhas utilizando chave Philips, ressaltando que antes de colocar os parafusos foram feitos furos com uma furadeira. Para a colocação dos suportes foi colocado primeiro nas extremidades, sendo que o primeiro suporte da ponta de início da calha foi instalado bem próximo do telhado e na outra extremidade foi instalado 6 cm abaixo, após foi colocada uma linha bem esticada para servir como referência para a colocação dos demais suportes a cada 1 m e mantendo a inclinação uniforme. O comprimento das calhas é de 11,02 m de cada lado, foi adotada a declividade mínima recomendada de 0,5 %, para esse caso foi adotado 0,5 cm a mais, pois o mínimo seria de 5,5 cm de desnível entre as extremidades.

Figura 24 - Calhas instaladas na residência

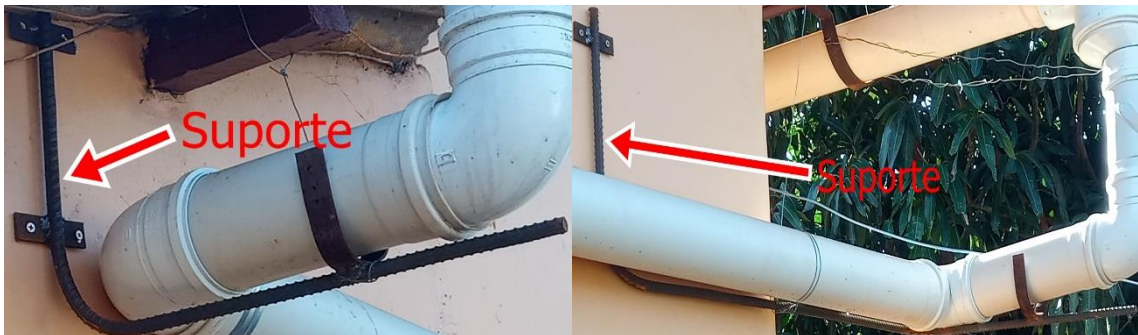


Fonte: Autor, 2022

Na Figura 24 pode-se observar as calhas já instaladas na residência nas duas abas do telhado.

Ainda foi feito dois suportes para que os condutores que saem das calhas ficassem bem firmes não tendo risco de caírem, como apresentado na Figura 25.

Figura 25 - Suportes nas decidas dos condutores



Fonte: Autor, 2022

Para a confecção dos dois suportes apresentados acima foi utilizado parte da barra de ferro de $\frac{1}{2}$ ", mesma utilizada como forma para as placas de concreto do teto da cisterna.

Na Figura 26 é mostrado os condutores já instalados na residência.

Figura 26 - Calhas e condutores



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 26 são indicados as calhas, condutores e filtros autolimpante utilizadas no sistema, todos devidamente fixados não tendo risco de movimentação devido a ventos e chuva intensa.

4.1.2 Instalação dos dispositivos para melhoria da qualidade da água pluvial a ser captada

Para esse projeto foram utilizados dois filtros autolimpante (um em cada calha), para reter esses sólidos indesejados. Na Figura 27 a seguir é mostrado um dos filtros utilizados no sistema.

Figura 27 - Filtro autolimpante.



Fonte: Autor, 2022

Foram compradas duas unidades desse filtro pela internet para a instalação. Esse filtro serve para barrar e descartar as sujeiras mais grossas (folhas, gravetos, insetos, etc.). Ele possui uma tela de mosquiteiro com uma inclinação de aproximadamente 45° e uma abertura lateral onde será eliminada os sólidos mais grosseiros indesejados. Os sólidos menores que passam pela tela são destinados para o separador de primeiras águas da chuva (desvio dos primeiros 2 mm de precipitação). A seguir é mostrado o reservatório utilizado para desvio da precipitação inicial.

Figura 28 - Separador de águas



Fonte: Autor, 2022

O dispositivo separador de águas tem objetivo de armazenar temporariamente a água mais suja do telhado. Para fazer o desvio dos primeiros 2 mm de água da chuva foi comprado pela internet uma bombona de 240 L de capacidade com a torneira para o esvaziamento incluída, para se ter o desvio de aproximadamente 252 L foi acoplado na tampa e colado com cola veda tudo um pedaço de cano PVC como mostrado na Figura 28.

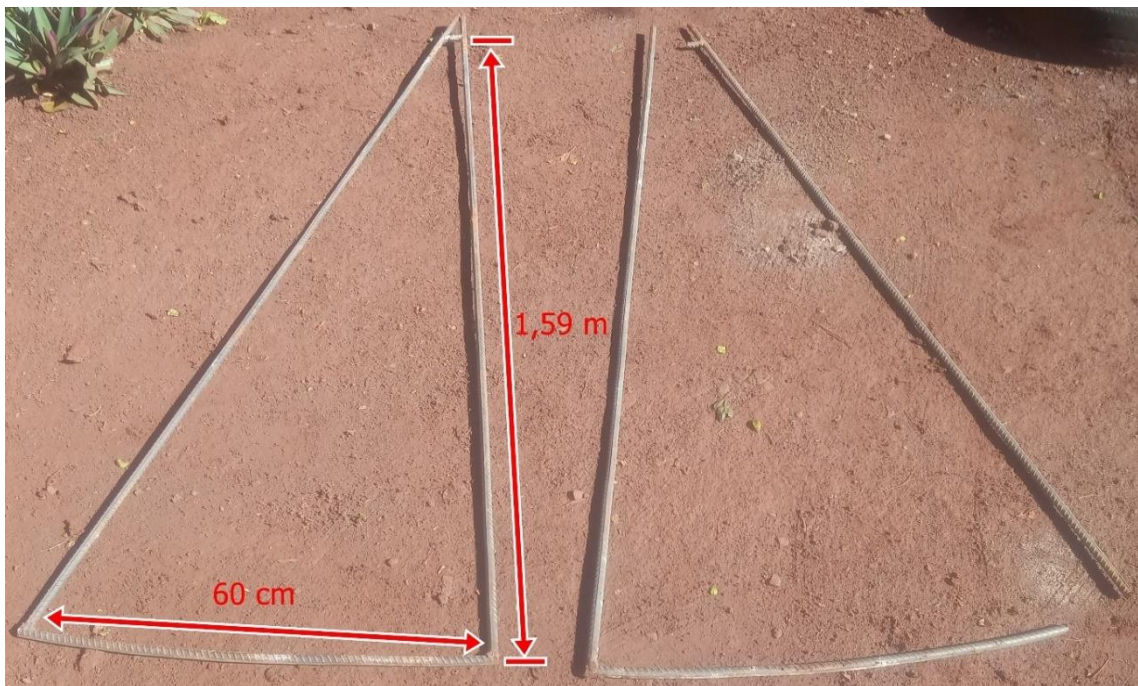
4.1.3 Construção da cisterna de tela de alambrado

A seguir será apresentado figuras de todo o processo de construção do reservatório. Para essa construção foi utilizado como base o manual de construção do IRPAA para uma cisterna de 16 m³ (volume levando em conta apenas o volume da

tela sem contar a espessura da parede), com volume útil estimado de 15 m³. Para a construção da cisterna houve algumas diferenças e acréscimos em relação ao manual, como a quantidade de camadas de reboco da cisterna que foram 6 (3 por dentro e 3 por fora da tela) e não 4 (2 por dentro e 2 por fora da tela), também foi utilizado uma estrutura de ferro na base, 3 camadas de argamassa impermeabilizante flexível com fibras no lado interno da parede, as placas foram feitas de concreto e não apenas de argamassa no traço 1:2:1 (uma parte de cimento, para duas partes de areia grossa para uma parte de brita n°1), essas são algumas diferenças.

Na Figura 29 é mostrada as formas utilizadas para a construção das placas do teto da cisterna.

