

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

ELESSANDRO DE OLIVEIRA CARNEIRO

**COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM CISTERNA, SEU
TRATAMENTO E APLICAÇÃO EM HORTAS URBANAS**

CERRO LARGO

2021

ELESSANDRO DE OLIVEIRA CARNEIRO

**COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM CISTERNA, SEU
TRATAMENTO E APLICAÇÃO EM HORTAS URBANAS**

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

Orientador: Prof.^a Dr.^a Juliana Marques Schöntag

CERRO LARGO

2021

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Carneiro, Elessandro de Oliveira
COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM CISTERNA,
SEU TRATAMENTO E APLICAÇÃO EM HORTAS URBANAS /
Elessandro de Oliveira Carneiro. -- 2021.
106 f.:il.

Orientadora: Dra. Juliana Marques Schöntag

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro
Largo, RS, 2021.

1. Aproveitamento água da chuva. 2. Cisterna. 3.
Qualidade da água para hortas urbanas. 4. Viabilidade
econômica cisternas urbanas. I. Schöntag, Juliana
Marques, orient. II. Universidade Federal da Fronteira
Sul. III. Título.

ELESSANDRO DE OLIVEIRA CARNEIRO

**COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM CISTERNA, SEU
TRATAMENTO E APLICAÇÃO EM HORTAS URBANAS**

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 foi defendido e aprovado pela banca em 18 / 10 / 2021.

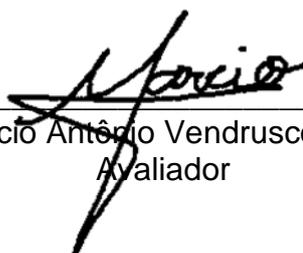
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Juliana Marques Schöntag
Orientadora



Prof. Mario Sergio Wolski – UFFS
Avaliador



Prof. Márcio Antônio Vendruscolo – UFFS
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me guiar, me dar forças, pela inteligência e a oportunidade de estudar e me tornar Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Agradeço aos meus pais Celso e Marli, que foram e são minha base, pelo incentivo, pelo investimento, por estarem sempre batalhando para me oportunizar esse sonho. Vocês são os meus maiores professores e meu maior exemplo. Obrigado por serem do jeito que vocês são e por sempre estarem comigo! Obrigado por tudo, Amo vocês!

Aa minha irmã Elenise, minha maior incentivadora, que sempre sonhou e batalhou junto por esse momento, obrigado por sempre acreditar em mim e me dar forças para continuar! Amo você, obrigado!

A minha namorada Laura, que é o alicerce para construção desse sonho. Obrigado por construir uma vida comigo e por entender que eu nem sempre podia estar presente. Saiba que você é uma das minhas maiores inspirações e que sempre me espelhei na tua dedicação, força e no capricho em tudo que você desempenha. Que possamos sempre construir nosso futuro juntos. Essa conquista também é tua, amo muito você e obrigado por tudo, principalmente por sempre estar ao meu lado!!

Ao meu cunhado Fabio, que sempre acreditou em mim, me deu forças e não mediu esforços em me ajudar na conquista deste objetivo. Muito obrigado!

A minha Sobrinha e afilhada Lara, que é luz na minha vida e de nossa família, obrigado por trazer alegria e amor para o tio.

A meu Afilhado Igor, obrigado por trazer a tua tranquilidade, maturidade por tornar finais de semana divertidos, pelas boas conversas e bons momentos vividos, ainda por sempre dar força e incentivo. Muito Obrigado!

Aos meus Sogros Odelar e Marcia, e a dona Rosa, os quais sempre me ajudaram no que foi preciso, trazendo incentivo e força para continuar. Obrigado, essa conquista também é de vocês!

A minha orientadora Prof. Dra. Juliana Marques Schöntag, por todo apoio, auxílio, atenção, amizade e sugestões de grande valia para a conclusão do trabalho. Obrigado professora!

Ainda a minha família, ao amigo Jardel pelo auxílio na confecção das calhas do TCC e pela amizade de longa data. Aos demais amigos de Jóia e os da UFFS, por estarem juntos nos momentos bons e ruins e que de uma forma ou de outra contribuíram na minha formação.

RESUMO

A escassez hídrica é um problema que afeta cada vez mais as populações, até mesmo em um país como o Brasil onde são abundantes as fontes de água doce. Ações antrópicas e crises climáticas que propiciam grandes períodos de estiagem, degradação ambiental, alta demanda, além de perdas nos sistemas de distribuição causam a indisponibilidade hídrica. A implantação de um sistema para o aproveitamento das águas da chuva, por meio de cisternas, surge como uma alternativa para as crises hídricas, ou para a diminuição dos usos de água potável provida pelas concessionárias, e ainda as águas pluviais podem ser utilizadas para irrigação de hortaliças. Baseado nisso objetivou-se a construção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, para irrigação de hortas urbanas, as quais são meios de cultivo de hortaliças, que requerem a utilização de água de boa qualidade para a rega, por isso, normalmente é tomada a água da rede pública de abastecimento. Deste modo um sistema de aproveitamento da água das chuvas deve ser planejado e dimensionado de forma coerente, onde são necessários estudos de series hidrológicas, da disponibilidade hídrica regional, cálculos e meios de construção guiados por normativas e manuais consolidados e principalmente o tratamento e análise da água armazenada. Desta forma a captação foi realizada através do telhado de uma residência urbana, onde as águas capturadas foram conduzidas por calhas, interceptadas por filtros e sistemas de eliminação dos primeiros milímetros de chuva e após conduzidas por meio de tubulações até uma cisterna de armazenamento. O sistema de aproveitamento das águas de chuva se demonstrou de fácil construção, sendo imprescindível a aplicação de tratamento na água reservada, para que essa alcance todos os padrões analisados, resultando em uma água de boa qualidade com aplicabilidade em irrigação de hortas urbanas.

Palavras-chave: Aproveitamento água da chuva; Cisterna; Qualidade da água para hortas urbanas; Viabilidade econômica cisternas urbanas.

ABSTRACT

The water scarcity is an issue that increasingly affects populations, even a country like Brazil, where the freshwater sources are abundant. Anthropogenic activities and climate crises that cause long periods of drought, environmental degradation, high demand, as well as losses in the distribution systems, lead to water unavailability. The implementation of a system for the use of rainwater through cisterns arises as an alternative for the water scarcity, or for the reduction of the uses of drinking water provided by the concessionaires, and additionally, rainwater can be used for vegetable crops irrigation. Based on this, the objective was to build a system of rainwater use for irrigation of urban gardens, which are means of growing vegetables that require the use of good quality water for irrigation, therefore, public supply water is normally used for this purpose. In face of that, a rainwater harvesting system must be coherently planned and dimensioned, where studies of hydrological series, regional water availability, calculations and means of construction guided by regulations and consolidated manuals, and especially the treatment and analysis of the stored water are necessary. Thus, the harvesting was carried out through the roof of an urban residence, where the collected water was conducted through gutters, intercepted by filters and systems of elimination of the first rain millimeters, and then conducted through pipes to a storage cistern. The rainwater harvesting system demonstrated to be easy to build, being essential to apply a treatment to the stored water, so that it reaches all the analyzed standards, resulting in good quality water with applicability in irrigation of urban gardens.

Keywords: Harnessing rainwater; cistern; Water quality; Water Treatment; Economic viability of urban cisterns.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de sistema permanente de captação da água da chuva.	22
Figura 2 – Cisternas de placas em construção (a) e cisternas de placas (b).	23
Figura 3 – Construção de cisternas de tela cimento (a) e cisternas tela cimento (b).	24
Figura 4 – Construção cisternas de ferro cimento (a) e cisternas de ferro cimento (b).	25
Figura 5 – Construção cisternas de tijolo (a) e cisternas de tijolo (b).	26
Figura 6 – Construção cisternas cal (a) e cisternas de cal (b).	27
Figura 7 – Cisterna calçada.	27
Figura 8 – Cisternas de polietileno.	28
Figura 9 – Estado Rio Grande do Sul, Meso Região Noroeste e Município de Jóia.	49
Figura 10 – Estação pluviométrica ANA e local do sistema de captação e armazenamento de águas da chuva.	50
Figura 11 – Vista em perspectiva residência de implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.	52
Figura 12- Calculo área contribuição.	53
Figura 13 – Modelo Filtro Autolimpante.	56
Figura 14 – Sistema de aproveitamento de águas da chuva.	57
Figura 15 – Proposta de construção horta urbana.	58
Figura 16 – Croqui Sistema de aproveitamento e irrigação provido de águas da chuva.	66
Figura 17 – Precipitação média anual Estações Pluviométrica ANA 2854018 Jóia – RS.	67
Figura 18 – Precipitação acumulada anual Estações Pluviométrica ANA 2854018 Jóia – RS.	68
Figura 19 – Área de captação água da chuva.	69
Figura 20 – (a) Calha Semicircular (b) Condutores verticais e de condução.	71
Figura 21 – Filtro autolimpante.	72
Figura 22 – Dispositivo de eliminação das primeiras águas da chuva.	73
Figura 23 – Reservatório de aproveitamento de águas pluviais.	74
Figura 24 – Horta urbana.	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Leis municipais para aproveitamento água da chuva.....	35
Quadro 2 – Padrão de potabilidade água tratada.....	37
Quadro 3 – Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.	39
Quadro 4 – Variação da qualidade da água em função da superfície de captação. .	39
Quadro 5 – Parâmetros de qualidade da água para usos não potáveis.....	40
Quadro 6 – Qualidade Água Classe II.....	44
Quadro 7 – Comparação dos parâmetros de qualidade das águas de classe II e água proveniente da chuva para fins não potáveis conforme NBR 15.257/2019.....	44
Quadro 8 – Precipitações Mensais Estação Pluviométrica 2854018.	51
Quadro 9 – Coeficiente de Rugosidade.	54
Quadro 10 – Capacidades máximas de calhas semicirculares (comerciais) com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/min).....	55
Quadro 11 – Condutores de águas pluviais.	55
Quadro 12 – Comparação Parâmetros de Qualidade NBR 15527 de 2019 e CONAMA Nº 357 de 2005.....	62
Quadro 13 – Análise dos parâmetros de qualidade	62
Quadro 14 – Parâmetros analisados Laboratório UFFS – Cerro Largo	63
Quadro 15 – Dosagem de hipoclorito de sódio para desinfecção da água.	64
Quadro 16 – Área de cobertura para condutores verticais de seção circular.....	71
Quadro 17 – Proporção média diária (p) de horas de luz para diferentes latitudes...75	
Quadro 18 – Temperaturas médias mensais Jóia – RS de 1981 a 2010.	76
Quadro 19 – Cálculos de ETo, ETc e Demanda da horta urbana.	77
Quadro 20 – Dados pluviométricos de 10 de julho de 2021 a 11 de setembro de 2021.	80
Quadro 21 – Amostra bruta 1º lote.....	81
Quadro 22 – Amostra água com tratamento simples 1º lote.	82
Quadro 23 – Amostra Bruta 2º lote.	83
Quadro 24 – Amostra com tratamento 2º lote.	84
Quadro 25 – Material utilizado sistema de aproveitamento água da chuva.	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL	16
2.2	APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA	18
2.2.1	Aproveitamento de água da chuva na antiguidade	18
2.2.2	Estruturas de captação de água da chuva	19
2.3	RESERVATÓRIOS PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA.....	23
2.4	EXPERIÊNCIAS COM A INSERÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	28
2.5	LEIS DE INCENTIVO À CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA	31
2.5.1	Legislação Federal Brasileira	32
2.5.2	Legislações Estaduais	33
2.5.3	Legislações Municipais	34
2.5.4	Legislações Estrangeiras	36
2.6	PRINCIPAIS PORTARIAS E NORMAS SOBRE A QUALIDADE DE ÁGUA NO BRASIL.....	36
2.6.1	Qualidade das águas provenientes de corpos hídricos	36
2.6.2	Qualidade das águas para consumo humano	37
2.6.3	Qualidade das águas provenientes da chuva e suas aplicações	38
2.7	INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO DO AR NA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA	41
2.8	QUALIDADE DE ÁGUA DA CHUVA APLICADA EM HORTAS.....	42
2.9	TRATAMENTO APLICADO A ÁGUA DA CHUVA PARA USO EM HORTAS.....	45
2.10	VIABILIDADE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	46
3	MATERIAL E MÉTODOS	48

3.1	CONSTRUÇÃO DE UMA CISTERNA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL	48
3.1.1	Definição do local	48
3.1.2	Dados hidrológicos da região de construção do sistema.....	49
3.2	SISTEMA DE COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA (VOLUME E CAPACIDADE DE ABASTECIMENTO)	51
3.2.1	Área de Captação.....	51
3.2.2	Calhas e Condutores	53
3.2.3	Dispositivos de melhoria da qualidade da água captada.....	55
3.2.4	Demanda a ser atendida pelo reservatório.....	57
3.2.5	Cálculo do volume do reservatório	60
3.3	VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA (PARÂMETROS MONITORADOS).....	61
3.4	APLICAÇÃO DE TRATAMENTO NA ÁGUA.....	63
3.5	VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO.....	64
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
4.1	SISTEMA DE CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO CONSTRUÍDO	66
4.2	CONSTRUÇÃO DE UMA CISTERNA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL	67
4.2.1	Dados Hidrológicos	67
4.2.2	Área de Captação.....	68
4.2.3	Calhas e Condutores	70
4.2.4	Mecanismos da melhoria da qualidade da água	71
4.2.5	Demanda a ser atendida pelo reservatório.....	74
4.2.6	Cálculo do volume do reservatório	78
4.3	APLICAÇÃO DE TRATAMENTO SIMPLIFICADO.....	79
4.4	RESULTADOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE	79
4.5	VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DESSE SISTEMA	85
5	CONCLUSÃO.....	89
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICE A – Análises externas – 1º lote	102
	APÊNDICE B – Análises externas – 2º lote	104

1 INTRODUÇÃO

A indisponibilidade hídrica surge como uma problemática nos dias atuais, o que gera uma grande preocupação da sociedade em conservar os recursos naturais. A água é um dos recursos mais preciosos, uma vez que ela é indispensável para o ecossistema. A grande demanda por água, associada ao elevado percentual de perdas durante a distribuição, além de altas cargas poluidoras despejadas sob mananciais, associada ainda às crises hídricas ocasionadas pelos grandes períodos de estiagem causam a falta ou racionamento dessa mesma água assim, é necessário que surjam soluções para resolver a questão desse desequilíbrio hídrico.

As técnicas de captação e o aproveitamento de águas da chuva são seculares e hoje aparecem como alternativas no auxílio ao gerenciamento hídrico. A escassez hídrica é provocada por longos períodos de estiagem que estão cada vez mais intensas e frequentes tanto em regiões urbanas, quanto rurais. Inicialmente, algumas civilizações antigas usavam a água da chuva como forma de provimento de água potável. Para Fernandes *et al.* (2007), a captação e aproveitamento da água da chuva, minimiza o uso de água potável provida pelas concessionárias e minimiza o impacto das precipitações em meios urbanos, onde os solos são mais impermeabilizados. Os sistemas de captação e armazenamento são simples e de fácil aplicação, necessitando apenas de uma área de captação, como por exemplo os telhados e tubulações para conduzir essa água captada até um reservatório (FERNANDES *et al.*; 2007).

No Brasil há vários projetos que visam o aproveitamento da água da chuva, principalmente na região do semiárido nordestino. Nessa região foi criado o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) que proporcionou a construção de cisternas para o abastecimento humano e também para a irrigação de hortas e pomares, melhorando a qualidade de vida daquelas populações. Segundo Brito *et.al*, (2015), o P1MC, realizou a implantação dessas cisternas a baixo custo e com facilidades na construção. Essas cisternas tem por objetivos captar água da chuva para o consumo humano e animal, além de garantir a irrigação de hortas e lavouras para a produção de alimentos.

Já em outras regiões do Brasil, até mesmo em grandes centros urbanos, onde o abastecimento de água é realizado por sistemas convencionais de distribuição, a

captação e o aproveitamento de águas pluviais têm sido realizados. É bastante comum a utilização da água da chuva para fins não potáveis. A aplicação dessas soluções é motivada por problemas ligados à escassez hídrica, encarecimento de alimentos e racionamento de água. (TAVARES *et al*, 2019).