Figura 29 - Formas para a fabricação das placas do teto da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Para a construção das placas foram utilizadas duas formas, feitas com ferro ½” para agilizar a confecção das mesmas, a barra de ferro foi cortada com uma esmerilhadeira, as medidas são mostradas na Figura 29. Na parte superior da forma observa-se um pequeno pedaço de ferro soldado na horizontal, esse se encontra a 10 cm da extremidade da forma. Uma forma foi feita para ser desmontada com as mesmas medidas, possibilitando fazer as placas rapidamente, cada uma feita de uma vez só, diferente do observado na cartilha de instruções onde fazia-se primeiramente uma parte da placa, depois colocada a tela de alambrado já recortada e só então colocada outra camada de argamassa fazendo a junção das duas metades das

placas. Na Figura 30 é mostrada a tela de alambrado utilizada para a construção da cisterna.

Figura 30 - Tela utilizada para a construção da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Para a construção da cisterna foi comprado pela internet um rolo de 25 m de tela de alambrado da marca Titan, com 2 m de altura, malha 15x5 cm e fio 2,5 mm, feita em aço galvanizado. Foram utilizados 10,20 m de tela para o corpo da cisterna e cerca de 9 m para as placas do teto da cisterna. Na Figura 31 é mostrado como foi realizado o corte da tela de alambrado.

Figura 31 - Cortando a tela de alambrado para as placas



Fonte: Autor, 2022

Para cortar a tela de alambrado para as placas foi utilizado uma esmerilhadeira, uma forma foi usada como molde para que o recorte tivesse o mesmo formato deixando pequenas pontas de tela. Ressaltando que foi utilizado óculos de proteção para segurança dos olhos, evitando que possíveis estilhaços pudessem causar algum dano a visão.

Figura 32 - Preparo do concreto



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 32 é apresentado o preparado do concreto para a confecção das placas no traço 1:2:1 (uma parte de cimento, para duas partes de areia grossa para uma parte de brita nº1) fazendo uso de uma betoneira. O cimento utilizado é o votorantin CP II F 32.

Figura 33 - Fabricação das placas



Fonte: Autor, 2022

Para a construção das placas foi colocado a forma desmontável na parte inferior, a tela de alambrado recortada no meio e a outra forma na parte superior, em seguida colocado o concreto e feito o espalhamento do mesmo na forma, cuidando para que a tela ficasse bem centralizada no concreto. Na Figura 34 é mostrado as placas de concreto recém feitas.

Figura 34 - Placas recém-fabricadas



Fonte: Autor, 2022

Foram construídas 16 placas de concreto para comporem o teto da cisterna, essas placas foram molhadas diversas vezes por dia ao longo de 10 dias para que atingisse uma boa resistência e não se rompesse na hora de movê-las.

Figura 35 - Cortando as barras de ferro para a base da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 35 é mostrado a realização do corte das barras de ferro, foram cortadas com 4 metros de comprimento, sobrando 10 cm de cada lado para fazer a dobra na etapa seguinte.

Figura 36 - Construção da estrutura de ferro para a base da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 36 pode-se perceber a elaboração de uma estrutura de ferro no formato “aranha” a qual foi utilizada na base da cisterna. Para essa estrutura foram utilizadas 10 barras de ferro 3/8 “(10 mm) de 12 m de comprimento, as pontas foram todas dobradas para que pudessem segurar o concreto e prevenir o rompimento. A estrutura de ferro foi feita quadrada com 3,8 m de largura e com malha 30x25 cm. Na Figura 37 mostrado a estrutura de ferro no local da construção da cisterna.

Figura 37 - Colocação da estrutura de ferro no local onde foi construída a cisterna



Fonte: Autor, 2022

Após o posicionamento da estrutura de ferro foi posicionado a tela de alambrado como mostrado na figura a seguir.

Figura 38 - Posicionamento da tela de alambrado para a construção



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 38 pode-se observar a colocação da tela de alambrado bem no centro da estrutura de ferro bem como a sua amarração, foi tomado os devidos cuidados para que a mesma ficasse nivelada e bem esticada, com um raio de 1,59 m por 2 m de altura. O comprimento de tela da parede da cisterna ficou cerca de 10 m, sendo que o excesso de 20 cm foi dobrado para emendar as duas pontas da tela. Na Figura 39 a tela já está devidamente posicionada e fixada.

Figura 39 - Tela posicionada e devidamente fixada sobre a estrutura de ferro



Fonte: Autor, 2022

Após a colocação da tela foi preparado um concreto no traço 1:2:3 (uma parte de cimento, para 2 partes de areia grossa, para 3 partes de brita nº1) para a base da

cisterna. Inicialmente iniciou-se o trabalho pelo lado interno, fazendo o espalhamento e nivelamento do concreto e depois colocado na parte externa. Na Figura 40 é possível observar o início da colocação do concreto.

Vale ressaltar que antes da concretagem deveriam ser posicionadas tubulações para a descarga do reservatório. Para esse projeto não foi feito esse processo, pois quando houver necessidade do esvaziamento da cisterna o mesmo será feito utilizando uma bomba periférica

Figura 40 - Início da construção da base da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 41 observa-se a base da cisterna depois de pronta.

Figura 41 - Base da cisterna recém finalizada



Fonte: Autor, 2022

A próxima etapa consiste na colocação do sombrite e colocação das escoras do lado interno para posteriormente iniciar a colocação da primeira camada externa da cisterna.

Figura 42 - Colocação do sombrite 50% ao redor da tela de alambrado



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 42 percebe-se a tela sombrite 50% colocada ao redor da tela de alambrado para que se iniciasse a primeira camada da parede da cisterna, permitindo a fixação da argamassa. Pelo lado de dentro pode-se perceber o uso de escoras feitas de taquara, elas servem para que a tela não entorte para dentro ao colocar a argamassa na primeira camada.

Figura 43 - Construção da primeira camada externa da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 43 pode-se perceber a construção da primeira camada da cisterna. Foi utilizado colher de pedreiro e desempenadeira para fixar a argamassa na tela sombrite. As camadas da cisterna foram feitas de argamassa no traço 1:3 (uma parte de cimento para três de areia grossa) foi preparada em uma betoneira.

Figura 44 - Primeira camada externa já finalizada



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 44 é mostrada a primeira camada externa da cisterna pronta, a camada foi construída com aproximadamente 1 cm de espessura. Vale ressaltar que cada camada foi mantida sempre úmida para uma boa cura da argamassa.

No dia seguinte após a finalização da primeira camada externa iniciou-se a construção da primeira camada interna. Na Figura 45 é apresentada a primeira camada interna da cisterna a qual também foi construída com uma espessura de aproximadamente 1 cm com mesmo traço da camada externa (1:3).

Figura 45 - Construção da primeira camada interna



Fonte: Autor, 2022

Para a construção da segunda e terceira camada interna e externa foi preciso esperar alguns dias devido as chuvas que ocorreram no período de construção. Na Figura 46 a seguir é mostrado a finalização da terceira camada externa da cisterna.

Figura 46 - Finalização da terceira camada externa



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 46 pode-se perceber a finalização da terceira camada externa com o uso de uma desempenadeira de plástico.

Na Figura 47 é mostrado a parte interna da cisterna finalizada, foram feitas três camadas de aproximadamente 1 cm cada uma.

Figura 47 - Parte interna da cisterna finalizada



Fonte: Autor, 2022

No chão da cisterna foi passado uma fina camada de argamassa no traço 1:3 de aproximadamente 2 cm de espessura, e depois ainda foi aplicado nata de cimento para uma melhor impermeabilização.

Figura 48 - Molhando a parede da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Vale ressaltar que a parede da cisterna foi molhada diversas vezes ao dia no período de construção das camadas e por 10 dias após a finalização da mesma, mantendo sempre molhada, tanto o lado externo como interno, visando evitar pequenas rachaduras e para atingir a cura da argamassa. Ainda houve alguns dias de chuva que contribuíram em manter a parede molhada favorecendo a cura da argamassa. Na figura 49 é mostrado o impermeabilizante utilizado para aplicação interna.

Figura 49 - Impermeabilizante utilizado para aplicação interna da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Após o término das paredes da cisterna foi aplicado três camadas de impermeabilizante na parte interna. O impermeabilizante utilizado foi o viaplus 7000 que foi comprado pela internet, esse impermeabilizante é próprio para aplicar em reservatórios, sendo atóxico não influenciando na qualidade da água, e ainda é flexível, ou seja, mesmo que ocorra uma pequena rachadura na parede do reservatório a mesma será preenchida pelo impermeabilizante impedindo que a água infiltre na parede. Segundo a fabricante (viapol) o produto oferece revestimento impermeabilizante, flexível, bicomponente à base de resinas termoplásticas e cimentos com aditivos e incorporação de fibras sintéticas (polipropileno), resultando em uma membrana de polímero modificado com cimento com características de flexibilidade, impermeabilidade e muita resistência.

Figura 50 - Aplicação do impermeabilizante



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 50 pode-se perceber a aplicação da primeira “demão” do impermeabilizante viaplus 7000 no sentido vertical utilizando uma broxa.

Figura 51 - Aplicação finalizada do impermeabilizante



Fonte: Autor, 2022

Foram aplicadas 3 “demãos” de impermeabilizante viaplus 7000 na parte interna da cisterna. Ressaltando que as camadas aplicadas foram passadas em “cruz” (primeiro no sentido vertical e depois horizontal) para que toda a parte interna fosse coberta pelo impermeabilizante.

Após alguns dias da aplicação da última camada de impermeabilizante (devido à chuva que ocorreu, por isso não foi no dia seguinte) foi construído a escora para apoiar as placas até a aplicação do concreto. A escora é mostrada na Figura 52.

Figura 52 - Escora para apoiar as placas



Fonte: Autor, 2022

Essa escora foi construída com uma roda de ferro de 63 cm de diâmetro, para segurar o concreto que foi colocado sobre essa escora (entre as placas na parte superior), foi colocado uma tábua devidamente recortada para encaixar na roda de ferro. A escora ficou aproximadamente 52 cm acima da parte superior da parede da cisterna como mostrado na Figura 53.

Figura 53 - Colocação das placas da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Foram necessários a participação de três pessoas para facilitar a colocação das placas de concreto sobre a escora. Ressaltando que foi colocado um tijolo no pé da escora para facilitar a remoção da mesma após a finalização do teto.

Figura 54 - Escora apoiando as placas



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 54 pode-se observar a escora utilizada para apoiar as placas até concretar a parte superior, o tijolo utilizado foi levado em conta para se ter os 52 cm acima da parte superior da cisterna.

Figura 55 - Teto da cisterna com os espaços entre as placas preenchidos



Fonte: Autor, 2022

Após a finalização da colocação das placas, foi feito o preenchimento com argamassa no traço 1:3 dos pequenos espaços entre as placas de concreto, bem no topo da cisterna (sobre a escora) foi colocado concreto no traço 1:2:3, e no espaço de uma placa foi colocado apenas a metade superior como se pode ver na Figura 55, ficando um espaço para a tampa.

Figura 56 - Finalização do emparelhamento do teto da cisterna



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 56 pode-se observar que foi feito o emparelhamento da parte superior das placas, servindo como um reforço e para aplicação da tinta. Após o término do teto foi removido a escora do lado interno como mostrado na Figura 57.

Figura 57 - Remoção da escora após alguns dias da finalização do teto



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 57 pode-se observar a parte interna superior da cisterna sem a escora apoiando as placas. Após a finalização e remoção do teto da cisterna foi feita a tampa da cisterna que é mostrado na Figura 58.

Figura 58 - Tampa da cisterna



Fonte: Autor, 2022

A tampa da cisterna foi confeccionada por um funileiro, a mesma foi feita de aluzinco no formato trapezoidal um pouco maior que a abertura da cisterna. A parte superior mede 60 cm, parte inferior mede 80 cm, a altura da base maior até a base menor de 80cm e as laterais com pouco mais de 80,62 cm. Na Figura 59 é mostrada a tampa já instalada no reservatório.

Figura 59 - Tampa instalada na cisterna



Fonte: Autor, 2022

Após o término de instalação da tampa da cisterna foi confeccionado um extravasor com um pedacinho de cano envolvido por uma telinha mosquiteiro, esse foi colocado dentro de um pedaço de cano maior de cerca de 40 cm, e inserido no joelho de 100mm e 90°, conforme Figura 61.

Figura 60 - Colocação de uma telinha de mosquiteiro no cano que serve para extravasar o excesso de água da chuva



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 60 pode-se observar a tela de mosquiteiro inserida no cano PVC de 100 mm. Foi tomado os devidos cuidados para que não ficasse nenhum espaço para evitar que mosquitos pudessem passar. Esses cuidados foram tomados para evitar a proliferação de larva de mosquito, fundamentalmente do *Aedes Aegypti*, transmissor da Dengue e muitas outras doenças.

Na Figura 61 é mostrado o extravasor instalado na cisterna.

Figura 61 - Extravasor instalado com a tela de mosquiteiro



Fonte: Autor, 2022

Como a tampa da cisterna está posicionada em um ponto alto, cerca de 2 metros, é muito importante a construção de uma escada para ter acesso a mesma. Dessa forma foi construída uma escada de dois degraus, totalizando uma altura de aproximadamente 90 cm. Como foi utilizado uma bomba para retirada da água da cisterna, foi pensado em algumas ideias e utilizado a própria escada para instalar a bomba, deixando uma laje removível no degrau superior. Na Figura 62 é mostrado a escada construída.