Na atualidade, além da preocupação com o meio ambiente, existem também uma busca por uma melhor qualidade de vida, uma vida mais sustentável e essas passam por consumo de alimentos saudáveis, sem o uso de agrotóxico frequentemente aplicado em grandes lavouras de produção. Assim, muitas residências buscam produzir hortaliças em pequenas hortas urbanas, as quais necessitam de irrigação e normalmente se utilizam da água provida pelas concessionárias de abastecimento. No entanto, a irrigação dessas hortas pode ser realizada por águas provenientes da chuva. Os sistemas de captação e reservação das águas pluviais devem ser devidamente dimensionados de forma a otimizar o sistema, e para que haja viabilidade econômica na sua implementação. Além do que, preferencialmente deve ser feita a análise da qualidade dessas águas pluviais para haja uma correta destinação.

A precipitação consiste no fator inicial de um sistema para aproveitamento de águas de chuva. Deve ser realizada a análise das intensidades das precipitações médias da cidade onde será instalado o sistema para que o cálculo do reservatório atenda as demandas mesmo em períodos de estiagem.

O dimensionamento apropriado do reservatório de armazenamento é indispensável, o que traz garantia sobre a viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva. Nessa etapa é determinada a capacidade volumétrica apta a atender a demanda com menor custo, pois reservatórios mal dimensionados podem ser inviáveis à aplicação desse sistema. (REZENDE *et al*, 2017).

O aproveitamento de águas pluviais pode ser guiado pela norma NBR Nº 15527 de 2007 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que trata acerca das características a serem adotadas nos reservatórios, sobre os cálculos de dimensionamento e ainda a respeito de todo sistema de captação de água das chuvas. (REZENDE *et al*, 2017).

Nesse contexto, esse estudo propõe uma análise da viabilidade da aplicação de um sistema de coleta e armazenamento da água da chuva e o tratamento

necessário que essa água deve receber para que seja destinada à irrigação de hortas urbanas.

O sistema de captação e armazenamento de águas da chuva deste estudo foi construído no município de Jóia, no noroeste gaúcho, em uma unidade residencial. Para o estudo foram determinados os valores médios de intensidade de precipitação da região em um período de 10 anos.

As hortas urbanas são meios de produção que requerem consumo de uma água livre da presença de coliformes, *Escherichia Coli*, com valores de pH entre 6 e 9 ainda apresentando bons resultados para os padrões de turbidez, cor aparente e sólidos totais e alcalinidade, para irrigação dessas plantas. O aproveitamento de águas pluviais apresenta um fator positivo de sustentabilidade, pois com o consumo de hortaliças produzidas em pequenas hortas, essas livres de agrotóxicos, agregam uma melhora na qualidade de vida das pessoas que as consomem. Além do que, com a implementação de sistemas de captação e armazenamento e reaproveitamento das águas da chuva se economiza a água tratada para o consumo, mantendo esse recurso vital em períodos de escassez.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O estudo tem por objetivo a construção de um sistema de coleta e armazenamento de águas oriundas da chuva para sua aplicação em hortas urbanas, e análise de viabilidade para implementação desse sistema em uma unidade residencial no município de Jóia-RS.

1.1.2 Objetivos específicos

- Dimensionar e projetar um sistema para captação e armazenamento de água pluviais em uma unidade residencial urbana no município de Jóia-RS;

- Avaliar a qualidade da água captada e armazenada antes e após o tratamento simplificado de desinfecção através dos parâmetros: pH, turbidez, cor aparente, sólidos totais (ou condutividade), alcalinidade, coliformes totais e E coli;
- Analisar viabilidade da implementação do sistema de captação e armazenamento de águas pluviais custo/benefício;
- Utilizar águas providas da chuva para a produção de alimentos em hortas urbanas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL

A escassez hídrica é um problema que afeta cada vez mais as populações mundiais, e no Brasil não é diferente. Segundo Augusto *et al*, (2012 *apud* Olivo, A. de M., & Ishiki, H. M, 2015), o país possui 11,6% do total de água doce superficial do planeta, onde 70% da água está à disposição na região Amazônica, que possui a menor densidade populacional, 5% das águas estão nas localidades nordestinas, sendo a região mais carente do país e com clima árido; e no Sul e Sudeste está disponível 12,5% da água doce, contudo, essas regiões são as mais populosas do Brasil.

Entretanto, problemas causados pela diversidade climática aliados ao tamanho continental do país, fazem com que algumas regiões sofram com a escassez de água. No Nordeste Brasileiro, a seca integra a vida dessas comunidades, por isso, a partir dos anos 2000 foi lançado pela ASA (Articulação Semiárido Brasileiro), o P1MC (Programa Um milhão de cisternas rurais), que utiliza tecnologias sociais com o propósito de armazenar água da chuva para consumo humano, em cisternas. Posteriormente, no ano de 2007, foi introduzido na região o programa uma terra duas águas, (P12+2) visando promover o uso da água armazenada provida da chuva, na agricultura. (SARMENTO *et al*, 2017; DUTRA; ROZENDO,2019).

A emissão de esgoto domésticos sem tratamento em corpos hídricos é estimada como uma das maiores causas de poluição em sistemas aquáticos naturais. Este problema é observado comumente em cidades do Brasil onde não existe captação e tratamento do esgoto doméstico ou ele é realizado de maneira precária. (MENDONÇA; PETRECA; DE SOUZA, 2020)

Essa problemática é observada a muito tempo, como demonstra Tomaz, (2006), o qual fala que na cidade de Guarulhos - SP, no ano de 1971, se tinha uma rede de 118 km de água distribuída, e que o esgoto sanitário era jogado diretamente *in natura* no rio Tietê e nos córregos das Cubas e Japoneses.

É de conhecimento geral que os rios possuem a capacidade de realizar a autodepuração, sendo a habilidade natural que os corpos hídricos possuem de extinguir por meios físico-químicos e biológicos, os poluentes presentes no ambiente,

e trazendo a qualidade da água ao longo do curso dos mananciais. No entanto, essa capacidade diminui à medida que a quantidade de lançamentos e de poluição aumenta. As ações antrópicas têm sido decisivas nesse processo de contaminação da água, que se agrava quando há menor disponibilidade hídrica nos mananciais. Isso ocasiona diversos problemas, desde a redução dos usos múltiplos da água, por perda de qualidade, e dificultando o tratamento da mesma. (CUNHA, 2016)

As águas destinadas ao abastecimento público advêm de fontes hídricas subterrâneas ou superficiais, e são tradicionalmente destinadas ao uso doméstico, para indústrias ou irrigação. A extração de água dessas fontes superficiais, reduzem a vazão do curso, causando diminuição da disponibilidade à jusante e impactando o ambiente e a sua qualidade dessa água. (CRUZ; TUCCI, 2007)

Outros fatores que devem ser levados em consideração em relação à escassez hídrica são as perdas no abastecimento de água tratada. Pinto, (2011), afirma que devem ser realizados aperfeiçoamentos nas análises de perdas reais nos sistemas de abastecimento de água, não só devido aos problemas ambientais, mas também pela crescente demanda por recursos hídricos, onde essas perdas causam tanto impacto econômico quanto na qualidade do serviço prestado.

Se comparado ao resto do mundo, o Brasil vem sofrendo com grandes crises hídricas, como por exemplo, as vivenciadas na região metropolitana de São Paulo entre 2014 - 2015 e mais recentemente na bacia do Rio Paraná, abrangendo a cidade de Curitiba entre 2019- 2021, ano corrente. Essas secas causam racionamento de água tratada ou até mesmo o corte total do abastecimento, devido aos níveis dos mananciais de abastecimento superficiais chegarem ao seu limite. Além disso, outros fatores pesam, como por exemplo, as perdas na distribuição. (CUSTÓDIO, V. A, 2016; FILIPPIN & HISING, G1,2021).

Uma das alternativas para as crises hídricas, cada vez mais recorrente no país, são os sistemas de reaproveitamento das águas da chuva, é o que afirma Andrade Neto, (2013) “Provavelmente, em um futuro próximo, muitas pessoas irão beber água de chuva, porque com a crescente degradação e contaminação dos mananciais por substâncias e microrganismos emergentes e recalcitrantes, a água de chuva será a mais fácil de ser potabilizada”.

2.2 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

2.2.1 Aproveitamento de água da chuva na antiguidade

O hábito de se armazenar a água da chuva para os mais diversos fins, é uma técnica utilizada a vários séculos. Existem relatos da utilização dessas metodologias em anos anteriores ao nascimento de Cristo. Na pedra de Mohabita, datada de 830 a.C, (encontrada na antiga região de Moabe, próximo a Israel), há determinações do rei Mesa (o então rei de Moabe) para que na cidade fossem construídas cisternas para usos domiciliares. Na Fortaleza dos Templários em Portugal em 1160 dC, o abastecimento era realizado com água de chuva. (TOMAZ, 2014).

Na China, no Planalto de Loss, cacimbas e tanques para armazenamento de água de chuva eram utilizados há dois mil anos atrás. Ainda é relatado que no deserto de Negev, já havia um conjunto integrado para manejo de águas pluviais, a mais de 2000 mil anos, hoje nessa área está localizada Israel e Jordânia. (GNADLINGER, 2011 *apud* ALMEIDA, 2016).

No Irã foram encontrados os Ab-anbars, os tradicionais sistemas de captação de água de chuva comunitária. Segundo Gnadlinger (2000), há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva e agricultura de escoamento de água de chuva no deserto de Negev.

Esse tipo comum de cisterna construída no Irã pré-moderno, intitulado Ab-anbar é recorrente, por ser uma região de clima árido e quente e a obtenção de água sempre foi um desafio, pois nos desertos centrais e orientais dessas localidades as chuvas eram poucas e os rios nem sempre tinham curso de água durante todo o tempo. Desta forma se desenvolveu estruturas de cisternas, que geralmente consistem em reservatórios cilíndricos escavados no solo, com até 20 metros de profundidade, com uma cúpula de cobertura maciça e torre, ou torres que faziam a ventilação, e ainda uma escada para captação da água. Os materiais para a construção dessas estruturas eram tijolos especiais e uma argamassa que tinha o nome de “*sarooj*” e era considerada completamente impermeável. Os tanques eram completamente isolados para evitar contaminação e a aquisição da água era feita por torneiras que se situavam na base das escadas que estavam juntas aos tanques. (SAEIDIAN, 2008).

2.2.2 Estruturas de captação de água da chuva

Em um ambiente natural, a água da chuva infiltra no solo realizando assim a recarga dos lençóis freáticos, porém com crescimento das cidades as precipitações sofrem alterações e impactos devido a retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo. O resultado dessa alteração é observado nas precipitações e na evapotranspiração natural, que não é a mesma. A água precipitada escoam superficialmente, quase que instantaneamente até os cursos de água e regiões mais baixas, provocando alagamentos e enchentes (TUCCI, 2000). A consequência disso são danos ao ambiente como, desgaste do solo, assoreamento dos cursos hídricos, mudança de qualidade das águas e no limite máximo de infiltração nas áreas dessas localidades, que por sua vez dispõem de solos compactados, impermeáveis e com a vegetações diferentes das nativas. Assim, o escoamento causado por grandes precipitações é ampliado e direcionado, visando a retirada da água das áreas urbanas de maneira rápida, impedindo sua infiltração até as reservas subterrâneas. (OLIVEIRA, 2020).

Segundo Soares *et al* (2020), a população mundial vem aumentando substancialmente nas últimas décadas e uma das consequências disso é o aumento das áreas impermeabilizadas e por consequência, trazendo problemas graves como enchentes e inundações.

As águas pluviais são encontradas em abundância em espaços urbanos, devido a impermeabilização do solo. Residências, estabelecimentos públicos e privados podem e devem aproveitar essas águas pluviais, em aplicações não potáveis, como limpeza de calçadas, uso em bacias sanitários, rega de jardins, entre outros. Essa utilização ajuda a minimizar o escoamento superficial dessas áreas urbanas, minimizando o risco de alagamentos e enchentes, pois parte dessa água é utilizada antes de ser escoada para galerias e rios. Além de reduzir o escoamento superficial, alivia os sistemas de drenagem urbana. A reutilização de águas da chuva encontra viabilidade econômica e ambiental, pois diminui a demanda por água tratada que é entregue pelas concessionárias de saneamento. (GUIMARÃES *et al*, 2015)

A água proveniente das precipitações é coletada em áreas impermeáveis (telhados, pátios ou áreas de estacionamento), sendo, na sequência direcionadas a reservatórios de acumulação e seguidamente, a um sistema de tratamento adequado

para cada uso específico. A utilização de sistemas de coleta e reuso de águas pluviais proporciona o benefício de conservação de água, educação ambiental e é uma maneira de amortecimento de picos de enchentes. (ANA, 2005 *Apud* ANNECCHINI, 2005).

Telhados verdes fazem a captação e absorção da água precipitada, onde o volume recolhido é liberado em ritmo lento e controlado, fazendo assim a redução de picos de vazão nos grandes centros no momento da precipitação. Os telhados verdes são utilizados como uma ferramenta de controle, minimizando a vazão dos sistemas de drenagem urbana, além disso, essa água pode ser reaproveitada para fins não potáveis. Ainda, os telhados verdes são considerados como uma medida de desenvolvimento sustentável, pois em grandes cidades ajudam na promoção da qualidade de ar, da água e no controle da temperatura das edificações (TASSI *et al*, 2014). Esses sistemas são compostos de vegetação, substrato, areia e brita os quais servem como filtro fazendo a retenção de sólidos grosseiros, alguns contaminantes e partículas menores, ainda são capazes de reter cerca de 75% da precipitação anual diretamente e o volume não consumido pelo substrato e pela vegetação pode ser utilizado como alternativa para substituir a água potável em algumas atividades, como por exemplo rega de jardins ou lavagem de calçadas (FERREIRA; MORUZZI, 2007).

As estruturas habitualmente usadas para captação de águas de chuva, são compostas, por uma área de captação da água precipitada, que é conduzida por meio de calhas e tubos condutores até um reservatório, sendo que, antes de chegar até esse reservatório, a água passa por um processo de filtração simples para eliminação de impurezas. A área de captação, por sua vez, pode possuir inclinação, ou não. Normalmente as estruturas de captação são os telhados de residências, prédios, ou telhados de empreendimentos. Esses telhados e coberturas podem ser de diferentes tipos de materiais, como fibrocimento; zinco; galvanizadas; plástico; concreto armado etc. (OLIVEIRA, 2008).

Já as calhas que realizam a condução da água dos telhados até os reservatórios podem ser construídas em PVC ou compostos metálicos. Junto aos tubos de queda são instalados filtros ou peneiras evitando assim a entrada de materiais sólidos ou folhas, que eventualmente possam estar na área de captação. Ainda, após o sistema de captação (telhado ou pisos) e condução (calhas e canos condutores) a água da chuva passa por um procedimento de limpeza, pois os primeiros milímetros de precipitação “lavam” os telhados ou pisos, levando consigo as

impurezas que estão contidas no local e que podem estar dissolvidas, suspensas ou serem empurradas mecanicamente. Esses dispositivos de separação dos primeiros milímetros da chuva podem ser mecânicos (automatizados) ou hidráulicos. (OLIVEIRA, 2008)

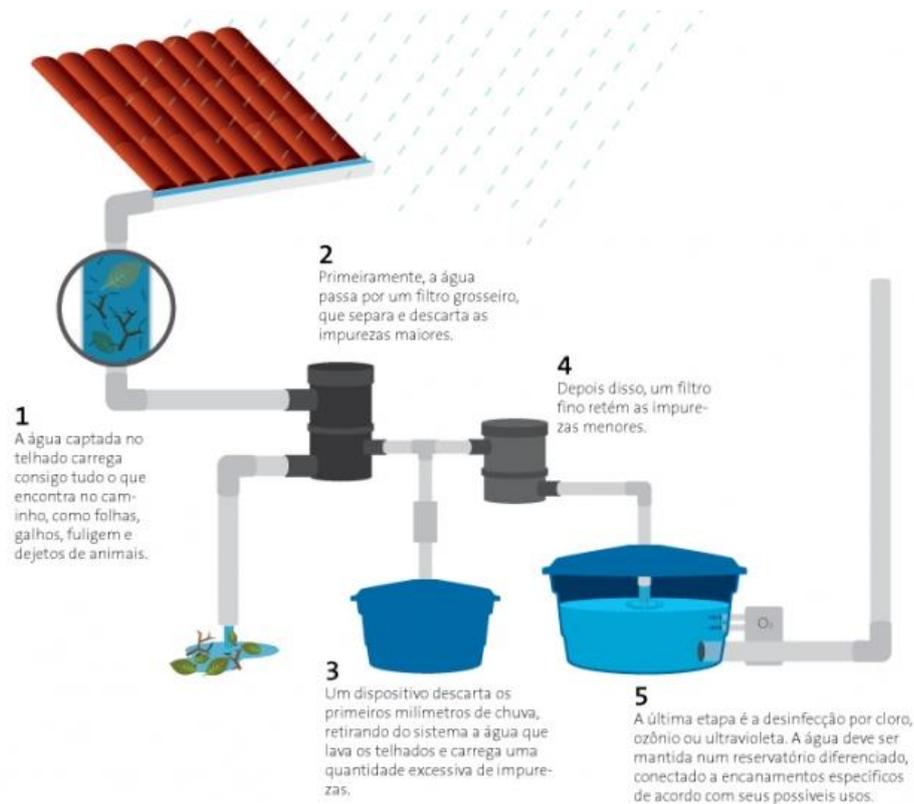
O aproveitamento de água de chuva coletadas por telhados e/ou coberturas, obedece a requisitos de aplicação para fins não potáveis, onde os aspectos e diretrizes considerados durante o planejamento desses sistemas, são apresentados pela ABNT NBR 15527 de 2019 e ABNT NBR 10844 de 1989.