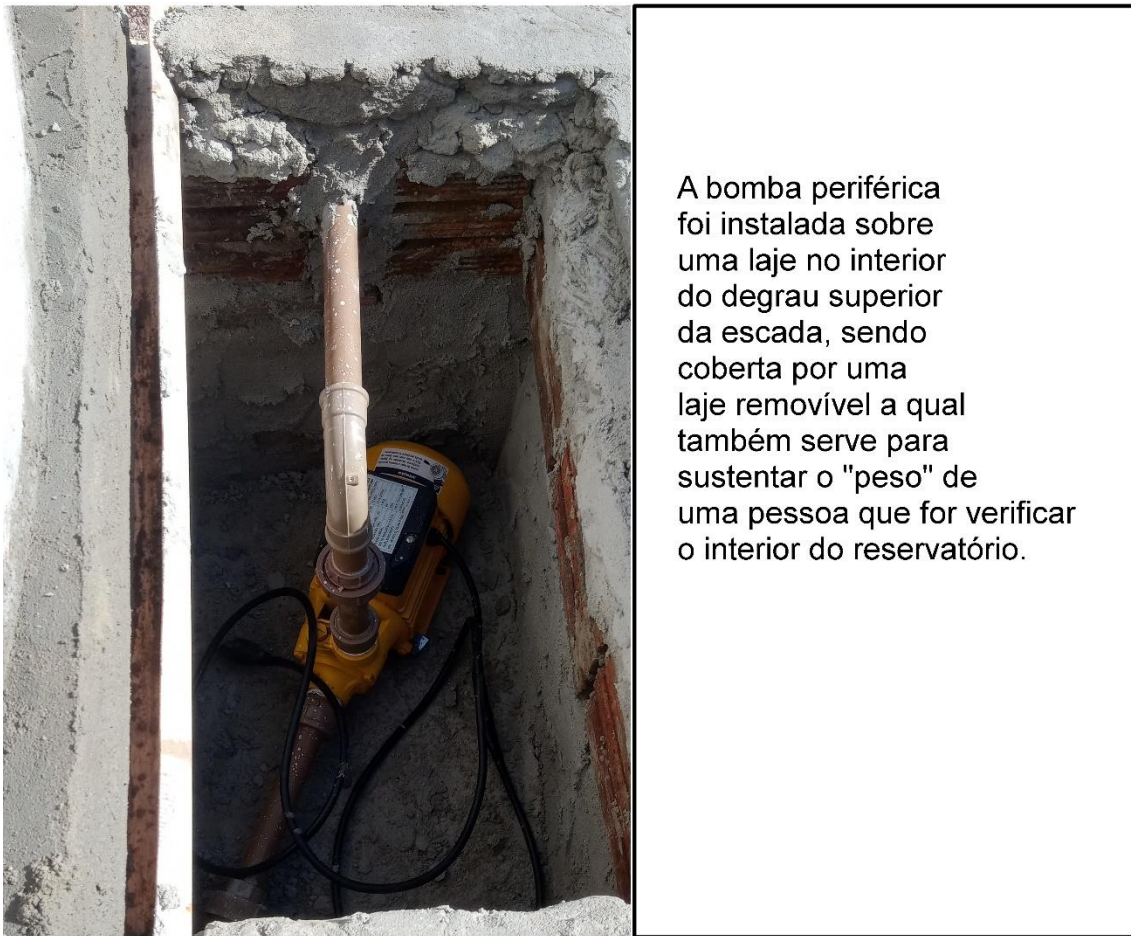
Figura 62 - Escada da cisterna



Fonte: Autor, 2022

A escada foi construída com tijolos 6 furos, sendo utilizadas duas lajes como degraus, uma delas foi rebocada e a laje superior é removível como visto na Figura 62, abaixo da laje removível foi instalado a bomba periférica, a bomba foi devidamente fixada e, é possível removê-la caso haja a necessidade, isso é possível devido a utilização de duas peças chamadas de união soldável. Ressaltando que os degraus são praticamente da mesma altura, na Figura 62 percebe-se que um é maior que o outro, isso porque uma parte do degrau inferior está sobre a base da cisterna e a outra parte no chão, porém a diferença de altura é pequena. Na Figura 63 é mostrado a bomba periférica instalada.

Figura 63 - Bomba periférica instalada



Fonte: Autor, 2022

A bomba que foi utilizada para irrigação foi comprada pela internet, é da marca Ferrari modelo *Acquapump*, possui uma potência de 370 W e vazão máxima de 1800 l/h segundo o fabricante.

Após o término da escada a cisterna ficou pronta, faltando apenas a pintura para sua finalização. Na Figura 60 é mostrado a realização da pintura da cisterna.

Figura 64 - Aplicação da tinta na cisterna



Fonte: Autor, 2022

Foi comprado uma lata de 3,6L de tinta acrílica semibrilho standard na cor branca para a pintura da cisterna. Segundo fabricante a tinta é indicada para superfícies internas e externas de reboco, concreto aparente, e para outros usos, sendo um produto de fácil aplicação, possui alto rendimento, ótima lavabilidade, antimofa e com excelente resistência ao intemperismo. Foi utilizado um rolo de lã de carneiro para aplicação da tinta, como observado na Figura 64, para a pintura da parte superior da cisterna foi utilizada uma escada para facilitar o trabalho, ao todo foi feita a aplicação de três “demãos” de pintura. Foi pintado da cor branca pois, o branco ajuda a manter uma temperatura mais baixa no interior da cisterna. A escada não foi pintada, apenas a cisterna em si.

Na Figura 65 é mostrada a cisterna finalizada vista de frente.

Figura 65 - Cisterna finalizada



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 66 pode-se perceber o sistema de captação finalizado.

Figura 66 - Imagem lateral do sistema de captação finalizado



Fonte: Autor, 2022

Figura 67 - Sistema de captação de água da chuva vista dos fundos



Fonte: Autor, 2022

Depois de finalizado o sistema de captação e a instalação da bomba periférica, foi instalado a mangueira logo na saída da bomba, ligando-a com os aspersores. Na Figura 68 é mostrada a mangueira que foi utilizada.

Figura 68 - Mangueira utilizada para a irrigação



Fonte: autor, 2022

A mangueira comprada para a irrigação possui $\frac{3}{4}$ ”, foram usados cerca de 32 m de mangueira. Para a sua instalação foi construída uma vala de cerca de 10 cm até o início da horta a ser irrigada. Na Figura 69 é possível observar a mangueira instalada dentro da vala.

Figura 69 - Mangueira colocada a partir da bomba até a horta a ser irrigada



Fonte: autor, 2022

Após a colocação da mangueira a mesma foi coberta com terra. A partir do início da horta, a mangueira foi instalada por cima dos canteiros para evitando que sejam danificadas no momento de renovar os canteiros. Na Figura 70 é mostrado a instalação da mangueira junto a horta.

Figura 70 - Colocação da mangueira na horta a ser irrigada



Fonte: Autor, 2022

A mangueira ficou cerca de 50 cm acima dos canteiros. Vale ressaltar que a única emenda utilizada na mangueira foi um TE $\frac{3}{4}$ "para direcionar um pedaço de mangueira para cada aspersor. Na Figura 71 é mostrado os aspersores utilizados para irrigar a horta.

Figura 71 - Aspersores utilizados para a irrigação da horta



Fonte: Autor, 2022

Para a irrigação da horta foi comprado pela internet dois aspersores, cada um com vazão máxima de 1000 l/h segundo fabricante, possuem cerca de 60 cm de altura e são do tipo rotativo com parte superior em alumínio modelo ERA-50. Na Figura 72 é mostrado os aspersores já instalados na horta.

Figura 72 - Aspersores instalados na horta



Fonte: Autor, 2022

Figura 73 - Horta a ser irrigada com os aspersores instalados



Fonte: Autor, 2022

4.2 APLICAÇÃO DE TRATAMENTO NA ÁGUA ARMAZENADA NA CISTERNA E TESTE DE IRRIGAÇÃO

No período de estudo teve uma precipitação acumulada de aproximadamente 504,9 mm conforme dados obtidos da estação meteorológica de São Luiz Gonzaga, no entanto, o reservatório ficou pronto apenas dia 30 de junho de 2022 devido contratempos com precipitações na fase de construção, por fim, somente 58,2 mm precipitou após o término do reservatório.

Quadro 9 - Precipitação do dia 2 de maio a 15 de julho de 2022 na Estação
Meteorológica de São Luiz Gonzaga - RS

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
02/05/2022	2,5	27/05/2022	14,3	21/06/2022	8
03/05/2022	59,6	28/05/2022	12	22/06/2022	64,9
04/05/2022	43,6	29/05/2022	null	23/06/2022	1,3
05/05/2022	0	30/05/2022	38,9	24/06/2022	0,4
06/05/2022	0	31/05/2022	0	25/06/2022	0,5
07/05/2022	0	01/06/2022	0	26/06/2022	null
08/05/2022	null	02/06/2022	0	27/06/2022	0
09/05/2022	0	03/06/2022	0	28/06/2022	0
10/05/2022	0	04/06/2022	0	29/06/2022	2,8
11/05/2022	0	05/06/2022	null	30/06/2022	0
12/05/2022	0,1	06/06/2022	56,5	01/07/2022	0
13/05/2022	0	07/06/2022	18,5	02/07/2022	0
14/05/2022	0	08/06/2022	0,4	03/07/2022	null
15/05/2022	null	09/06/2022	0,3	04/07/2022	1,1
16/05/2022	1	10/06/2022	0,8	05/07/2022	0
17/05/2022	0	11/06/2022	0	06/07/2022	0
18/05/2022	0,8	12/06/2022	null	07/07/2022	0
19/05/2022	0,9	13/06/2022	0	08/07/2022	0,6
20/05/2022	0,1	14/06/2022	0	09/07/2022	0
21/05/2022	0	15/06/2022	0	10/07/2022	null
22/05/2022	null	16/06/2022	0	11/07/2022	0,2

23/05/2022	0	17/06/2022	88,1	12/07/2022	21,7
24/05/2022	0	18/06/2022	1,1	13/07/2022	0
25/05/2022	0	19/06/2022	null	14/07/2022	30
26/05/2022	29,3	20/06/2022	0	15/07/2022	4,6

Fonte: Adaptado de INMET, 2022

No Quadro 9 são apresentados dados pluviométricos durante o período de elaboração do projeto. De acordo com os dados obtidos, após a conclusão do reservatório, foram registrados 58,2 mm na estação meteorológica de São Luiz Gonzaga, assim deveria ter acumulado um pouco mais de água na cisterna, acredita-se que tenha precipitado um pouco menos na localidade de estudo, resultando em um volume acumulado um pouco abaixo do esperado, conforme dados obtidos.