Desta forma, conforme recomenda a ABNT NBR 15527, (2019), que na área de captação seja necessário considerar para o dimensionamento informações como: Precipitação pluviométrica média da região; Área de captação; Volume do reservatório (calculado); Sistemas para melhoria da qualidade da água; Demanda a ser atendida; Consumo e Viabilidade econômica. Ainda é preciso dispor de cuidados, a fim de se evitar contaminações e dispositivos que impeçam a entrada e proliferação de vetores de doenças. Na área de captura, também são levados em consideração a disponibilidade teórica de água da chuva para captação, que é o volume disponível de água da chuva expresso em litros por dia, meses ou anos. Esse cálculo da disponibilidade teórica, depende dos dados históricos de precipitação, da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência do sistema de tratamento.

Já no dimensionamento de calhas e condutores deve-se seguir as recomendações da NBR 10844/1989, onde será considerado o período de retorno da precipitação para a determinação das vazões, com mínimo de 25 anos. Deve haver a realização de pré-tratamento antes desse volume de água chegar até o reservatório. As calhas e condutores que direcionam a água até o reservatório, devem ser associados às telas, grades e a um dispositivo (automático ou não), que irá reter um mínimo de 2 mm da precipitação inicial. Esses mecanismos não podem interferir no desempenho hidráulico das calhas e condutores, devendo ser de fácil manutenção e de grande durabilidade. Após esses aspectos, a água é direcionada ao reservatório. (ABNT NBR 15527, 2019; ABNT NBR10844, 1989).

Desta forma, um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais é demonstrado na figura 1, conforme (ZANELLA, 2015).

Figura 1 - Exemplo de sistema permanente de captação da água da chuva.



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

Outra forma de captação da água da chuva é realizada por pisos ou terraços, são áreas constituídas entre paredes de alvenaria. Possui inclinação onde a água precipitada nesse espaço escoar para ralos, e é conduzida para um reservatório. O piso e os reservatórios utilizados nesses sistemas são constituídos de argamassa ou concreto simples e são chamados de cisternas calçadão. O volume de água captado no piso, escoar por gravidade até uma cisterna enterrada no solo, que fica localizada em uma das margens do piso. Sendo que esse sistema apresenta alto potencial de captação de água com maior eficiência, se comparado a aproveitamentos realizados em outras superfícies, como, coberturas em rocha ou solo batido. Já a aplicação dessas águas de reuso são para fins não potáveis, geralmente aplicada a irrigação de lavouras. (LEAL *et al*, 2016).

2.3 RESERVATÓRIOS PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Após ser realizada a captação de águas de chuva por telhados, por exemplo, esse volume de água é dirigido por calhas, passa por eliminação dos primeiros milímetros de chuva e filtragem, para posteriormente ser armazenada em uma cisterna. As cisternas são reservatórios para o armazenamento das águas pluviais, que podem ser enterrados, semienterrados, apoiados no solo ou elevados. Normalmente esses reservatórios ficam próximos às residências, e são constituídos de estruturas fechadas. Essas cisternas podem ser de diversos materiais, como: Concreto armado; Alvenaria de tijolos; Alvenaria de bloco armado; Plásticos ou poliéster em sua composição. (TOMAZ, 2010; LOPES *et al*, 2002).

Os modelos de cisternas mais utilizadas, são: cisterna de placas de cimento, tela-cimento, ferro cimento, de tijolos, e cisternas de cal. Esses tipos de reservatórios são construídos com sucesso em comunidades no interior do semiárido Brasileiro. (GNADLINGER, 2008 *apud* QUEIROZ *et al*, 2017).

- Cisternas de placas:

São reservatórios de armazenamento de água da chuva semienterrados no solo, construídos em forma cilíndrica a partir de placas de cimento pré-moldadas (Figura 2). A cisterna precisa ser coberta, impedindo assim a poluição e evaporação da água. Elas devem ser localizadas próximo a uma residência, pois a cobertura da mesma servirá como área de captura dos volumes de água. (COSTA, 2013; FRANÇA *et al*, 2010)

Figura 2 – Cisternas de placas em construção (a) e cisternas de placas (b).



Fonte: PRODHAM, (2010)

- Cisternas Tela Cimento.

Conforme Gnadlinger, (2015), esse reservatório tem destaque por possuir grande resistência associada à economia de materiais em sua construção. Esse modelo de cisterna é construído a uma profundidade de 20 cm, onde é revestido com cascalho e areia grossa para a decorrente construção da base, com aplicação de camada de concreto.

As laterais da cisterna são produzidas através de chapas de aço de 0,9 mm de espessura e medidas de (1x2m), que são parafusadas uma na outra através de cantoneiras, formando assim uma forma cilíndrica. Elas, são envolvidas por tela de arame e na sequência por arame de aço galvanizado de 2 a 4 mm, ainda a tela de arame utilizada nas laterais deve estar 50 cm do fundo da cisterna. Em seguida é atribuída duas camadas de argamassa na parte de fora do reservatório. Posteriormente, é realizada a retirada das fôrmas de chapa de aço e a cisterna é rebocada e coberta com nata de cimento no lado de dentro. A cobertura comumente é construída da mesma forma das cisternas de placas. (GNADLINGER, 2015).

São demonstradas na figura 3 esse modelo de cisterna.

Figura 3 – Construção de cisternas de tela cimento (a) e cisternas tela cimento (b).



Fonte: IRPAA.

- Cisternas ferro cimento

Segundo Rabelo; Fabro; Grisa (2014), esse modelo de reservatório é produzido a partir da associação do concreto armado com malhas de ferro e telas de arame, construídos em formato de cilindro a uma altura fixa de 2 m. A base da cisterna é confeccionada em concreto armado sobre uma malha de ferro. Um cano de PVC de 40 mm deve ser instalado do centro ao extremo da cisterna sobre uma camada de pedra brita de 3 cm em solo compactado e nivelado a uma profundidade de 15 cm. Na sequência as paredes laterais são construídas a partir da amarração de malha de ferro espaçadas em 15 cm e tela de metal, onde essa armadura deve ser construída com sobra de 30 cm da largura calculada em projeto. Posteriormente, essa estrutura circular fechada e devidamente amarrada é disposta sobre concreto ainda fresco da base.

Após a secagem da base é realizada a fixação da armadura circular e realizados os devidos processos de reboco com argamassa, primeiramente na parte exterior e, depois no interior da cisterna. A cobertura da cisterna é produzida de forma similar às anteriores, no entanto no lugar das telas de metal são utilizados sombrites. (RABELO; FABRO; GRISA, 2014).

As cisternas de Ferro cimento, são demonstradas na figura 4.

Figura 4 – Construção cisternas de ferro cimento (a) e cisternas de ferro cimento (b).



Fonte: Rabelo; Fabro; Grisa, (2014)

- Cisternas de Tijolos

Essa cisterna é similar aos reservatórios fabricados a partir de placas de cimento, onde é construída a uma profundidade de cerca de dois terços da superfície do solo, sendo levantada uma parede de alvenaria, com 20 cm de espessura e em formato circular a partir de uma base feita de concreto. Ambos os lados da cisterna são rebocados com argamassa feita de cimento e cal para garantir elasticidade. Ainda na parte interior da cisterna, antes de ser rebocada, deve ser colocada uma tela de arame que cubra 50 cm do fundo e 50 cm da parede da cisterna. Após, as paredes são rebocadas e revestidas com nata de cimento. Já a cobertura é realizada a partir de concreto de armação simples ou vigas, e tem o formato nivelado. (GANDLINGER, 1999).

Esse modelo de reservatório é demonstrado na figura 5 em sua construção e na figura em sua utilização.

Figura 5 – Construção cisternas de tijolo (a) e cisternas de tijolo (b).



Fonte: ASA, (2017) *apud* Araújo, (2020)

- Cisternas de Cal

São reservatórios construídos à base de cal, em forma cilíndrica e ficam quase que em sua totalidade abaixo da superfície do solo, onde somente uma cúpula fica na parte superior ao nível da superfície (Figura 06). É realizada a escavação de um buraco no tamanho exato a ser ocupado pela cisterna, com fundo côncavo. A alvenaria da cisterna é levantada com tijolos, com 20 cm de espessura, pareados diretamente

ao solo e são levantados e rebocados com cal e um pouco de nata de cimento. (GANDLINGER, 1999).

Figura 6 – Construção cisternas cal (a) e cisternas de cal (b).



Fonte: Gnadlinger, (1999)

- Cisternas calçadão

É um modelo de reservatório de águas pluviais cilíndrico, construídos semienterrados e constituído por placas de cimento possuindo 52 mil litros, essa cisterna é ligada por meio de canos a um calçadão de 200 m², que serve como a área de captação. A utilização das águas provindas desse modelo de reservatório é destinada a produção de alimentos e usos simplificados de irrigação. (EMBRAPA, 2018)

A cisterna calçadão é demonstrada na figura 08.

Figura 7 – Cisterna calçadão.



Fonte: Embrapa, 2018

- Cisternas pré-fabricadas

Os modelos de cisterna pré-fabricadas, podem ser de manta de PVC, manta de PEAD, fibra de vidro ou tanques em polietileno. São demonstradas na figura 8.

Figura 8 – Cisternas de polietileno.



Fonte: Carlos Brito, (2012) e Cisternas Tecnoltri, (2021)

Essas cisternas possuem diversos formatos podendo ser, retangulares, quadradas, cilíndricas entre outras. Esses sistemas devem ficar fechados evitando assim a entrada de luz, sujeiras ou vetores. Além disso, é indicado que esses reservatórios fiquem enterrados para manter a temperatura da água mais baixa. As conexões hidráulicas necessárias já vêm acopladas a esses tanques. Esses reservatórios se caracterizam por possuir grande durabilidade. (EMATER-RS, 2006; FILHO; CARVALHO; GONÇALVES, 2017).

2.4 EXPERIÊNCIAS COM A INSERÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A captação e armazenamento em cisternas para a o uso da água da chuva, é uma das possibilidades que está sendo cada vez mais empregadas com o intuito de reduzir o número de pessoas sem acesso à água, principalmente em regiões áridas e rurais, onde a água é necessária para consumo e para fins agrícolas (SILVA, BORJA, 2017; SANTANA; ARSKY; SOARES, 2011).

A coleta e utilização da água da chuva é considerada como um sistema descentralizado de abastecimento, onde os próprios indivíduos das comunidades podem fazer a gestão desses recursos, é o que diz o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (United Nations Environment Programme — UNEP, 2009). Mundialmente, as técnicas de captação da água da chuva por meio de telhados e calhas estão difundidas em localidades, como por exemplo, Kaijado e Lare, na savana semiárida do Quênia. Essas técnicas fornecem água para beber, saneamento e para o aumento na produtividade dos agros ecossistemas. Ainda é pertinente outras formas de aproveitamento de água da chuva como, coleta do escoamento em tanques para pequenos jardins, valas para recarga das águas subterrâneas e reflorestamento. (UNEP, 2009).

Apesar de ser um país rico em recursos hídricos, o Brasil especialmente na região semiárida, no nordeste do país, conta com baixos índices de pluviosidade que variam entre 185 mm a 974 mm por ano, uma alta taxa de evaporação em alguns períodos e, devido às mudanças climáticas algumas previsões apontam que essas regiões possam se tornar ainda mais secas. Como alternativa para essa problemática, a coleta de água da chuva é uma maneira de se adaptar à variabilidade da chuva atual e futura. Por esse motivo, em 2008 foi implementado o Programa para 1 Milhão de Cisternas (P1MC), com a finalidade de fornecer água potável para 1 milhão de famílias rurais (cinco milhões de pessoas). Por meio de financiamento do governo federal e do setor privado, mais de 230.000 cisternas foram construídas, onde se obteve uma avaliação de melhora na saúde da população, com a melhoria da qualidade da água. (UNEP, 2009).

O programa P1MC (Um Milhão de Cisternas) teve início em 2001 como um projeto piloto, por iniciativa de entidades da sociedade civil, entidades sociais, com o apoio de organizações não governamentais, sindicatos, cooperativas, associações e igrejas. Essas entidades fundaram a Articulação no Semiárido (ASA), para a construção desse projeto. Considerando a proveitosa experiência dessas primeiras atuações, a partir de 2004, o governo federal insere no campo do Programa de Segurança Alimentar e Nutricional, ações orçamentárias para a construção das cisternas de água da chuva, as quais foram empregadas principalmente pela parceria do governo federal, governos estaduais e municipais, conjuntamente com instituições da sociedade civil (representadas pela ASA). O Decreto nº 7.535, de 26 de julho de 2011, demonstra como uma alternativa a captação e armazenamento de águas

provindas das precipitações, para melhoramento da saúde, da qualidade alimentar e do desenvolvimento de populações que passam por grandes dificuldades. (SANTANA; ARSKY; SOARES, 2011)

Por se tratar de uma solução simples e de baixo custo ao longo dos anos de 2004 a 2011, cerca de 700 milhões de reais foram investidos na construção de cisternas, além de preparar as famílias para o gerenciamento da água e para o convívio no semiárido. Foram beneficiadas nesse período mais de 400 mil famílias em comunidades semiáridas do país, com sistemas de captação e armazenamento de água da chuva com volume de 16 mil litros de água, destinada a consumo humano, doméstico, higiene básica, para utilização nos períodos de estiagem, trazendo a garantia de segurança alimentar e nutricional às residências. (SANTANA; ARSKY; SOARES, 2011)

As cisternas trazem independência ao abastecimento de água, uma vez que a aplicação desses sistemas oferece uma segurança para as residências rurais, composta geralmente por famílias pobres do semiárido, que antes eram dependentes de abastecimento por meio de carros-pipa ou, da água de poços ou nascentes, muitas vezes distantes. A eficiência desses reservatórios, dependem do uso sustentável da água e por isso, as famílias devem compreender os limites de armazenamento para os tempos de seca e, como deve ser realizado o tratamento da água para o consumo. Ainda para a agricultura e dessedentação animal alternativas como, a cisternas calçadão pode ser acopladas para o aproveitamento das águas pluviais. Essas ações de reaproveitamento de água da chuva no semiárido brasileiro trouxeram melhorias na qualidade de vida das pessoas, principalmente no que diz respeito a qualidade da água consumida e na diminuição de doenças relacionadas ao consumo de água. (SANTANA; ARSKY; SOARES, 2011)

Internacionalmente, o reuso das águas das chuvas tem se tornado a causa para a criação de programas de grandes dimensões. Em países como China, Nova Zelândia e Tailândia tem se destacado a aplicação dessas técnicas, onde a água coletada é utilizada para suprir as necessidades (GOMES *et al*, 2013).