Apesar de não ter sido realizado nenhum tipo de análise da qualidade da água armazenada, o tratamento deverá ser aplicado conforme o recomendado pelo Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares do ano de 2014. Como a água acumulada até o momento de entrega desse documento foi baixa foi extraída a medida da altura de água acumulada e calculado o volume existente no reservatório, após isso foi aplicado a quantidade equivalente de hipoclorito de sódio a 2,5%.

Foram medidos 35 cm de água no reservatório. Assim o volume calculado é demonstrado através da Equação 7.

$$V = \pi * r^2 * h \quad (7)$$

Onde:

r é o raio da cisterna descontando a espessura da parede;

h é a altura de água.

Aplicando na equação abaixo:

$$V = \pi * 1,56^2 * 0,35$$

$$V = 2,68 \text{ m}^3 = 2680 \text{ L}$$

Obtido o volume de água acumulado, foram adicionados 268 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% nesse montante. Aguardou-se pouco mais de 30 minutos e então feito um teste de irrigação para verificar a sua funcionalidade.

Figura 74 - Remoção do ar da tubulação para o teste de irrigação



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 74 demonstra-se o enchimento dos canos para remoção do ar, pois a bomba não é autoescorvante. Após o enchimento foi fechado o registro visando que a água não saísse por cima. Logo a bomba periférica foi acionada para a irrigação. Esse teste foi realizado pois não foi possível colocar o sistema em operação efetivamente devido aos baixos volumes acumulados de precipitação até aquele momento. Na Figura 75 é apresentada a imagem da irrigação teste da horta com intenção de testar a sua funcionalidade.

Figura 75 - Aspersores em funcionamento



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 75 é possível observar os aspersores funcionando. O sistema mostrou-se funcional e apresentou uma boa irrigação com bom grau de espalhamento, molhando toda a área desejada. Ressalta-se que foi apenas um teste pois a terra estava molhada devido a precipitação no dia anterior, dia 15 de julho de 2022, chuva de aproximadamente 4,6 mm de acordo com o registrado pela estação meteorológica de São Luiz Gonzaga, não tendo a necessidade de irrigação.

Após o teste foi realizado a medida da coluna de água no reservatório, com isso, nas condições que a bomba periférica se encontra, estima-se que a mesma consiga bombear cerca de 960 L/h, necessitando aproximadamente 28 minutos para que 455 L de água seja utilizado para irrigar a horta.

4.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Entre as principais vantagens de se fazer a captação de água da chuva destacam-se a economia de água potável e não potável e a melhoria dos sistemas de drenagem de água da chuva (GÓMEZ *et al.*, 2017). Ainda conforme citado pelo autor, uma das principais barreiras em relação a adoção dessa prática é um custo muito baixo das tarifas de água potável, que é o caso da comunidade onde foi instalado o sistema.

Para analisar a viabilidade econômica da implementação do projeto foi comparado o valor investido para a construção do sistema com o valor mensal cobrado por 15 m³ (que é equivalente ao volume útil da cisterna) na comunidade onde está situada a residência em questão. Para a comunidade do Rincão Comprido a água é comunitária, com preço da taxa discutido pelos membros da comunidade, bem como a escolha do presidente da água. Dessa forma, é cobrado uma taxa de R\$ 10,00 para utilização de até 10 m³ de água, ultrapassando esse valor é cobrado R\$ 2,00 por m³ adicional, dessa forma o custo mensal por 15 m³ é de R\$ 20,00.

No quadro 9 estão dispostos todos os materiais utilizados na construção do projeto e seus respectivos custos.

Quadro 10 - Materiais utilizados para a construção do sistema e seus respectivos custos

Material	Quantidade	Valor por unidade, metro ou metro cúbico	Valor total
Cano PVC 100 mm	19 m	R\$ 18,99	R\$ 360,81
Joelho PVC 90° 100mm	8 un	R\$ 10,76	R\$ 86,08
Luva PVC 100 mm	3 un	R\$ 8,64	R\$ 25,92
TE PVC 100 mm	1 un	R\$ 21,02	R\$ 21,02
Joelho PVC 45° 100 mm	1 un	R\$ 9,00	R\$ 9,00
Y PVC 100 mm	1 un	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Cano PVC 150 mm	12 m	R\$ 53,33	R\$ 639,96
Joelho PVC 90° 150 mm	2 un	R\$ 83,00	R\$ 166,00
Redução PVC 150X100 mm	2 un	R\$ 55,00	R\$ 110,00
Tampa PVC 150 mm	2 un	R\$ 40,00	R\$ 80,00
Cano PVC 25 mm	6 m	R\$ 5,30	R\$ 31,80
Curva PVC 90° 25 mm	6 un	R\$ 5,00	R\$ 30,00
Adaptador soldável 32X1"	2 un	R\$ 2,50	R\$ 5,00
Bucha redução 32X25 mm	2 un	R\$ 2,00	R\$ 4,00
União soldável 25 mm	2 un	R\$ 11,00	R\$ 22,00
Registro 25 mm	2 un	R\$ 10,43	R\$ 20,86
TE soldável 25 mm	1 un	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Luva mista 25X3/4"	1 un	R\$ 2,50	R\$ 2,50
Tampão soldável 25 mm	1 un	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Adaptador rosca externa 3/4"	1 un	R\$ 2,00	R\$ 2,00

Válvula de poço PVC ¾"	1 un	R\$ 36,00	R\$ 36,00
Fita veda rosca	1 un	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Abraçadeira tipo U 4"	6 un	R\$ 4,00	R\$ 24,00
Suportes para as calhas	22 un	R\$ 11,00	R\$ 242,00
Corte do cano PVC 150 mm para fazer as calhas	2 un	R\$ 5,00	R\$ 10,00
Solda suporte dos condutores	2 un	R\$ 5,00	R\$ 10,00
Filtro autolimpante	2 un	R\$ 43,09	R\$ 86,18
Abraçadeira rosca sem fim 4"	2 un	R\$ 3,60	R\$ 7,20
Abraçadeira rosca sem fim ¾"	6 un	R\$ 1,50	R\$ 9,00
TE para mangueira ¾"	1 un	R\$ 1,50	R\$ 1,50
Mangueira ¾"X2	29 m	R\$ 2,45	R\$ 71,05
Bombona 240 L	1 un	R\$ 237,00	R\$ 237,00
Cola veda tudo epóxi	1 un	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Bomba periférica Ferrari Acquapump 370 W	1 un	R\$ 205,26	R\$ 205,26
Lixa d'água 220	1 un	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Cabo PP 2X1,5 mm	2 m	R\$ 5,30	R\$ 10,60
Plug macho 2 pinos	1 un	R\$ 6,00	R\$ 6,00
Aspersor rotativo modelo ERA-50	2 un	R\$ 30,39	R\$ 60,78
Tela de alambrado Titan 25X2 m malha 15X5 cm e fio 2,5mm	19 m	R\$ 55,08	R\$ 1046,52
cimento	20 un	R\$ 39,57	R\$ 791,40
Areia fina	0,5 m ³	R\$ 180,00	R\$ 90,00