Segundo Veloso; Mendes, (2013), o “Japão, EUA, Alemanha, Austrália, são exemplos de nações que utilizam a água pluvial em diversas aplicações, desde os fins menos nobres, como serviços de lavagens e rega de jardins, até sua ingestão para suprir necessidades potáveis.”

No Japão, o aproveitamento de águas pluviais é bastante difundido e acontece de maneira intensa. Os municípios Japoneses realizam a captura e posterior armazenamento em reservatórios, chamados de “*Tesuison*”, os quais podem ser individuais ou comunitários. São estruturas ligadas a bombas manuais e torneiras para a disponibilização da água. Ainda o excesso de água armazenada encaminha-se para canais de infiltração, sendo o meio de recarga de mananciais subterrâneos e meio de evitar enchentes, visto a alta taxa de impermeabilização do solo nas cidades japonesas (FENDRICH & OLIYNIK, 2002 *apud* ANNECCHINI, 2005).

No meio industrial, a Volkswagen do Brasil por meio do programa de melhoramento ambiental “*Think Blue. Factory*”, fez investimentos em processos e equipamentos eficientes para diminuição de consumo de água. Dentre esses processos, o reaproveitamento de água da chuva foi uma das soluções implantadas ou expandidas. Na fábrica Anchieta da Volkswagen do Brasil, em São Bernardo do Campo – SP, a água é captada do telhado de uma das alas da indústria, posteriormente armazenada, tratada e utilizada nas atividades industriais e em usos sanitários. Ainda, a Fábrica de motores da Volkswagen do Brasil, em São Carlos- SP, teve sua capacidade expandida em mais de 3,2 milhões de litros de água armazenada de precipitações, as quais são recicladas para o processo seletivo (VOLKSWAGEN DO BRASIL, 2018).

2.5 LEIS DE INCENTIVO À CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Grande parte das legislações Brasileiras sobre o uso das águas da chuva em áreas urbanas são apresentadas para usos não potáveis como, regas de jardins, lavagem de veículos, para limpar calçadas e pisos, irrigação de gramados, para limpeza de roupas ou estão remetidas à redução e controle de enchentes. No entanto, apesar de o Brasil ter um dos maiores programas de cisternas do mundo (P1MC), voltado ao abastecimento humano e doméstico por meio de sistemas de captação e armazenando de águas pluviais em regiões de comunidades rurais do Semiárido Brasileiro, o uso potável da água da chuva ainda requer normatização e leis específicas. (SILVA; BORJA, 2017)

Desta forma, apresenta-se na sequência algumas leis tanto a nível nacional, quanto a níveis estaduais e municipais, para o aproveitamento de águas pluviais.

2.5.1 Legislação Federal Brasileira

No ano de 2013, foi aprovado no Brasil na lei nº12.873 de outubro de 2013, dentre os deferimentos se destacam os artigos 11º e 12º, onde respectivamente demonstram.

Art. 11. Fica instituído o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água - Programa Cisternas, com a finalidade de promover o acesso à água para o consumo humano e animal e para a produção de alimentos, por meio de implementação de tecnologias sociais, destinado às famílias rurais de baixa renda atingidas pela seca ou falta regular de água.

Art. 12. No âmbito do Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água, a União, por intermédio do Ministério do Desenvolvimento Social, poderá firmar parceria com os Estados, o Distrito Federal, os Municípios, as autarquias, as fundações, as empresas públicas, as sociedades de economia mista prestadoras de serviço público, os consórcios públicos constituídos como associação pública e as entidades privadas sem fins lucrativos, inclusive aquelas qualificadas como Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, observado o disposto no art. 116 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. (Redação dada pela Lei nº 13.702, de 2018) (BRASIL, 2013).

A Política Nacional de Recursos Hídricos é instituída através da lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, entretanto nessa lei não eram apresentados incentivos à captação armazenamento de águas provindas de chuvas. Porém, a lei foi alterada no ano de 2017. (BRASIL, 2017).

“LEI Nº 13.501, DE 30 DE OUTUBRO DE 2017. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos.” (BRASIL, 2017).

No ano de 2020 um grande passo foi dado para o Saneamento Básico do Brasil, onde foi instituído a LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico no país e traz por meta assegurar o atendimento de 99% da população com água potável e de 90%, com tratamento e coleta de esgoto até dezembro de 2033. No texto destacasse o incentivos para reaproveitamento de águas pluviais, no artigo 2º, inciso XIII, o fomento ao reuso de águas de chuva; No artigo 10º, inciso I, do aproveitamento de águas de chuva, em conformidade com os serviços a serem prestados; No artigo 5º, que isenta a conexão à rede pública de esgotamento

sanitário em casos de reuso e de captação de água de chuva; e no artigo 48º, inciso XII, o fomento ao reuso e aproveitamento de águas de chuva, em conformidade com as demais normas ambientais e de saúde públicas. (BRASIL, 2020).

2.5.2 Legislações Estaduais

Alguns estados demandam leis para o aproveitamento ou manejo de águas da chuva, as quais seguem na sequência.

- Lei Estadual Nº12.526 de 02 de janeiro de 2007 – Estado São Paulo

Apresenta normas para o controle de enchentes e destino de águas pluviais, destacam-se nessa lei, a captação e armazenamento de águas de chuva em áreas impermeabilizadas com tamanho maior que 500 m². A lei demonstra a forma de cálculos para os reservatórios e obriga que áreas de estacionamento superiores a 500 m² disponibilizem 30% da área total como impermeável ou área verde, como alternativa para controles de enchentes e redução no uso de água potável para fins menos nobres.

- Lei Nº 17.128 de 18 de agosto de 2010 – Estado de Goiás

Dispõe dentre outras determinações que empreendimentos como, postos de combustíveis, lavagens de veículos, empresas de transporte coletivo urbano e rodoviário de passageiros, sejam obrigadas a fazer instalação de sistemas para aproveitamento de águas das chuvas, por meio de reservatórios e captadores.

- Lei Nº 18730 de 28 de março de 2016 – Estado do Paraná

Determina que empresas como lava-rápidos, *lava-car*, postos de combustíveis, dentre outros empreendimentos devem realizar instalação de cisternas para aproveitamento de águas pluviais na lavagem dos veículos.

- Lei Estadual Nº 10.923, de 14 de novembro de 2018 – Estado do Espírito Santo

Essa lei insere o inciso V, que fomenta e promove a captação, a preservação e aproveitamento de águas das chuvas no art º3 da Lei nº 10.179, de 17 de março de 2014, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo – SIGERH/ES.

- Lei Estadual Nº 9.164 de 28 de dezembro de 2020 – Estado Rio de Janeiro.

Apresenta as regulamentações dos procedimentos para armazenamento e retardo de água da chuva dentro do limite urbano, para posterior despejo em rede pública. Destaca-se que a lei é para usos não potáveis da água recolhida, mas os mesmos devem passar por tratamento sanitário dentro do reservatório e a lei obriga as edificações unifamiliares, a serem projetadas e construídas com telhado maior que 100 m², a possuírem reservatórios de acumulação de águas pluviais. (Rio de Janeiro, 2020).

2.5.3 Legislações Municipais

Alguns municípios Brasileiros dispõem de leis de incentivo a captação e armazenamento de águas pluviais, conforme demonstrado a seguir.

- Lei municipal Nº 13276/02 de 05 de janeiro de 2020- São Paulo – SP

Dispõe sobre obrigatoriedade para que áreas impermeabilizadas superiores a 500 m², a execução reservatória para armazenamento de águas pluviais.

- Lei municipal Nº 10785, de 18 de setembro de 2003 – Curitiba – PR

Lei que cria o programa de conservação e uso racional das águas nas edificações, na qual em seu artigo 6º, inciso I, fomenta a captação, armazenamento e reuso de águas providas da chuva, com o aproveitamento para usos não potáveis.

- Lei Municipal Nº 6.345/2003 – Maringá - estado do Paraná

Lei que cria o Programa de aproveitamento de Águas de Maringá que objetiva alcançar a diminuição consumo de água potável no município e desta forma aumentar o atendimento à população. Desta forma, os cidadãos são estimulados à construção de sistemas de aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis.

Vários municípios determinam que na realização de novos projetos de habitação, novos edifícios, comércios, entre outras, a realizar a construção de cisternas de captação e armazenamento de águas pluviais, onde essas devem ser utilizadas para usos que não necessitem de água tratadas, conforme demonstrado no quadro 1. (SILVA; DANTAS; RODRIGUES, 2017)

Quadro 1 – Leis municipais para aproveitamento água da chuva.

Cidade	Lei
Canela-RS	Lei nº 2256/2005
Francisco Beltrão-PR	Lei nº 3.185/2005
Petrópolis-RJ	Lei nº 6.439/2007
Itapeva-SP	Lei nº 2.621/2007
Jaraguá do Sul-SC	Lei nº 4.675/2007
Chapecó-SC	Lei nº 324/2008
Salvador-BA	Lei nº 7863/2010
Florianópolis-SC	Lei nº 567/2016
Blumenau-SC	Lei nº 7216/2008
Porto Alegre – RS	Lei nº 10506/2008

Fonte: Adaptado de Silva *et al*, (2017)

2.5.4 Legislações Estrangeiras

Diversos países do mundo dispõem de legislações para aproveitamento de água da chuva, como os Estados Unidos, Japão e diversos países da Europa. Na Alemanha, alguns municípios realizam a cobrança de taxa de drenagem entre os munícipes, entretanto em locais onde existem sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais essa taxa é menor, se tornando um incentivo ao reaproveitamento de águas pluviais. (KÖNIG, 2007 *apud* CARDOSO, 2009)

Ainda na Alemanha os empreendimentos ou residências que aderirem a sistemas de reuso de água pluvial, para fins não potáveis são orientados por norma ao desenvolvimento do projeto, instalação, utilização e manutenção para aproveitamento de água de chuva. (DIN 1989-1)

Nos Estados Unidos da América foi criado um programa com incentivo fiscal, isenção de impostos, para a população realizar a instalação de coletores e reservatórios de águas pluviais. Esse programa ocorreu na cidade Austin, no Texas. (*THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING*, 2005 *apud* SOUZA 2015).

Para as instruções sobre os sistemas de reaproveitamento foi criado um manual chamado "*The Texas Manual on Rainwater Harvesting*". (SOUZA, 2015).

2.6 PRINCIPAIS PORTARIAS E NORMAS SOBRE A QUALIDADE DE ÁGUA NO BRASIL

2.6.1 Qualidade das águas provenientes de corpos hídricos

Na resolução CONAMA Nº357 de 17 de março 2005, que posteriormente foi alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011, dentre outras atribuições são definidos os fatores sobre a classificação dos corpos hídricos e orientações ambientais para o seu enquadramento. Na presente CONAMA apresentasse a classificação das águas doces, salobras e salinas, onde essas águas devem dispor de níveis de qualidade ponderados por padrões e condições específicas, desta maneira garantindo os seus usos fundamentais. São 5 as classificações de qualidade

para essas águas, Especiais, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV. (BRASIL, 2005)

As águas, especiais, de Classe I e Classe II devem obedecer ao padrão de balneabilidade, que é definido pela CONAMA Nº 274 DE 2000, sendo que esse padrão se refere a águas passíveis de contato direto e risco de deglutição, assim essas águas são classificadas, em excelente, muito boa, satisfatórias e impróprias, onde para não serem consideradas impróprias não devem alcançar os valores de Coliformes totais (NMP em 100 mL) maior que 2500, Escherichia coli em (NMP 100mL) maior que 2000, Enterococos(NMP em 100 mL) maior que 400 e pH menor que 6,0 ou maior 9,0.

2.6.2 Qualidade das águas para consumo humano

No ano de 2021 a Portaria Nº 888, 04 de maio de 2021 modifica o anexo XX da portaria de consolidação GM/MS nº5, de 28 de setembro de 2017. Onde essa alteração dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, realizando um compilado de normas acerca das atuações e funções do Sistema Único de Saúde (SUS). Dentre essas alterações são demonstrados nos anexos da portaria nº888/2021 os parâmetros microbiológicos, de substâncias químicas acerca dos padrões de potabilidade a serem alcançados para consumo humano, além aprovação das normas e padrões para fluoretação da água destinada ao consumo humano da servida pelos sistemas públicos de abastecimento. Sendo água potável aquela determinada à ingestão, preparo e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem. (BRASIL, 2017).

Quadro 2 – Padrão de potabilidade água tratada.

Parâmetro	VMP (valor Máximo permitido)	Descrição
Escherichia coli	Ausência em 100 mL	Para consumo e distribuição de água tratada
Turbidez	5 uT	Dependendo do tipo de filtração empregado na água

Fonte: Adaptado de BRASIL, (2021).

Quadro 2 (Continuação) – Padrão de potabilidade água tratada.

Parâmetro	VMP (valor Máximo permitido)	Descrição
Escherichia coli	Ausência em 100 mL	Para consumo e distribuição de água tratada
Turbidez	5 uT	Dependendo do tipo de filtração empregado na água
pH	6 e 9	Em todo o sistema de distribuição
Cloro Residual livre	3 mg/L	Em qualquer ponto do sistema de abastecimento

Fonte: Adaptado de BRASIL, (2021).

2.6.3 Qualidade das águas provenientes da chuva e suas aplicações.

Para águas resultantes de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, a Associação Brasileira de Normas Técnicas divulgou no ano de 2007, a NBR Nº 15.527/2007 (ABNT, 2007), que apresenta a regulamentação para o aproveitamento de água de chuva em coberturas localizadas em áreas urbanas para fins não potáveis. No entanto, no ano de 2019, essa norma passou por revisão e atualização, substituindo a norma de 2007 e passando a ser a normativa, Nº 15.527/2019 (ABNT, 2019), que dispõem dos requisitos de aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis. (ABNT NBR, 2019).

Para a NBR 15527 (ABNT, 2019) – O aproveitamento da água de chuva de coberturas para fins não potáveis deve apresentar os parâmetros mínimos de qualidade presentes na Quadro 3 para que seja possível seu uso não potável nas seguintes atividades:

Sistemas de resfriamento a água; Descarga de bacias sanitárias e mictórios, independentemente do sistema de acionamento; Lavagem de veículos; Lavagem de pisos; Reserva técnica de incêndio; Uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos); Irrigação para fins paisagísticos;

Quadro 3 – Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.

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

Fonte: NBR 15527 (2019).

Alguns estudos comprovam que a qualidade das águas pluviais depende diretamente do tipo de revestimento da área de captação, onde os materiais de menor absorção e maior coeficiente de Runoff devem ser priorizados na hora de decisão. Materiais que retenham mais sujeiras e que facilitem a proliferação de bactérias devem ser rejeitados (GONÇALVES et al., 2006).

Segundo Marionski (2007) o tipo de material que constitui a superfície de captação e o local onde ele é instalado pode indicar para quais fins essa água se destina, recebendo ou não tratamento. O quadro 4 expõe os usos adequados de águas pluviais em função da superfície de captação.

Quadro 4 – Variação da qualidade da água em função da superfície de captação.

Grau de qualidade*	Superfície de captação	Uso
A	Telhados (lugares não frequentados por pessoas ou animais).	Se a água for purificada e desinfectada é potável.
B	Telhados (lugares frequentados por pessoas ou animais)	Apenas usos não potáveis
C	Pisos e estacionamentos	Necessidade de tratamento uso não potável
D	Estradas	Necessidade de tratamento uso não potável

* O grau de qualidade de A a D refere-se ao grau de pureza, onde A é mais pura e D é menos pura

Fonte: adaptada de Group RainDroups (2007)

O volume de água a ser armazenado deve passar por pré-tratamentos antes da reserva, assim prevenindo o risco de deterioração da qualidade da água no reservatório de armazenamento, para isso é recomendado a instalação de dispositivos, como grades e telas para remoção de detritos, folhas, insetos etc.

Ainda no pré-tratamento, a norma recomenda a eliminação de pelo menos 2 mm da chuva inicial, por meio de dispositivo dimensionado pelo projetista. Nas instalações prediais, o reservatório e as tubulações de águas pluviais devem possuir identificação de 3 em 3 metros com a legenda, com os dizeres "Água não potável" e jamais podem ser cruzadas com as tubulações de água potável.