Areia média	1 m ³	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Areia grossa	2,25 m ³	R\$ 180,00	R\$ 405,00
Brita n° 1	1 m ³	R\$ 180,00	R\$ 180,00
Sombrite 50%	10,2m	R\$ 7,00	R\$ 71,40
Ferro 3/8"	10 un	R\$ 69,18	R\$ 691,80
Ferro 1/2"	1 un	R\$ 102,83	R\$ 102,83
Arame recozido n°16	2 un	R\$ 23,35	R\$ 46,70
Impermeabilizante vedacit	1 un	R\$ 139,79	R\$ 139,79
Impermeabilizante viaplus 7000	3 un	R\$ 248,80	R\$ 746,40
Disco de corte para aço e inox	5 un	R\$ 2,00	R\$ 10,00
Arco de serra fixo	1 un	R\$ 23,42	R\$ 23,42
Serrinha de aço	1 un	R\$ 9,90	R\$ 9,90
Tampa da cisterna	1 un	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Solda roda de ferro	1 un	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Custo total		R\$ 7319,68	

Fonte: autor, 2022

Como observado no quadro 9, o custo total para implementação do sistema foi de R\$ 7319,68, sendo bastante expressivo. Ressalta-se que não houve custo com a mão de obra, sendo contabilizado apenas o material de construção, assim as sobras não estão incluídas no somatório e nem os materiais cedidos ou já existentes no local. O pedreiro que auxiliou na construção da cisterna cobrava R\$ 170,00 a diária, estima-se que foram necessários 6 dias para a finalização do reservatório, sem considerar os contratemplos, assim caso fosse ter custo com mão de obra, teria um custo adicional de R\$ 1020,00, porém o pedreiro foi voluntário na construção.

Após contabilizar os custos de implantação do sistema foi realizado o cálculo do VPL levando em conta um período de 20 anos, conforme citado por Fernandes *et al.* (2007) como sendo a vida útil aproximada de um sistema de aproveitamento de água da chuva. Os resultados são apresentados abaixo.

- Cálculo do VPL para a implementação do sistema de captação de água da chuva com cisterna de 15 m³

$$\sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+k)^t}$$

Onde:

t = período de análise em anos;

n = vida útil do projeto em anos (20 anos);

Ft = Fluxos previstos de despesas totais (somatório do custo total de implantação do sistema e custo de manutenção) em R\$;

k = Taxa Mínima Aceitável de 10% ao ano.

Os gastos com manutenção foram baseados em um estudo realizado por Fernandes et al. (2007) o qual citou um gasto total anual de R\$ 100,00 para um sistema com uma cisterna de 28 m³. Dessa forma para esse projeto os gastos com manutenção foram estimados em R\$ 80,00 por ano, este valor foi estimado para compra de produtos de limpeza para o sistema, como esponjas, sabão, vassoura para limpeza do reservatório, produtos para desinfecção, entre outros. Os resultados são mostrados no quadro 10.

Quadro 11 - Cálculo do VPL no período de 20 anos para o sistema de captação de água da chuva

Período	custo do sistema no período (R\$)	VP (Valor Presente)
0	-7319,68	-7319,68
1	-80	-72,72727273
2	-80	-66,11570248
3	-80	-60,10518407
4	-80	-54,64107643
5	-80	-49,67370584
6	-80	-45,1579144
7	-80	-41,05264946
8	-80	-37,32059042
9	-80	-33,92780947
10	-80	-30,84346315
11	-80	-28,03951196
12	-80	-25,49046542
13	-80	-23,17315038

14	-80	-21,06650034
15	-80	-19,15136395
16	-80	-17,41033086
17	-80	-15,82757351
18	-80	-14,38870319
19	-80	-13,08063927
20	-80	-11,89149024
VPL		-8000,765098

Fonte: Autor, 2022

O VPL foi calculado em uma planilha e o somatório foi de R\$ -8000,76 no período de 20 anos. Ressaltando que o valor é negativo pois não se tem lucro, somente gastos.

Para o cálculo do VPL foi utilizado a Equação 6, onde o primeiro fluxo previsto total (F_t) representa o investimento total para a implementação do projeto. Foi feito o cálculo VP para cada ano, sendo que os próximos 20 anos as únicas despesas foram estimadas em R\$ 80,00 (valor estimado para compra de produtos para limpeza do sistema).

O VP estima quanto vale uma determinada quantia em dinheiro em um determinado ano futuro, por exemplo, no quadro acima daqui 20 anos R\$ 80,00 será equivalente a aproximadamente R\$ 11,89 atualmente. Todos os resultados são negativos pois representam investimentos/gastos.

- Cálculo do VPL para o custo de 15 m³ de água vinda da rede de distribuição por 20 anos

$$\sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Onde:

t = período de análise em anos;

n = vida útil do projeto em anos (20 anos);

F_t = Fluxos previstos do custo total de 15 m³ de água vinda da rede de distribuição da comunidade no período de 20 anos (R\$);

k = Taxa Mínima Aceitável de 10% ao ano.

Foi levado em consideração que o valor por 15 m³ de água seria de R\$ 20,00 mensal no período de 20 anos. Os resultados são apresentados abaixo.

Quadro 12 - VPL do custo de 15 m³ no período de 20 anos

Período	custo por 15 m ³ no período (R\$)	VP (Valor Presente)
0	0	0
1	-240	-218,1818182
2	-240	-198,3471074
3	-240	-180,3155522
4	-240	-163,9232293
5	-240	-149,0211175
6	-240	-135,4737432
7	-240	-123,1579484
8	-240	-111,9617713
9	-240	-101,7834284
10	-240	-92,53038946
11	-240	-84,11853588
12	-240	-76,47139625
13	-240	-69,51945114
14	-240	-63,19950103
15	-240	-57,45409185
16	-240	-52,23099259
17	-240	-47,48272054
18	-240	-43,16610958
19	-240	-39,2419178
20	-240	-35,67447073
VPL		-2043,255293

Fonte: Autor, 2022

O resultado do somatório é apresentado acima dando um valor do VPL de R\$ -2043,25 no período de 20 anos.

O resultado para o custo de água vinda da rede de distribuição é menos negativa do que a do sistema de captação de água da chuva conforme os resultados dos VPL, sendo assim mais viável financeiramente.

Uma grande desvantagem observada é principalmente relacionada ao custo elevado para a implementação do sistema quando comparado com o valor cobrado por 15 m³ de água potável na localidade onde foi realizada a construção do sistema.

Uma das principais vantagens da implementação do sistema é sem dúvida a redução significativa do consumo de água para irrigação da horta, dessa forma preservando esse precioso recurso para períodos de escassez. Sendo assim as principais vantagens são ambientais e não econômicas.

- Tempo para o sistema "se pagar"

Para esse cálculo foi feito a divisão do valor total do investimento pelo valor mensal equivalente a 15 m³, o resultado é apresentado nos cálculos abaixo.

$$\text{Tempo para o sistema "se pagar"} = \frac{7319,68}{20} = 366 \text{ meses} = 30,5 \text{ anos}$$

Para que todo o investimento se pagasse por completo seriam necessários mais de 30 anos, levando em conta que o preço permaneça o mesmo, sendo assim inviável economicamente para a localidade em questão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notável que nos últimos anos várias regiões do mundo têm passado por problemas de escassez hídrica, seja por fatores ambientais como secas severas ou por fatores antrópicos como má gestão e aumento da demanda, ocasionando a falta ou racionamento desse precioso recurso natural. Sua falta causa muitos problemas em relação aos usos básicos, ocasiona grandes impactos econômicos e ameaça à segurança alimentar de muitas famílias.