Quanto à qualidade das águas armazenadas, essas devem seguir os parâmetros do quadro 5 apresentado a seguir. Esse quadro apresenta os parâmetros de qualidade de águas pluviais para usos não potáveis. Outras demandas não são contempladas por essa normativa. Cabe ao projetista a justificativa e definição de parâmetros de qualidade para outros usos, além disso em casos da utilização da água para sistemas de resfriamentos, cabe ao projetista e responsável pela utilização demandar os requisitos de qualidade para tal utilização. (ABNT NBR 15527, 2019).

Quadro 5 – Parâmetros de qualidade da água para usos não potáveis.

Parâmetro	Valor	Descrição	Monitoramento de qualidade
<i>Escherichia coli</i>	<200/100 mL	A contagem de coliformes (<i>E. coli</i>) por volume de 100 ml deve ser menor que 200 organismos por 100 mL	Mínimo semestral
Turbidez	<5,0 uT	Para todas as amostras o valor máximo de turbidez deve ser de 5 uT (unidade de turbidez)	Mínimo semestral
pH	6 a 9	É necessário o ajuste de pH para proteção das redes de distribuição	Mínimo semestral

Fonte: Adaptado de ABNT 15527, (2019)

Para casos e projetos específicos onde é indispensável a desinfecção da água, recomenda-se esse tratamento, a utilização de cloro, ozônio, ultravioleta dentre outras tecnologias. Ainda quando for utilizado o cloro, se propõem uma concentração entre

0,5 e 2,0 mg/L de cloro residual livre, nunca ultrapassando o valor máximo permitido de 5 mg/L. (ABNT NBR 15257, 2019).

2.7 INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO DO AR NA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA

A qualidade da água das precipitações é influenciada diretamente pelas atividades da sociedade. Atividades como processos de combustão de combustíveis fósseis, emissões de gases por fábricas, incineração de resíduos e atividades agropecuárias e de mineração são fontes de emissões de partículas e compostos para atmosfera. As substâncias químicas geradas por diversas fontes, podem se conservar na própria região ou serem transportadas por longas distâncias. (MONKS *et al*, 2009 *apud* FIA *et al*, 2013)

A poluição atmosférica causa efeitos diversos em relação à saúde humana e sobre a qualidade das águas das chuvas, esses impactos variam dependendo do tempo de exposição aos riscos e a intensidade de concentração. A carga dos poluentes na atmosfera pode ser de diferentes origens, sendo as emissões veiculares uma das mais significativas formas de contaminação do ar e por consequência, das águas das chuvas. (OHNUMA JÚNIOR *et al*, 2013).

Para uma análise sólida da qualidade das águas pluviais é essencial conhecer a composição química dos eventos de precipitação, os processos atmosféricos que envolvem uma diversidade de transportes de compostos dissolvidos e reações, entre emissões e emissões de gases. Deste modo, são definidos conceitos, como a chuva ácida que acontecem em razão de deposição úmida ou seca. (FORNARO, 2006 *apud* OHNUMA JÚNIOR *et al*, 2013).

Em um estudo que aconteceu em outubro de 2017 a abril de 2018 Santos, (2018), constatou o fenômeno de chuvas ácidas na cidade Florianópolis, no campus da Universidade Federal de Santa Catarina. A região se caracteriza por grande trânsito de veículos, que geram intensa degradação da qualidade do ar e emissão de poluentes e material particulado. Os valores de pH foram entre 4,28 e 7,15 demonstrando as chuvas ácidas. Nesse mesmo estudo, as precipitações de baixa altura pluviométrica demonstraram elevada alteração nos valores de pH, causados possivelmente pela absorção simultânea de gases e aerossol. Já em precipitações de maior altura pluviométrica se observou menor variação do pH. Ainda se verificou que

o material particulado, atua como um neutralizador do pH da água da chuva, onde esse material particulado é provavelmente emitido por automóveis que realizam o lançamento de amônia e partículas alcalinas que estão presentes no solo.

Segundo Conceição *et. al* (2011), “Os materiais sólidos, líquidos e gasosos presentes na atmosfera podem modificar quimicamente as águas de chuva e, por consequência, alterar a qualidade das águas superficiais, subterrâneas e solos.”

2.8 QUALIDADE DE ÁGUA DA CHUVA APLICADA EM HORTAS

A água utilizada pelos métodos tradicionais de irrigação de hortas e hortaliças, pode conter impurezas em suspensão ou dissolvidas, as quais podem comprometer o funcionamento desses sistemas de irrigação. Substâncias como gases, sais, metais pesados e agrotóxicos podem estar dissolvidos nessa água, e/ou impurezas em suspensão de origem mineral, como areia, silte e argila, ou ainda, matérias orgânicas proveniente de material vegetal, como folhas, galhos, outros detritos. Além disso, podem estar presentes na água materiais patogênicos como vírus, bactérias e protozoários. Águas turvas não são adequadas para utilização em irrigação de hortaliças, por conter grande presença de silte e argila, assim como, águas com grande concentração de sais dissolvidos, os quais podem prejudicar a produção das hortaliças e a qualidade do solo, ainda não é recomendado a utilização de águas com teores elevados de carbonatos visto que podem prejudicar a aparência dos produtos. (EMBRAPA, 2008)

A qualidade da água utilizada nos sistemas de irrigação de hortas é fundamental, visto que poderá produzir efeitos negativos nesses sistemas de irrigação como problemas relacionados à perda de desempenho de equipamentos, como por exemplo à presença de ferro e sólidos em suspensão.

Já a irrigação feita com uma água contaminada por substâncias microbiológicas e químicas podem agregar risco ao produto que será consumido. As características físicas, químicas e biológicas são os parâmetros que indicam a qualidade da água e indicam ou não a presença de determinadas impurezas e o grau de contaminação, sendo impróprias quando alcançam valores maiores que os estabelecidos para determinado uso. (ACSA,2011)

No caso da utilização das águas da chuva, um fator primordial que altera a qualidade da água, são os primeiros momentos da chuva (primeira chuva), pois a camada da atmosfera que está mais próxima ao solo, contém partículas em suspensão, e até mesmo micro-organismos. Já as superfícies de captação de águas pluviais também podem estar contaminadas com fezes de aves e roedores, fuligem, poeira, folhas entre outros. Quando ocorre a precipitação, os primeiros milímetros de chuva que caem lavam essa atmosfera e as superfícies, carregando consigo todo esse material, o que pode comprometer a qualidade da água armazenada. Uma maneira de obter a água com melhor qualidade é realizar a eliminação dos primeiros milímetros de chuva, os quais são responsáveis por essa lavagem. (ANDRADE NETO, 2013; LUNA *ET AL*, 2014).

Segundo, Leite *et al*, (2012) a utilização de águas pluviais para irrigação, especialmente em centros urbanos é uma possibilidade, propiciando a diminuição do consumo de água tratada. Entretanto é necessário que essa água captada seja de qualidade, evitando assim problemas nas plantações e nos sistemas de irrigação. Em seus estudos Leite *et. al* (2012), analisaram a qualidade da água captada em telhado e em campo aberto, e posteriormente, compararam com os padrões de qualidade da água da Resolução CONAMA 357 de 2005. O estudo indicou a possibilidade de utilização de águas pluviais para irrigação, obedecendo a classificação (Classe I, Classe II e Classe III), da água segundo os padrões da CONAMA 357 de 2005, pois os parâmetros examinados para fins de irrigação foram inferiores aos limites dessas classificações da Resolução.

A qualidade da água em cursos hídricos é relacionada em cinco classes, segundo a CONAMA Nº 357 DE 2005, águas Especiais, águas de Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV, dentre essa divisão são dispostos os usos relacionados às peculiaridades de cada classe, sendo que para usos de irrigação de hortaliças, devem ser utilizadas até no máximo a classe II (podendo ser utilizadas as classes especial e classe I), a qual pode ser utilizada em atividades de irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer e onde pessoas possam ter contato direto (LEITE *et. al*, 2012). O padrão de qualidade para águas de classe II, é disposto no quadro 06 a seguir. (BRASIL, 2005)

Quadro 6 – Qualidade Água Classe II.

Parâmetro	Descrição
óleos e graxas	Ausentes
Gosto e odor	Ausentes
Corantes provenientes de fontes antrópicas	Ausentes
resíduos sólidos objetáveis	Ausentes
Coliformes totais (NMP em 100mL)	Ideal 250, máximo 1000
Escherichia coli em (NMP em 100mL)	Ideal 200, máximo 800
Enterococos (NMP em 100mL)	Ideal 25, máximo 100
Cor verdadeira	Máximo 75 mg Pt/L;
Turbidez	Máximo 100 UNT
DBO 5 dias a 20°C	Máximo 5 mg/L O ₂
OD	Maior que 5 mg/L O ₂
Densidade de cianobactérias	Máximo 50000 cel/mL ou 5 mm ³ /L
fósforo total (Ambiente lântico)	Máximo 0,030 mg/L
pH	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado de CONAMA N° 357, (2005).

Vale constatar que os padrões estipulados pela NBR 15.257/2019 para águas captadas da chuva, para fins não potáveis apresentam qualidade superior (com valores dos parâmetros iguais ou menores) que a indicada pela classe II, conforme quadro 7.

Quadro 7 – Comparação dos parâmetros de qualidade das águas de classe II e água proveniente da chuva para fins não potáveis conforme NBR 15.257/2019.

Parâmetro	NBR 15.257/2019	CONAMA 357/2005 - Classe II
<i>Escherichia coli</i>	<200/100 mL	Ideal 200, máximo 800
Turbidez	<5,0 uT	Máximo 100 UNT
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado de ABNT 15527, (2019) e CONAMA n°357 (2005) classe II

2.9 TRATAMENTO APLICADO A ÁGUA DA CHUVA PARA USO EM HORTAS

As águas pluviais captadas e depositadas em reservatórios requerem tratamento anterior à sua utilização, para proporcionar a remoção ou desativação de microrganismos, assegurando assim sua qualidade. (NAKADA; MOURUZZI, 2012).

Segundo a NBR 15527/2019, o tratamento de águas de reuso providas da chuva para usos não potáveis, começa na área de captação, onde peneiras e ou grades devem reter sólidos grosseiros presentes no telhado, posteriormente acontece o descarte da primeira chuva, ou seja, de pelo menos 2 mm iniciais, no qual é liberado um volume de água que possui grande carga orgânica, microrganismos dentre outros contaminantes. É aconselhável realizar a desinfecção da água que é disposta no reservatório. Essa desinfecção pode ser realizada por derivados clorados, raio ultravioleta, ozônio, iodo, sais de prata entre outros, sistemas desinfetantes ((FUNASA, 2014), e caso seja utilizado compostos a base de cloro deve-se garantir um cloro residual livre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

A desinfecção constitui uma etapa do tratamento da água, cuja função básica consiste na inativação dos microrganismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e ou químicos. Os microrganismos podem ser denominados como, bactérias, vírus, fungos e protozoários, os quais não podem ser vistos a olho nu, alguns não fazem mal a saúde, porém outros podem causar doenças a humanos e animais e são designados como patogênicos. Os microrganismos podem ser transmitidos pela água, em razão disso, a água para consumo humano deve receber sempre um tratamento adequado. Para a manutenção da qualidade da água em cisternas, devem-se aplicar medidas para evitar contaminações. Essas medidas se dividem em criação de uma barreira física aos possíveis contaminantes e de tratamentos da água da cisterna. Deve-se levar em consideração a limpeza e manutenção da estrutura de coleta da água da chuva, limpezas frequente da cisterna, e a descarga dos primeiros milímetros de chuva. (AMORIM; PORTO, 2003).

Cuidados constantes devem ser tomados, com a verificação de adversidades estruturais da cisterna, como por exemplo, problemas com a tampa, rachaduras ou cuidados no manuseio da água retirada da cisterna, onde cordas e baldes podem contaminar o reservatório. Sistemas de filtração são recomendados, como o de sedimentos e os de carvão, onde se utiliza camadas de cascalho, carvão pisado em

pó, areia fina e grossa, devidamente organizadas em camadas. (RUSKI, 2002 *apud* AMORIM; PORTO, 2003)

Quando a água da chuva for utilizada para fins potáveis, é recomendado a execução de processos de tratamentos mais amplos, como a realização de filtração em filtros de areia ou de carvão ativado. Posteriormente a filtração, a água da chuva deve passar por um processo de desinfecção, podendo ser adotada metodologias simples como a fervura ou cloração, ou ainda, formas mais aprimoradas como por exemplo, por radiação ultravioleta. (FENDRICH e OLIYNIK, 2002 *apud* BASTOS, 2007).

Uma maneira de realizar o tratamento da água da chuva a nível doméstico e com pouco investimento, é a utilização do método SODIS, que consiste em tratar e/ou melhorar a qualidade da água, através da utilização de garrafas plásticas e luz solar. A luz solar realiza a desinfecção da água por dois processos, o de radiação UV-A que tem efeito de germicida e a função de destruir o DNA do patógeno e a radiação infravermelha, que beneficia o aumento da temperatura da água. Esse efeito de aquecimento e de radiação tem alta eficiência na destruição de bactérias e vírus encontrados na água. (PEREIRA *et al*, 2014).

2.10 VIABILIDADE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Para Lemos *et al*, 2006 *apud* Pozzebon, (2013) um projeto se torna significativamente viável, se atender quatro viabilidades:

- Viabilidade técnica: Executável no que tange ao seu funcionamento e possibilidade de construção;
- Viabilidade Financeira: Quando é factível, por possuir baixo custo ou retorno do investimento ao longo do tempo;
- Viabilidade Política: O projeto deve ser permitido e/ou ser incentivado por leis, normativas e órgãos responsáveis;
- Viabilidade Social: Deve se estabelecer o entendimento e aceitação das populações que irão utilizar a técnica (Educação Ambiental);

Um projeto que tenha sua análise de viabilidade a partir da redução do consumo de água potável, que é fornecido pela concessionária da região, é um projeto viável. Pois quando um imóvel implanta a utilização de água de chuva, passa a ocupar

um volume de água que seria descartada, passando assim a dispensar usos de água tratada, conseqüentemente reduzindo seu consumo e o custo. (KUCHINSKI; GASTALDINI, 2016)

Em um estudo de viabilidade técnica/econômica para Aproveitamento de Água de chuva para fins não potáveis, em uma Instituição de ensino do Amazonas, Morais, (2017), afirma que são diversas as metodologias para o estudo de investimentos propostas pela literatura. O mesmo autor utilizou em seu estudo as análises de investimento, Valor Presente Líquido (VPL), Tempo de retorno do investimento (payback), Taxa Interna de Retorno (TIR) e da relação benefício-custo (B/C), e através desses métodos conseguiu analisar o tempo de retorno dos investimentos e averiguar as vantagens financeiras ao longo da vida útil do sistema.

Em uma análise de viabilidade para instalação de um sistema de captação e armazenamento de água de chuva em uma indústria metalmeccânica na região metropolitana de Curitiba-PR, se obteve a conclusão da viabilidade técnica, suprimindo a demanda necessária dos bacias sanitários, irrigação, lavagens de piso, ferramentas, torre de resfriamento, pois o regime pluviométrico da região foi satisfatório. No entanto, é aconselhado o apoio de outras fontes, para casos de crises climáticas.

Mas segundo Teixeira, (2016) o sistema de reaproveitamento apresenta o retorno do investimento monetário e a melhoria na questão ambiental e de abastecimento de água, principalmente em tempos de seca.

Em estudo realizado na cidade de Joinville – Santa Catarina, Gouvea; Ravadelli; Hurtado, (2011), realizaram a associação dos índices pluviométricos e volume de água captada para considerar os materiais fundamentais para instalação de um sistema de captação de água da chuva em uma área 100 m². A viabilidade econômica foi prevista levando em consideração os custos implicados para a implementação do sistema, o período de amortização do investimento em função do custo da água tratada. Desta forma, foi verificado que o tempo de amortização dos custos gerados pelo investimento na construção dos sistemas de reaproveitamento pode ser superior a 10 anos quando construídos em residências e menor que 10 anos quando aplicada em indústrias, conforme o consumo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O principal objetivo deste estudo foi dimensionar e construção de um sistema de aproveitamento de águas da chuva em uma unidade residencial, onde a água obtida foi empregada na irrigação de hortas urbanas. A execução do projeto experimental ocorreu entre 26 de junho de 2021 e 11 de setembro de 2021, começando pela definição do local, coleta dos dados hidrológicos da região escolhida, dimensionamento do sistema de coleta e armazenamento de água de chuva, execução do projeto, monitoramento da captação das águas da chuva, observação e aplicação de tratamento, além de análises da qualidade da água e viabilidade econômica do sistema implementado.

3.1 CONSTRUÇÃO DE UMA CISTERNA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL

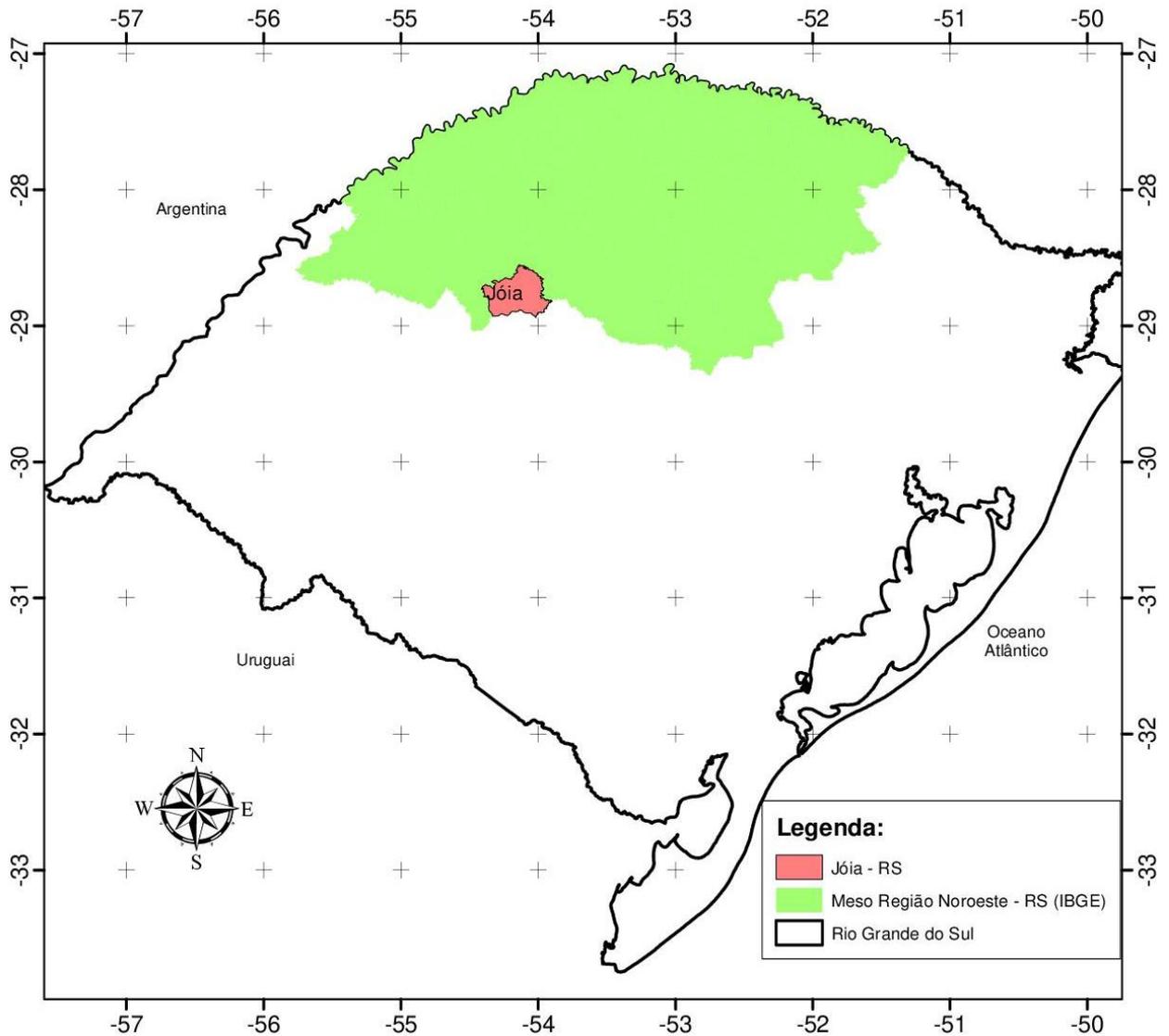
Foram constituídos conforme os aspectos elencados a seguir.

3.1.1 Definição do local

O projeto foi desenvolvido em uma unidade residencial urbana, localizada entre a região norte e a região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Jóia. Jóia está localizada sob as seguintes coordenadas geográficas: 28,647 de latitude sul e 54,122 de longitude oeste. A localização do município perante sua Meso região e estado é demonstrado na figura 9.

O município está inserido nas bacias hidrográficas dos rios Ijuí e Piratini, conta com cerca de 8571 habitantes, população estimada para o ano de 2021. Sua principal fonte de renda é a agricultura, sendo um dos maiores produtores de soja do sul do Brasil. Para o abastecimento de água potável às residências, o município conta com o fornecimento público de água administrado pelo próprio município, onde é realizada a captação de águas subterrâneas a partir de poços artesianos, localizados em comunidades do município. (SEMA,2021; IBGE,2021; POPOV, 2020)

Figura 9 – Estado Rio Grande do Sul, Meso Região Noroeste e Município de Jóia.



Fonte: Autor, Adaptado de IBGE, 2021

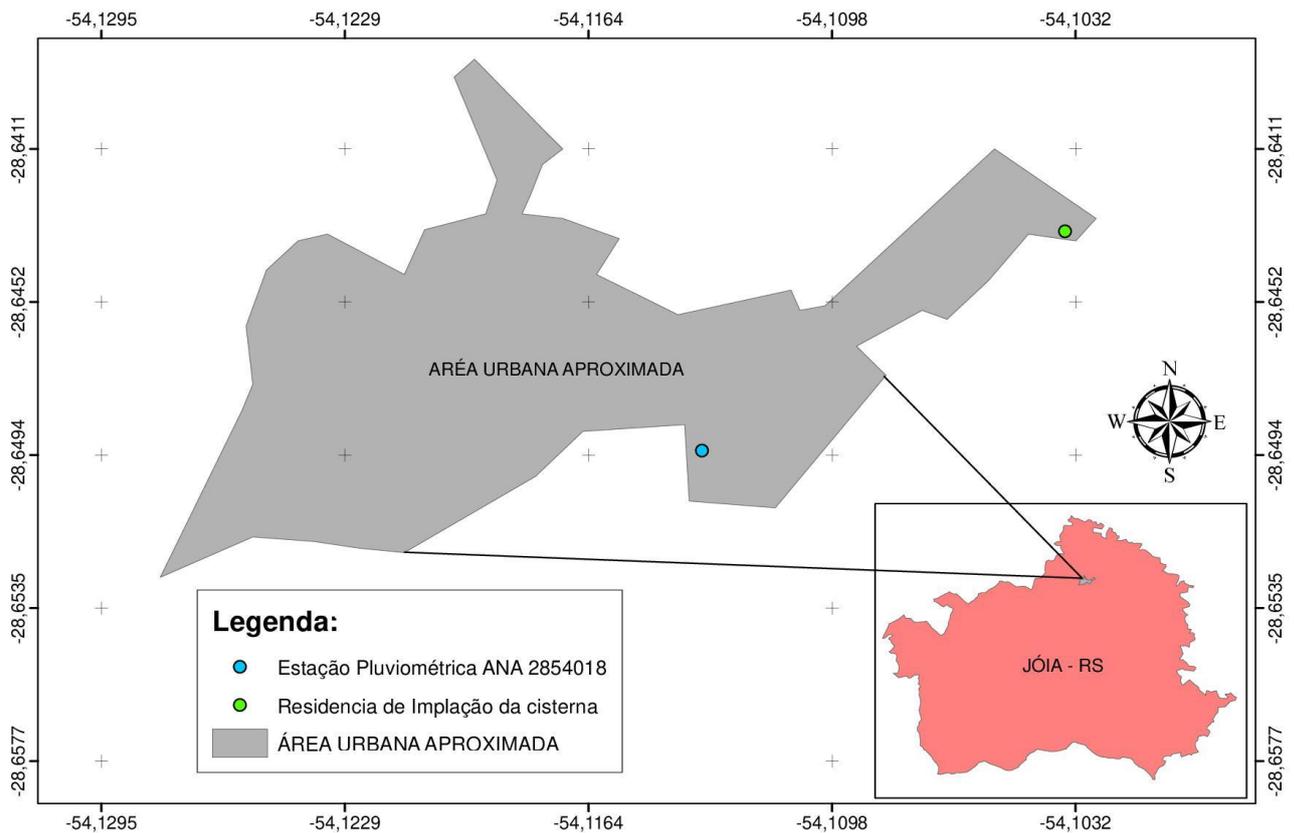
3.1.2 Dados hidrológicos da região de construção do sistema

Na construção de projetos para o aproveitamento da água de chuva foram analisadas as séries históricas de dados da precipitação. Essas informações foram obtidas no banco de dados, da plataforma HidroWeb da ANA (Agência Nacional das Águas), referente ao município de Jóia – RS, onde encontra-se uma estação pluviométrica, de código 2854018, tem sua localização sob as coordenadas na latitude

28.6492 e longitude 54. 1133 a uma altitude de 314 m, e a mesma se situa a aproximadamente 1 km do local de estudo.

A estação 2854018 (de Jóia – RS), possui apenas dados de pluviosidade, não contendo dados sobre a intensidade pluviométrica, parâmetro que é utilizado para o cálculo de vazão de projeto. Deste modo se utilizou para fins de cálculo o índice de intensidade pluviométrica do município de Cruz Alta – RS, cidade mais próxima ao local de estudo com esse tipo de informação, as quais foram recolhidas da NBR 10844 de 1989, que disponibiliza esse tipo de dado. Na figura 10 é possível a visualização do ponto da estação pluviométrica e do local de realização do estudo.

Figura 10 – Estação pluviométrica ANA e local do sistema de captação e armazenamento de águas da chuva.



Fonte: Autor,2021.

Da estação 2854018 foram obtidas as séries históricas do ano de 2010 a 2020, totalizando um total de 10 anos de dados, os quais são demonstrados no quadro 8.

Quadro 8 – Precipitações Mensais Estação Pluviométrica 2854018.

Ano	Precipitação mensal (mm)												Precipitação acumulada do ano (mm)	Precipitação média do ano (mm)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
2010	379	275,7	44,1	61,4	141,4	99,3	218,4	18,7	333,5	95,3	64,3	221,6	1952,70	162,73
2011	143,7	220,9	133,2	207,5	145,6	200,6	198,4	186,7	57,2	150,3	60,2	18,6	1722,90	143,58
2012	43,6	47,2	135,4	69,8	35,1	75,5	225,1	83,2	154,9	382,4	87,2	417,3	1756,70	146,39
2013	127,3	97,8	247,5	185	110,2	42,5	65,1	182,3	132,1	151,1	179,7	181,5	1702,10	141,84
2014	106,4	140,5	135,5	192,6	275,6	373,4	134,5	75	356,9	308,1	84	301,6	2484,10	207,01
2015	259,6	220,1	64,2	159,1	254,7	347,6	244,9	88,6	98,3	199,7	199,4	609	2745,20	228,77
2016	55	82,4	310,7	162,5	58,5	4,2	108,6	142,2	54,8	314,8	194,9	213,9	1702,50	141,88
2017	167	107,2	164,8	399,8	534,6	139,9	7,4	159,1	109,1	310,5	208,2	193,5	2501,10	208,43
2018	407	70,4	225,1	115,4	137,4	118,7	66,3	79,5	236,3	301,4	390,4	224,1	2372,00	197,67
2019	37,1	198,7	386,4	78	92,7	225,1	21	234	142,8	225,7	181,6	207,6	2030,70	169,23
2020	175,2	32,5	27,2	54	207	210,2	310	120,6	149,5	61,1	72,8	151	1571,10	130,93
												Média total	2049,19	170,77

Fonte: Adaptado Hidroweb ANA, 2021

Ao longo dos 10 anos de análise se obteve uma precipitação acumulada média de 2049,19 mm, para a região pertinente.

3.2 SISTEMA DE COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA (VOLUME E CAPACIDADE DE ABASTECIMENTO)

Para a construção do sistema do aproveitamento de águas pluviais, foram seguidas as recomendações da ABNT NBR 15527 de 2019. Essa norma dispõe sobre o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis, e o dimensionamento de condutos através do critério de Rio de Janeiro recomendado por Macintyre, (1996). O esquema de construção do sistema foi realizado de acordo com o Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva. (IPT,2015)

3.2.1 Área de Captação

O volume captado da água de chuva foi armazenado em um reservatório e a determinação da capacidade deste baseou-se na área de coleta, da precipitação

atmosférica da localidade e no coeficiente de *Runoff*. Geralmente se emprega o uso de telhado ou laje da edificação para coleta de água. (MAY, 2004).

A residência onde foi implantado o projeto tem uma área construída de 100 m². A casa pode ser vista em perspectiva na figura 11. Na qual também é demonstrada a estrutura da cobertura, na qual as telhas (de fibrocimento), farão a captação das águas pluviais em ¼ do telhado. Para os cálculos, foi utilizado o coeficiente de *Runoff* (C) para materiais de cimento, que segundo Tomaz, (2014) para o telhado de fibrocimento ficam entre 0,8 a 0,9.

Figura 11 – Vista em perspectiva residência de implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.



Fonte: B.F Engenharia Civil, 2019

Para a definição da área correspondente a cada tipo de telhado ou cobertura, calcula-se a área conforme recomendação feita pela NBR 10844 de 1989, que dispõe acerca desses arranjos, na equação 01 e figura 12 é demonstrado como é realizado o cálculo para a residência em questão.

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

Onde:

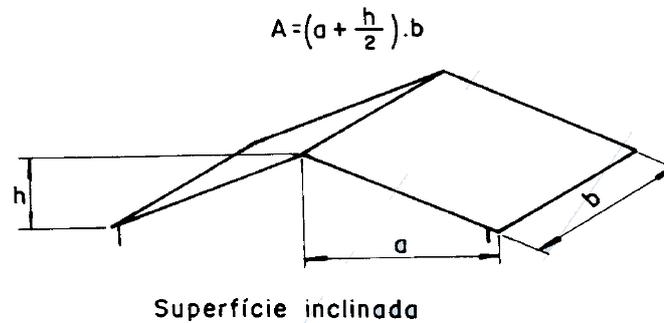
A: Área de contribuição (m²);

a: Largura (m);

h: A altura (m);

b: Comprimento Calha (m).

Figura 12- Calculo área contribuição.



Fonte: Adaptado, NBR 10844, 1989

A partir da definição do telhado, foi determinada a vazão a ser escoada pela área contribuinte. O cálculo da vazão foi obtido pela equação (2) também recomendada pela NBR 10844/1989.

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

Sendo:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m^2

C = Coeficiente de *Runoff*

3.2.2 Calhas e Condutores

Neste seguimento do projeto foram obedecidos os critérios normativos da NBR 10844, (1989) e do método de Rio de Janeiro, conforme indicado por MACINTYRE (1996). Segundo a ABNT NBR 15527, (2019), é recomendado que sejam adotados para esse dimensionamento um período de retorno de no mínimo 25 anos, o qual deve ser observado juntamente com a vazão de projeto e intensidade.

As calhas implantadas no sentido horizontal do beiral foram instaladas com uma inclinação mínima de 0,5%, conforme recomendação da NBR 10844/1989. Ainda por recomendação dessa mesma norma foi definido o coeficiente de rugosidade relativo ao material, conforme indicação demonstrada no quadro 06, (n 0,011).

O dimensionamento dos condutores foi realizado através da fórmula de Manning-Strickler, demonstrada na sequência. (NBR 10844, 1989).

$$Q = k \frac{S}{n} RH^{2/3} i^{1/2} \quad (3)$$

Sendo:

Q = Vazão de projeto, em L/min

S = área da seção molhada da calha, em m²

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

RH = raio hidráulico, em m

P = perímetro molhado, em m

i = declividade da calha, em m/m

K = 60.000, constante adimensional.

O quadro 9 apresenta os coeficientes de rugosidade

Quadro 9 – Coeficiente de Rugosidade.