Analisando essa problemática percebe-se que fazer o aproveitamento da água da chuva é uma ótima opção para enfrentamento de problemas de escassez, reduzindo o consumo de água potável preservando-a para períodos de estiagem. Dessa forma foi construído um sistema de captação para irrigação de uma horta por meio de aspersores, visando garantir a segurança alimentar mesmo em períodos de estiagem.

A construção do sistema passou por alguns contratemplos, principalmente por conta de precipitações durante o período e baixos índices após a sua conclusão. A etapa que apresentou maior dificuldade durante a construção foi a colocação das placas do teto da cisterna, sendo necessário muito cuidado e a participação de 3 pessoas. Para todas as etapas foram seguidas as orientações de normas e manuais para a construção do sistema para que o mesmo tivesse uma boa eficiência. E por esse motivo não considerou-se a instalação de um sistema de descarga na cisterna, pois os manuais e guias não apresentavam essa etapa e, quando necessário o esvaziamento da cisterna será feito utilizando a bomba periférica.

A qualidade da água captada não foi analisada pois, após o término da construção do sistema de captação de água da chuva ocorreram baixos índices de precipitação gerando um acúmulo pouco expressivo na cisterna. Acredita-se que a água captada possua uma boa qualidade para irrigação da horta, pois a propriedade se encontra em uma localidade rural, não havendo indústrias e baixo tráfego de veículos. Além do que, estudos anteriores demonstram que a água captada da chuva pode ser utilizada para irrigação de hortas unifamiliares.

Para o teste de funcionalidade do sistema de irrigação foi realizado um tratamento de desinfecção da água acumulada na cisterna com hipoclorito de sódio

2,5% e após realizada a irrigação através dos aspersores. O sistema mostrou-se funcional e bastante eficiente, atendendo todas as expectativas.

Analisando a viabilidade de implementação do sistema, ele demonstrou-se inviável economicamente para essa localidade, devido ao baixo valor cobrado pela utilização de 15 m³. Dessa forma as principais vantagens da construção desse sistema são ambientais, e não econômicas, garantindo a irrigação das hortaliças mesmo em períodos de estiagem.

Algo muito interessante observado ao longo da construção do sistema foi o interesse demonstrado por vizinhos em implantarem um sistema de captação de água da chuva, mas em porte menor, para lavagem de calçadas e irrigação de hortaliças.

Para trabalhos futuros recomenda-se a instalação de um sistema para descarga na cisterna para que se faça o esvaziamento da mesma, sem a necessidade de consumo de energia elétrica. Outro ponto importante é em relação a análise da água pois, em alguns locais a área de captação pode conter alta carga de poluentes, principalmente se o sistema for implantado em ambientes urbanos com muitas indústrias e tráfego de veículos. Sendo assim muito importante a análise da qualidade da água para fazer um uso seguro e sustentável.

Outra recomendação é a utilização de uma tubulação com diâmetro maior para a bomba periférica, visando aumentar o rendimento e reduzir o consumo de energia para a irrigação, visto que, é recomendado no mínimo uma tubulação 32 mm para a sucção e recalque da bomba para se ter melhor desempenho.

Conclui-se que apesar do sistema ser inviável economicamente, o mesmo possui muitas vantagens no quesito ambiental e ainda serviu como incentivo para mais pessoas adotarem essa prática, sendo algo muito positivo, podendo fazer muita diferença na redução do consumo de água potável para fins menos nobres, preservando-a para períodos de escassez.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Procedimentos: NBR 15527. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Procedimentos: NBR 15527. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. Instalações prediais de águas pluviais – Procedimentos: NBR 10844. Rio de Janeiro, 1989.

ABOU-SHADY, Ahmed *et al.* Electro-agric, a novel environmental engineering perspective to overcome the global water crisis via marginal water reuse. **Natural Hazards Research**, [S.L.], v. 1, n. 4, p. 202-226, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nhres.2021.10.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666592121000354?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jan. 2022.

ÁGUA. **Embrapa**, 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/contando-ciencia/agua/-/asset_publisher/EljjNRSeHvoC/content/vamos-economizar-agua-/1355746?inheritRedirect=false. Acesso em: 10 dez. 2021.

ALMEIDA, Otávio Álvares de. **Qualidade da Água de Irrigação**. 1 ed. Cruz das Palmas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/875385/1/livroqualidadeagua.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2022.

AN, Min *et al.* The gap of water supply—Demand and its driving factors: from water footprint view in huaihe river basin. **Plos One**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 0247604, 4 mar. 2021. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0247604>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0247604>. Acesso em: 19 dez. 2021.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água no mundo**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mund>. Acesso em: 10 abr. 2022.

APROVEITAMENTO de água da chuva: sinônimo de sustentabilidade. **Thórus Engenharia**, 2021. Disponível em: < <https://thorusengenharia.com.br/sistema-aproveitamento-de-agua-da-chuva-sustentabilidade-tipos-funcionamento-vantagens/>>. Acesso em: 10 de jul. de 2022.

ARAÚJO, Efraim Martins. **Cisternas: uma tecnologia para armazenagem de água no semiárido**. Iguatu – CE: IFCE, 2020. 20 p. Disponível em: <https://ifce.edu.br/proext/producoes-tecnicas/cartilha-tecnologias-para-o->

campo/cisternas_uma-tecnologia-para-armazenagem-de-agua-no-semiarido.pdf. Acesso em: 4 fev. 2022.

ASA – Articulação no Semi-Árido Brasileiro. **TECNOLOGIAS SOCIAIS PARA CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO**: Série Estocagem de Água para Produção de Alimentos: Cisterna-Calçadão. Recife: ASA, 2012. 34 p. Disponível em: http://plataforma.redesan.ufrgs.br/biblioteca/pdf_bib.php?COD_ARQUIVO=10433. Acesso em: 22 jan. 2022.

BARCELO, D. *et al.* Collection on groundwater to celebrate the World Water Day March 20, 2022. **Methodsx**, [S.L.], v. 9, p. 101648, 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mex.2022.101648>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016122000334?via%3Dihub>. Acesso em: 16 mar. 2022.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima *et al.* **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. 1. ed. Petrolina: EMBRAPA, 2007. 181 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142156/1/Brito.-Livro-agua-chuva.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2022.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima. **Produção de frutas e hortaliças com o uso de água de chuva armazenada em cisterna**. 1. ed. Brasília – DF: Embrapa, 2013. 50 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/954668/producao-de-frutas-e-hortalicas-com-o-uso-de-agua-de-chuva-armazenada-em-cisterna>. Acesso em: 7 fev. 2022.

CAMPISANO, Alberto *et al.* Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives. **Water Research**, [S.L.], v. 115, p. 195-209, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135417301483>. Acesso em: 14 jul. 2022.

CAPACITAÇÃO leva cisternas de tela de alambrado para 19 comunidades paraibanas. **GOVERNO DA PARAÍBA**. Disponível em: <http://antigo.paraiba.pb.gov.br/index-51973.html>. Acesso em: 1 fev. 2022.

CARDOSO, Raisa Nicole Campos *et al.* Technical and financial feasibility of rainwater harvesting systems in public buildings in Amazon, Brazil. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 260, p. 121054, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121054>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965262031101X?via%3Dihub>. Acesso em: 20 dez. 2021.

CARNEIRO, Elessandro de Oliveira. **COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM CISTERNA, SEU TRATAMENTO E APLICAÇÃO EM HORTAS URBANAS**. 2021. Monografia – Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2021. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/5343/1/CARNEIRO.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

CISTERNA calçadão para Potencialização de Quintais Produtivos. **Tecnologias Sociais | Recursos Hídrico**. Disponível em: <https://tsufrpe.weebly.com/cisterna-calcediladatildeo.html>. Acesso em: 1 fev. 2022.

CLARK, Gemma G. *et al.* Roofing material and irrigation frequency influence microbial risk from consuming homegrown lettuce irrigated with harvested rainwater. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 651, p. 1011-1019, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.277>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718337276>. Acesso em: 09 jul. 2022.