Classificação do material	Coeficiente de Rugosidade de Manning (n)
Plástico, Fibrocimento, aço metais não-ferrosos	0,011
Ferro Fundido, concreto alisado, alvenaria com revestimento	0,012
Cerâmica, concreto bruto	0,013
Alvenaria de tijolos sem revestimento	0,015

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844, (1989)

Para calhas do tipo semicirculares com coeficiente de rugosidade de Manning n 0,011, as quais foram utilizadas na implementação do projeto, segundo a NBR 10844 (1989), o cálculo da vazão ou capacidade em l/min da calha pelas dimensões do condutor, é demonstrada no Quadro 10.

Quadro 10 – Capacidades máximas de calhas semicirculares (comerciais) com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/min).

Diâmetro interno em (mm)	Declividade (0,5%)	Declividade (1%)	Declividade (2%)
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10844, (1989)

Já para a determinação do diâmetro das calhas verticais, e os condutores de seção circular, foi adotado o método Rio de Janeiro sugerido por Macintyre, (1996), este método relaciona a área de captação do telhado com o diâmetro do condutor, conforme é demonstrado no quadro 11.

Quadro 11 – Condutores de águas pluviais.

Diâmetro do condutor (mm)	Área máxima de Cobertura em (m²) (Método Rio de Janeiro)
50	46
63	89
75	130
100	288

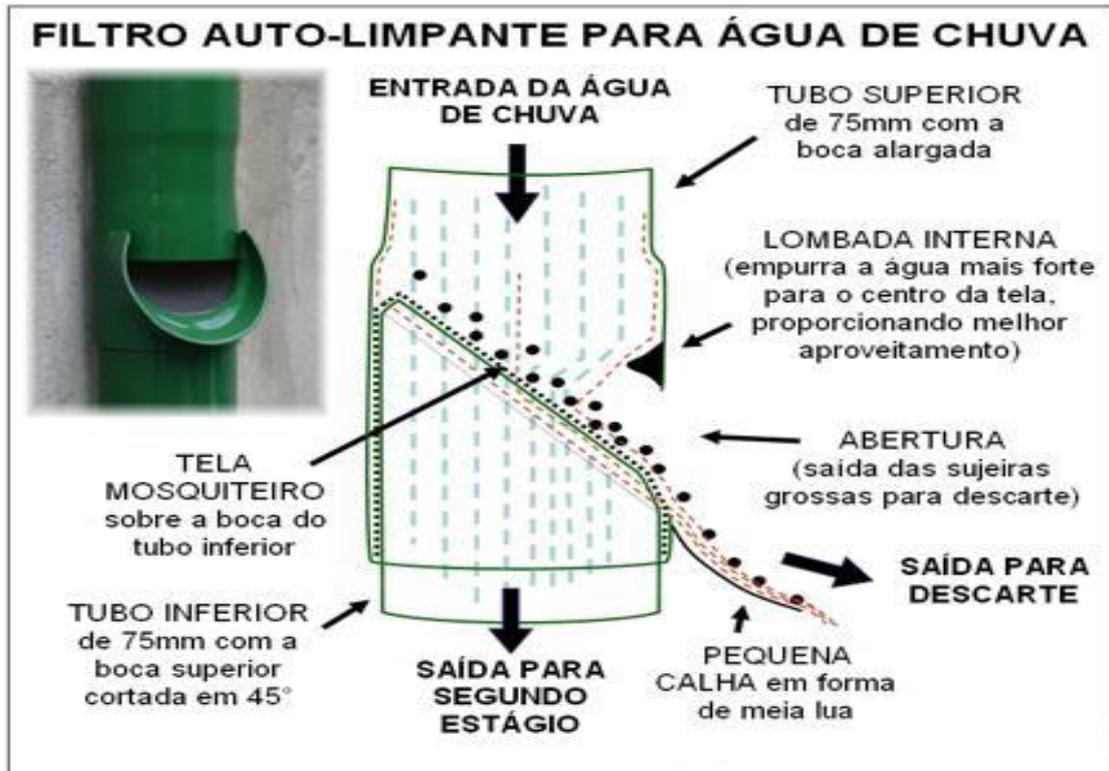
Fonte: Adaptado de MACINTYRE, (1996)

3.2.3 Dispositivos de melhoria da qualidade da água captada

Essencialmente, um sistema de aproveitamento de águas da chuva é constituído de três componentes principais: um filtro autolimpante, esse construído com dois tubos, um cortado em 45° e o outro com as extremidades alargadas e perfurado em formato de meia lua (conforme demonstrado na figura 13); o dispositivo separador das primeiras águas da chuva, podendo ser utilizado um pedaço grande de cano, com fácil esvaziamento; e a cisterna em si provida por tubulação de descarga e extravasor e por canalização própria para evitar a turbulência dentro do recipiente.

(RAMALHO; GOMES; RIGHETTO, 2011). Desta forma de acordo com essas recomendações o sistema foi construído.

Figura 13 – Modelo Filtro Autolimpante.



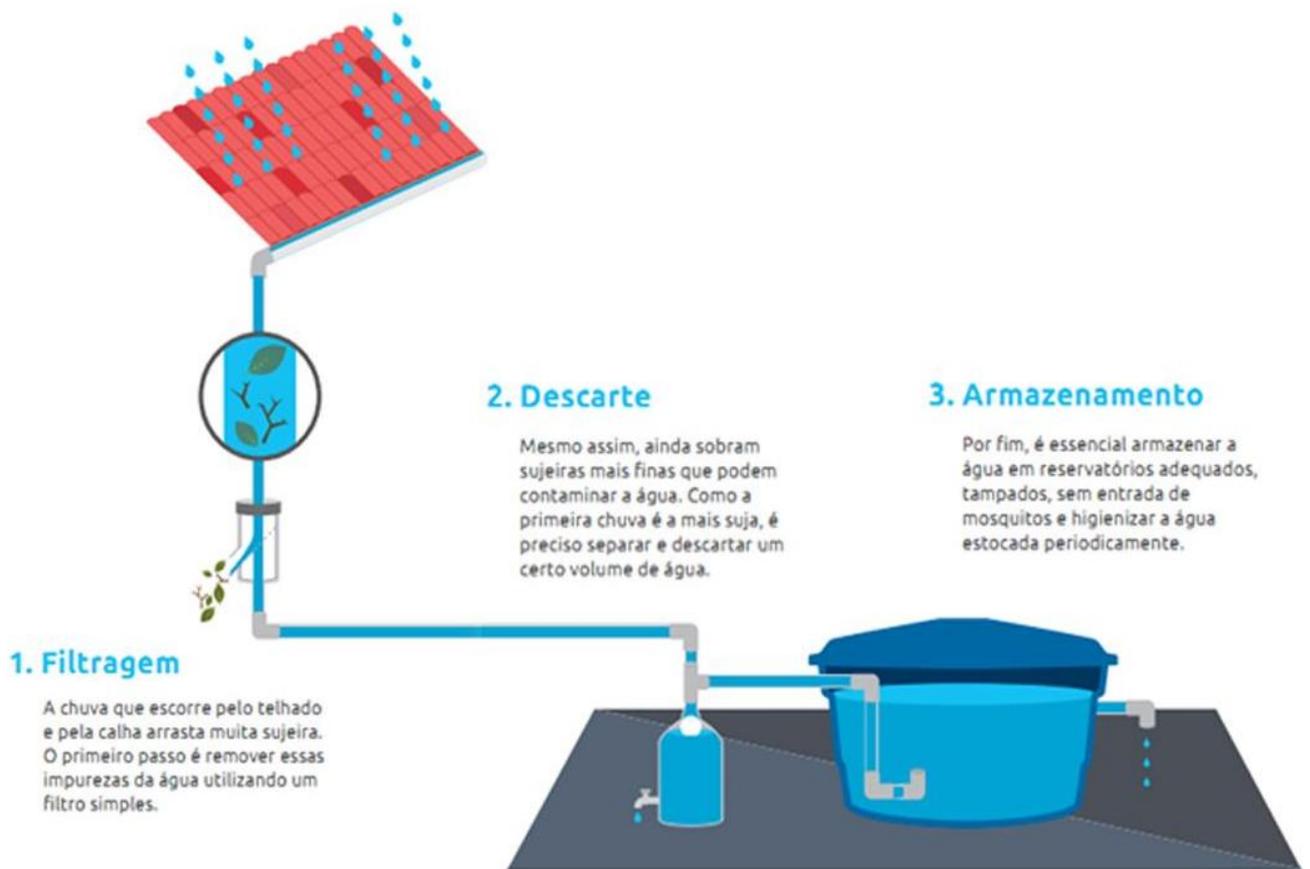
Fonte: blogtorchtools.com.br

Assim, ao longo do sistema de captação e armazenamento de águas da chuva foram instalados dispositivos que evitem a contaminação da água do reservatório.

Ainda segundo a NBR 15527, (2019), deve se realizar a eliminação de pelo menos os primeiros 2 mm de chuva, por meio de dispositivo de eliminação da água de escoamento inicial. Além disso é recomendado a instalação de estruturas, do tipo grades e telas, que atuam na separação de sólidos indesejáveis, como folhas, insetos, resíduos etc.

No ano de 2015 o IPT, lançou um manual que oferece à população orientações para a execução de sistemas de aproveitamento emergencial da água de chuva. O sistema de aproveitamento da água da chuva obedeceu às etapas demonstradas na figura 14.

Figura 14 – Sistema de aproveitamento de águas da chuva.



Fonte: Adaptado de IPT, 2015

3.2.4 Demanda a ser atendida pelo reservatório

O propósito de utilização da água provida das chuvas e reservada em uma cisterna é a irrigação de uma horta urbana, a qual se prevê a produção de hortaliças em poucos metros quadrados, onde a falta de espaço para o cultivo é característica de centros urbanos.

A horta foi construída de maneira vertical em três níveis, com bolsões de terra, além da terra nesses bolsões foram inseridos adubo para hortaliças e realizado buracos de aproximadamente 25 cm² para plantação, a uma altura total de 1,5 m, totalizando uma área de 0,96 m². Nessa horta foram cultivadas alface, cebolinha e salsinha. O projeto da horta urbana é demonstrada pela figura 15.

Figura 15 – Proposta de construção horta urbana.



Fonte: Autor, (2021).

Hortas urbanas formam uma atividade que se denomina agricultura urbana, trazem um papel estético, ambiental, de segurança e saúde na alimentação, além de coesão social. Ainda se apresentam como uma indústria verde, na qual processa alimentos correspondentes às demandas diárias dos consumidores que ali vivem, implicando na produção de variados produtos, assim como na reutilização de recursos naturais e de resíduos urbanos. (SMIT, NASR & RATTA, 2001^a *apud* ISA, 2014)

Para a demanda de água das hortaliças foi preciso realizar um cálculo de evapotranspiração. Segundo Segovia; Filho, (2004), a Evapotranspiração de referência (ET_o) se caracteriza pela quantidade de água evapotranspiração de um espaço que é coberto totalmente por uma vegetação rasteira, em fase de crescimento ativo e sem restrições de umidade. Para estimar esse valor indiretamente em mm/mês pode se realizar o cálculo através da equação (4), pelo de método de Blaney-Criddle, o qual depende;

- Da temperatura média mensal em graus (T);
- Da Percentagem de horas de luz solar mensal possíveis, em relação ao total anual (P);

$$ET_o = P * (0,457 * T + 8,13) \quad (4)$$

Onde:

ET_o = Evapotranspiração de referência (em mm/mês);

T = temperatura média mensal, em °C;

P = Percentagem de horas de luz solar mensal possíveis, em relação ao total anual;

Após ser obtido o valor de ET_o , é possível se calcular a evapotranspiração para a cultura que será implantada a (ET_c). Segovia; Filho, (2004), descrevem a ET_c como o regime de eliminação conjunta de água do solo por (evaporação) e da planta (por transpiração), necessitando dos valores da ET_o (Evapotranspiração de referência) e do coeficiente de coeficientes de cultivo (K_c). O cálculo é demonstrado na equação (4).

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (5)$$

Onde:

ET_c = Evapotranspiração da cultura ocorrida no período (mm);

K_c = Coeficiente de cultura, adimensional;

ET_o = Evapotranspiração de referência ocorrida no período considerado (mm);

Com os valores de ET_c é possível se dimensionar o consumo mensal multiplicado pelo número total de plantas, a serem dispostas na horta e com isso a demanda total mensal.

Por outro lado, por se tratar de um projeto novo onde a plantação é realizada de maneira diferente da tradicional, não sendo cultivada em canteiros diretamente no chão o que altera os padrões de infiltração, não há padrões para o consumo de água. Assim, se realizou a quantificação de água consumida pela horta urbana de maneira empírica, onde se demandou 150ml de água para cada planta totalizando aproximadamente 7,05 L por dia de água para irrigação, a qual foi provida de rede pública e irrigada de maneira manual através de regador, com o objetivo de abastecer de maneira satisfatória ao desenvolvimento das plantas e também para fins de estimativas de consumos diários de água pela horta urbana.

3.2.5 Cálculo do volume do reservatório

Segundo a NBR 15527 de 2019, para o volume dos reservatórios foram observados a área de captação, regime pluviométrico e demanda a ser servida, ainda deve ser instalado dispositivo para que o sistema seja abastecido com água potável quando o volume de água de chuva não seja suficiente. Para delimitar o reservatório foram considerados os materiais que fazem parte do sistema de aproveitamento de águas pluviais, deste modo foi realizado o cálculo da disponibilidade teórica de água de chuva, pela fórmula indicada a seguir.

$$V_{disp} = P * A * C * \eta \quad (6)$$

Sendo:

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

Volume a ser obtido no cálculo.

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 = Eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado. Estes dados podem ser fornecidos pelo fabricante ou estimados pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o fator de captação de 0,85. (NBR 15527, 2019)

Segundo Rupp; Munarim; Ghisi, (2011), a capacidade de um reservatório de águas pluviais deve ser dimensionada de maneira crítica, pois se configura em um dos itens mais caros e com um elevado período para o retorno do investimento. Também se demonstra como um fator principal a influenciar na confiabilidade do sistema, quanto a quantidade de água do reservatório ser suficiente perante a demanda. O dimensionamento do reservatório pode ser realizado por vários métodos, tais como: Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto, Método prático alemão, Método prático inglês e Método prático australiano.

A atualização da ABNT NBR 15527 de 2019 dispõe que fica a cargo do projetista a escolha do método de dimensionamento. O qual se dará pelo método de

Azevedo Neto, que se caracteriza por ser um método empírico amplamente utilizado no Brasil, pois se adequa bem às nossas características regionais (Bagattini, 2018) e é calculado conforme demonstra a equação 04. (NBR 15527, 2007)

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (7)$$

V = Volume de água no reservatório, ou o volume do reservatório de água pluvial (L);

P = Precipitação média anual (mm), onde o método considera a pior média de precipitação anual dentro do período estudado.

A = Área de captação em projeção no terreno (m²);

T = Meses de pouca chuva ou seca;

Para Rupp; Munarim; Ghisi, (2011), os meses de poucas chuvas ou seca podem ser considerados como aqueles que possuem uma precipitação igual ou menor a 80% da precipitação média mensal.

3.3 VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA (PARÂMETROS MONITORADOS)

Para se utilizar de forma segura o aproveitamento da água da chuva, é necessário estabelecer os padrões de qualidade que a mesma deve atender, de acordo com a utilização que ela terá. (ZERBINATTI,2011)

Nesse estudo se objetiva a utilização das águas pluviais para irrigação de uma horta urbana. A norma NBR 15527, (2019), estabelece que para fins não potáveis, que os parâmetros de qualidade de água a serem observados são, *Escherichia coli*, Turbidez e pH.

Para o uso em irrigação de hortaliças Leite *et. al* (2012), estabelece que a qualidade da água deve atender no máximo os padrões classificatórios indicados pelo CONAMA Nº 357 de 2005, para a classe II (podendo ser utilizadas as classes especial e classe I). Deste modo se realizou a comparação dos parâmetros e se chegou à

conclusão que os valores estipulados pela NBR 15527 de 2019, se enquadram aos do CONAMA N°357 de 2005, conforme quadro 12.

Quadro 12 – Comparação Parâmetros de Qualidade NBR 15527 de 2019 e CONAMA N° 357 de 2005.