COMO fazer uma cisterna de placas de 16.000 litros. **Semiárido Vivo**. Disponível em: <https://semiariodovivo.org/project/como-fazer-uma-cisterna-de-placas-de-16-000-litros/>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

COMO fazer cisternas de baixo custo? A cisterna de alambrado!. **Faz Fácil**. Disponível em: <https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/cisterna-alambrado/>. Acesso em: 20 dez. 2021.

CONHEÇA os principais tipos de sistema de captação de água da chuva. **Use água de chuva**, 2017. Disponível em: < <https://blog.useaguadechuva.com/sistema-de-captacao-de-agua-da-chuva/> >. Acesso em: 09 de jul. de 2022.

DISTRIBUIÇÃO da água no Brasil. **Brasil Escola**. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm> >. Acesso em: 8 jan. 2022.

FERNANDES, Diogo Robson Monte; MEDEIROS NETO, Vicente Batista de; COSTA MATTOS, Karen Maria. "Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN." 27º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fóz do Iguaçu, 2007. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650479_0552.pdf. Acesso em: 12 dez. 2021.

FIORENTINO, A. *et al.* Disinfection of roof harvested rainwater inoculated with E. coli and Enterococcus and post-treatment bacterial regrowth: conventional vs solar driven advanced oxidation processes. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 801, p. 149763, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149763>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721048385#bb0210>. Acesso em: 13 jul. 2022.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares**. Brasília, 2014.

GNADLINGER, João. **Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semi-árido Brasileiro**. Juazeiro – BA: IRPAA, [s. d.]. 11 p. Disponível em: <https://irpaa.org/publicacoes/relatorios/9-conferencia-de-cisternas.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

GÓMEZ, Yapur Dumit *et al.* Residential rainwater harvesting: effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 127, p. 56-67, dez. 2017. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.015>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344917302549>. Acesso em: 11 jul. 2022.

IMTEAZ, Monzur Alam *et al.* Superiority of water balance modelling for rainwater harvesting analysis and its application in deriving generalised equation for optimum tank size. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 342, p. 130991, mar. 2022.

Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130991>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622006266>. Acesso em: 03 ago. 2022.

KUSTER, Angela *et al.* **Tecnologias Apropriadas para Terras Secas: Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no Nordeste do Brasil.**

Fortaleza: [s. n.], 2006. 212 p. Disponível em:

https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=b1b2bb29-646a-04be-58f3-44d78610ac6f&groupId=252038. Acesso em: 26 dez. 2021.

LATIF, Sajeeve *et al.* Disinfection methods for domestic rainwater harvesting systems: a scoping review. **Journal Of Water Process Engineering**, [S.L.], v. 46, p. 102542, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102542>.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714421006292?via%3Dihub>. Acesso em: 14 jul. 2022.

LIU, Zhi *et al.* Comparison of different disinfection processes for controlling disinfection by-product formation in rainwater. **Journal Of Hazardous Materials**, [S.L.], v. 385, p. 121618, mar. 2020. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121618>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389419315729>. Acesso em: 14 jul. 2022.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por Aspersão em Hortaliças: Qualidade da Água, Aspectos do Sistema e Método Prático de Manejo.** 2. ed. Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 152 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/762590/irrigacao-por-aspersao-em-hortalicas-qualidade-da-agua-aspectos-do-sistema-e-metodo-pratico-de-manejo>. Acesso em: 24 dez. 2021.

MARQUELLI, Waldir; SILVA, Washington. **Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças.** 2. ed. Brasília – DF: Embrapa, 2011. 24 p. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75698/1/ct-98.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2021.

NACHSHON, Uri *et al.* Dynamic Release of Solutes from Roof Bitumen Sheets Used for Rainwater Harvesting. **Water**, [S.L.], v. 13, n. 24, p. 3496, 8 dez. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w13243496>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/24/3496/htm>. Acesso em: 02 ago. 2022.

PACHECO, Paulo R. da Costa *et al.* A view of the legislative scenario for rainwater harvesting in Brazil. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 141, p. 290-294, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.097>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261631438X?via%3Di> hub. Acesso em: 16 dez. 2021.

PALERMO, Stefania Anna *et al.* Optimizing Rainwater Harvesting Systems for Non-potable Water Uses and Surface Runoff Mitigation. **Lecture Notes In Computer Science**, [S.L.], p. 570-582, 2020. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-39081-5_49. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-39081-5_49. Acesso em: 02 ago. 2022.

PASSO a passo: água de chuva. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**. Disponível em: <http://www.ipt.br/noticia/905-passo_a_passo:_agua_de_chuva.htm>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

PERIUS, Carla Fernanda *et al.* Influence of rainfall and design criteria on performance of rainwater harvesting systems placed in different Brazilian climatological conditions. **Brazilian Journal of Water Resources**, Porto Alegre, v.16, 22 nov. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.262120210067>. Acesso em 22 jan. 2022.

SALEHI, Maryam *et al.* Global water shortage and potable water safety; Today's concern and tomorrow's crisis. **Environment International**, [S.L.], v. 158, p. 106936, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2021.106936>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412021005614?via%3Di> hub. Acesso em: 20 dez. 2021.

SCHISTEK, Haroldo. **Cisterna de Tela de Alambrado**: Uma tecnologia de FERROCIMENTO. Juazeiro – BA: IRPAA, 2010. 43 p. Disponível em: <https://irpaa.org/publicacoes/cartilhas/cisterna-alambrado.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SEAPAC – Serviço de Apoio aos Projetos Alternativos Comunitários. **Seapac conclui as primeiras cisternas em comunidades de Serra Caiada**. SEAPAC. Disponível em: < <https://www.seapac.org.br/post/seapac-conclui-as-primeiras-cisternas-em-comunidades-de-serra-caiada> >. Acesso em: 12 jan. 2022.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO EM HORTALIÇAS**. Brasília – DF: SEBRAE, 2015. 44 p. Disponível em: < [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8af4c78945062d5e1d6c4fa50885cc81/\\$File/7129.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8af4c78945062d5e1d6c4fa50885cc81/$File/7129.pdf) >. Acesso em: 7 jan. 2022.

SEMAAN, Mary *et al.* Optimal sizing of rainwater harvesting systems for domestic water usages: a systematic literature review. **Resources, Conservation & Recycling**: X, [S.L.], v. 6, p. 100033, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100033>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590289X20300049?via%3Dihub>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SILVA, Ana Carolina Rodrigues de Sá *et al.* Exploring environmental, economic and social aspects of rainwater harvesting systems: a review. **Sustainable Cities And Society**, [S.L.], v. 76, p. 103475, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2021.103475>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721007484>. Acesso em: 07 mar. 2022.

TOMAZ, Plínio. Coeficiente de runoff. *In*: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. [S. L.]: Plínio Tomaz, 2009. p. 56-59. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/1223588-Aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-areas-urbanas-para-fins-nao-potaveis.html> >. Acesso em: 27 dez. 2021.

TOOSI, Amirhossein Shadmehri *et al.* A multi-criteria decision analysis approach towards efficient rainwater harvesting. **Journal Of Hydrology**, [S.L.], v. 582, p. 124501, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124501>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169419312363?via%3Dihub>. Acesso em: 20 dez. 2021.

VAN OPSTAL, Jonna D. *et al.* Evaluating the adaptability of an irrigation district to seasonal water availability using a decade of remotely sensed evapotranspiration estimates. **Agricultural Water Management**, [S.L.], v. 261, p. 107383, mar. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107383>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377421006600?via%3Dihub>. Acesso em: 10 abr. 2022.

ZHONG, Qing *et al.* A GIS-based approach to assessing the capacity of rainwater harvesting for addressing outdoor irrigation. **Landscape And Urban Planning**, [S.L.], v. 223, p. 104416, jul. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104416>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204622000652?via%3Dihub>. Acesso em: 14 abr. 2022.