Parâmetro	NBR 15527 de 2019	CONAMA N° 357
Escherichia coli	<200 em 100 mL	Ideal 200 em 100 mL
Turbidez	5 uT	Máximo 100 UNT
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15527,2019; CONAMA N° 357, 2005

Para uma análise mais robusta da qualidade da água da chuva, visto também que essa não possui uma legislação definida para fins de irrigação, além dos parâmetros citados no quadro 09, será examinado os padrões de:

Alcalinidade, coliformes totais, Cor Aparente e sólidos Totais. Esses parâmetros têm como referência os padrões dispostos pela CONAMA N° 357 de 2005, para águas de classe II, as quais como já citado são passíveis para irrigação de hortaliças. O quadro 13, mostra como foi realizado o estudo de qualidade da água, e os padrões de referência que foram seguidos.

Quadro 13 – Análise dos parâmetros de qualidade

Parâmetro	Valor Máximo Permitido	Referência de Qualidade	Frequência de análise
Turbidez	5 uT	NBR 15527, (2019)	Toda vez que a cisterna extravasar de seu volume total
Cor Aparente	75 uC	CONAMA N° 357, (2005)	Toda vez que a cisterna extravasar de seu volume total
pH	6,0 a 9,0	NBR 15527, (2019)	Toda vez que a cisterna extravasar de seu volume total
Sólidos totais	500 mg/L	CONAMA N° 357, (2005)	Toda vez que a cisterna extravasar o volume total
Coliformes totais	1000 em 100 mL em 80% das amostras	CONAMA N° 357, (2005)	Toda vez que a cisterna extravasar de seu volume total

Fonte: Autor, 2021

Quadro 13 (Continuação) – Análise dos parâmetros de qualidade

Parâmetro	Valor Máximo Permitido	Referência de Qualidade	Frequência de análise
Escherichia Coli	200 em 100 mL	NBR 15527, (2019)	Toda vez que a cisterna extravasar de seu volume total
Alcalinidade	-	-	Toda vez que a cisterna extravasar de seu volume total

Fonte: Autor, 2021

Ressalta-se, que as análises começaram após o enchimento total do reservatório e foram realizadas análises da água sem aplicação de tratamento e após a aplicação do tratamento para cada parâmetro citado no quadro 13, em triplicata.

Ressalta-se que as análises de Cor aparente (uC), turbidez (uT) e pH foram realizadas no laboratório de Águas e toxicologia da UFFS – campus Cerro Largo, conforme quadro 14.

Quadro 14 – Parâmetros analisados Laboratório UFFS – Cerro Largo

Parâmetro	Unidade	Referência metodológica	Equipamento utilizado para medição
Cor aparente	UH	2120 APHA (2005)	Colorímetro Del Lab DLA-COR
pH		4500 APHA (2005)	Sonda YSI Professional Plus
Turbidez	uT	2130 APHA (2005)	Turbidímetro HACH 2100P

Fonte: Autor, 2021

As demais análises foram realizadas pelo laboratório da Central Analítica da Unijuí, campus Ijuí- RS, contratada para a determinação desses parâmetros, conforme os **Apêndices A e B**.

3.4 APLICAÇÃO DE TRATAMENTO NA ÁGUA

“A desinfecção constitui-se em uma etapa do tratamento da água, cuja função básica consiste na inativação dos micro-organismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e ou químicos”. (FUNASA, 2014).

De forma a manter e conservar a água dentro do reservatório é recomendável que se adicione uma pequena dosagem de cloro no mesmo, e assim foi feito. Essa simples ação de desinfecção previne o aparecimento de larvas do *Aedes aegypti*, o mosquito transmissor de doenças como a dengue, zika e chikungunya. Além do que, auxiliará para bons índices de qualidade dessa água (FUNASA, 2014).

Ainda segundo a Funasa, (2014), são encontrados no mercado produtos da família do cloro para realização dessa desinfecção, sendo, Cloro gasoso, Cal clorada, Hipoclorito de sódio, Hipoclorito de cálcio.

Deste modo, para o tratamento da água do reservatório foi utilizado o hipoclorito de sódio a 2,5%, com inserção direta no reservatório, conforme mostrado no quadro 15, conforme sugere o Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares – Funasa do ano de 2014.

Quadro 15 – Dosagem de hipoclorito de sódio para desinfecção da água.

Volume de água	Dosagem de hipoclorito de sódio a 2,5%	Tempo de contato
1000 litros	100 ml	30 minutos
200 litros	20 ml	

Fonte: Adaptado de FUNASA, 2014

Desta forma perante o volume do reservatório foi adicionado a dosagem aproximada do hipoclorito de sódio.

3.5 VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO

Deve ser destacada a importância do estudo de viabilidade econômica, na instalação de sistemas de aproveitamento e água da chuva, pois a relação custo/benefício é de extrema importância para constituição da possibilidade de instalação desse sistema (FERNANDES *et al*, 2007).

Para o estudo de viabilidade econômica desse estudo utilizou-se o método do cálculo valor presente líquido (VPL), onde dois projetos foram analisados, um com o custo de utilização da água provinda da rede pública e outro com o gasto para irrigação da horta após a implantação do sistema de aproveitamento de águas da

chuva em determinado período de tempo. Segundo, Fernandes *et al*, (2007), o cálculo do VPL, demonstra a comparação entre esses dois momentos e indica qual o melhor projeto, pois tal método transforma futuros gastos ou receitas em valores atuais, ou seja, realiza conversão dos movimentos futuros de um projeto para um único valor no presente. O resultado do cálculo se dá pelo projeto que for “mais” positivo, ou “menos” negativo, indicando assim qual a melhor opção de projeto. O VPL é calculado da seguinte maneira:

$$\sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} \quad (8)$$

Sendo:

Ft = Fluxos previstos de receitas (entradas) ou despesas (saídas) no período “ t ”

Custos com implantação comparados aos custos do metro cúbico de água provinda da rede pública.

t = período de análise;

20 anos.

k = Taxa Mínima Aceitável (TMA)

10% ao ano. (conforme recomendado por Fernandes *et al*, 2007)

n = vida útil do projeto (anos).

$n = 20$ Pois é de aproximadamente 20 anos a vida útil de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (GUILHERME, 2006 *apud* FERNANDES *et al*, 2007).

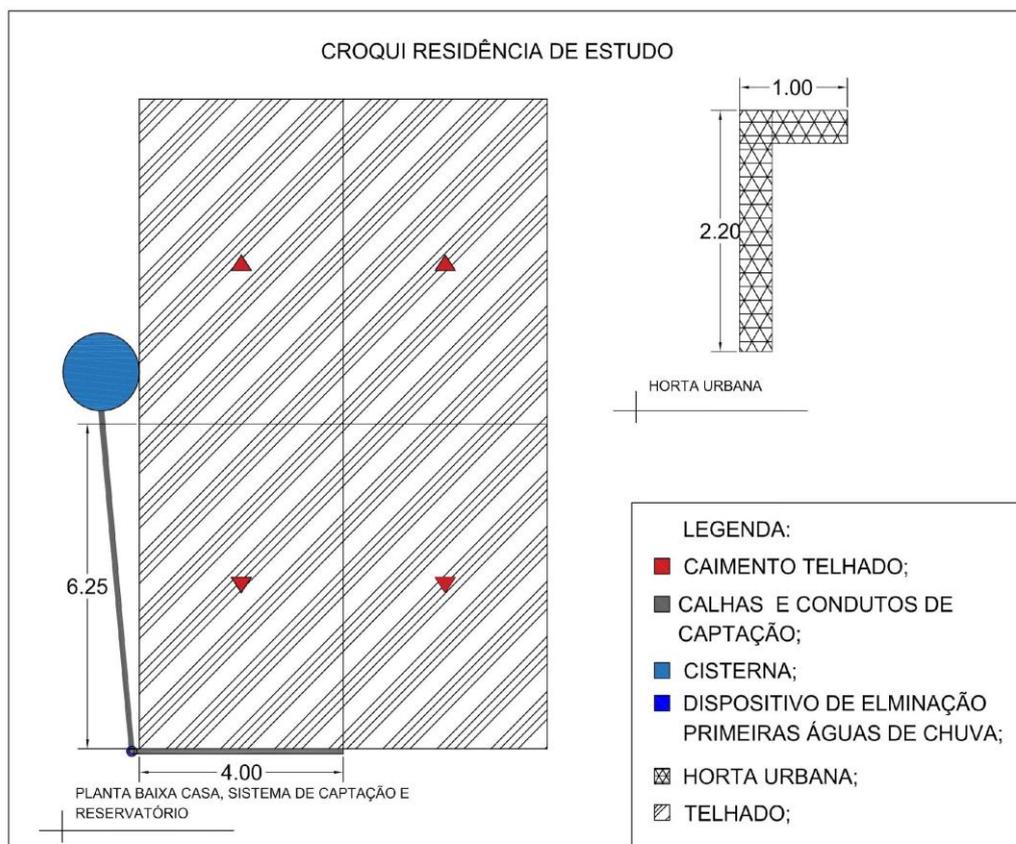
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SISTEMA DE CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO CONSTRUÍDO

A disposição de sistemas de captação de água da chuva submete-se a variados fatores. O volume do reservatório, que é um dos principais motivos de custo, depende dos padrões de chuva locais e da demanda de água. Esta, por sua vez, é descendente de atributos culturais de uso da água na sociedade. (SEGUNDO RUSKIN, 2001 *apud* MANO, 2004).

O Sistema de aproveitamento de águas da chuva e a horta urbana foram constituídas em uma unidade residencial urbana, situada no município de Jóia – RS. O sistema foi construído conforme o Croqui, apresentado na figura 16.

Figura 16 – Croqui Sistema de aproveitamento e irrigação provido de águas da chuva



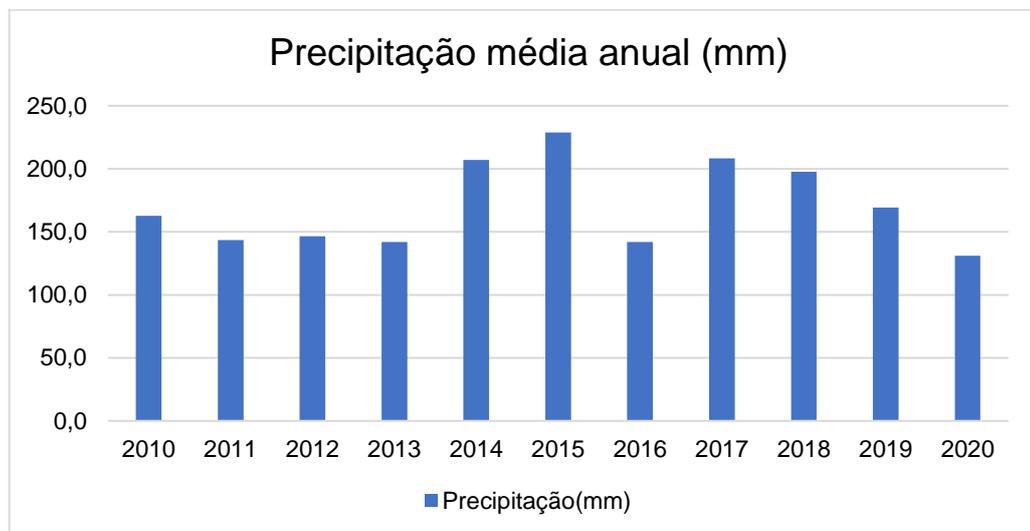
Fonte: Autor, (2021)

4.2 CONSTRUÇÃO DE UMA CISTERNA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL

4.2.1 Dados Hidrológicos

A obtenção dos dados de precipitação pluviométrica se deu a partir da estação pluviométrica 2854018 da ANA, localizada no município de Jóia – RS, distante cerca de 1 km do local do estudo. Os valores de precipitação foram datados de 01/01/2010 a 31/12/2020, a partir desses dados foi realizado um histórico do comportamento das precipitações na região de Jóia - RS, analisando um período de 10 anos. Conforme demonstrado na figura 17.

Figura 17 – Precipitação média anual Estações Pluviométrica ANA 2854018 Jóia – RS.



Fonte: Adaptado de INMET, 2021

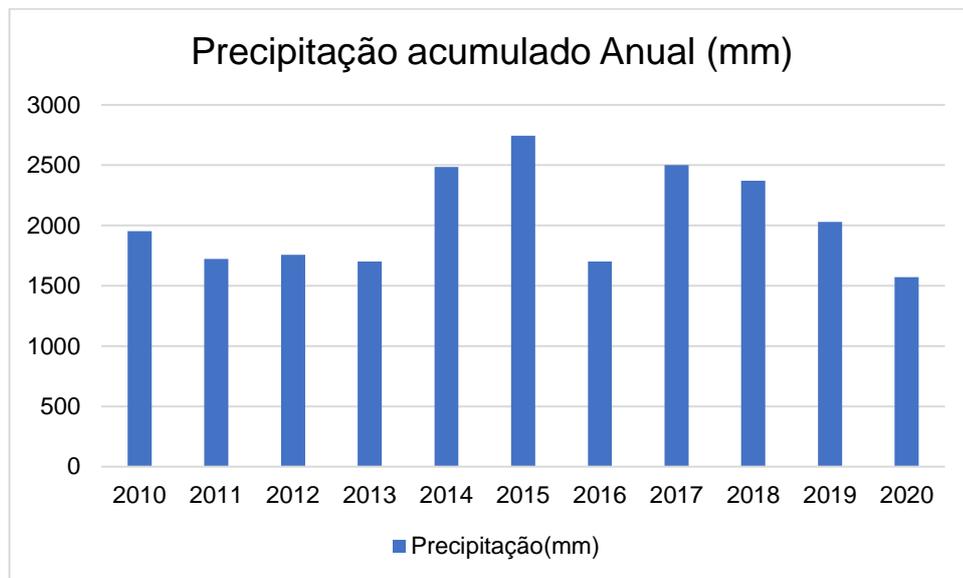
A região apresenta uma precipitação média de 170,7 mm, ao longo dos 10 anos analisados, sendo a precipitação média anual mais baixa de 130,9 mm no ano de 2020 e a mais alta a de 228,8 mm no ano de 2015.

O Rio Grande do sul, conta com clima temperado do tipo subtropical, se com grandes diferenças do resto do Brasil, isso devido a sua posição geográfica apresenta que sofre com influências das massas de ar provindas da região Polar e das zonas Tropical e Atlântica. As precipitações no estado são relativamente equilibradas ao

longo de todo o ano, por causa das massas de ar oceânicas que penetram no estado, a região de Jóia – RS conta com uma precipitação média acumulada em torno de 1800 mm ano (RIO GRANDE DO SUL,2021).

Essa informação se confirma, ao analisarmos a média acumulada anual ao longo dos 10 anos, conforme demonstra a figura 18.

Figura 18 – Precipitação acumulada anual Estações Pluviométrica ANA 2854018
Jóia – RS.



Fonte: Adaptado de INMET, 2021

Os dados apresentam uma média acumulada de chuvas para a estação 2854018 de Jóia - RS de 2049,19 mm ao longo dos 10 anos, sendo maiores que a média acumulada do estado. Deste modo, configurando a viabilidade do aproveitamento de águas da chuva dado ao vasto índice pluviométrico, mesmo em períodos de estiagem no estado.

4.2.2 Área de Captação

A área de captação disposta para o trabalho foi 1/4 do telhado da unidade residencial, onde o telhado é composto por fibrocimento (conforme figura 18), o qual conta com um, coeficiente de *Runof* entre 0,8 e 0,9 segundo Tomaz, (2014). Deste

modo, utilizou-se um valor mínimo de 0,80 para esse coeficiente, como margem de segurança.

Após definido o espaço e o material composto da área de captação da água da chuva, se realizou o cálculo da área de aproveitamento da água, por meio da equação (1) da NBR 10844 de 1989.

Onde:

A : Área de contribuição (m^2);

a : 6,25 m;

H : 1,5 m;

b : 4 m.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b = 28 m^2 \quad (1)$$

Área de aproveitamento de $28 m^2$, a figura 19 demonstra o material e a área de captação.

Figura 19 – Área de captação água da chuva.



Fonte: Autor, (2021)

Com a determinação da área do telhado a ser ocupada, se realizou o cálculo da vazão a ser escoada pela área contribuinte pela equação (2).

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h, que segundo a NBR 10844, (1989), para a estação meteorológica de Cruz Alta – RS (mais próxima ao local de estudo com esse tipo de dado), é de 341 mm/h para 5 minutos de chuvas intensas em um período de 5 anos.

A = 28 m²;

$$Q = \frac{I * A * C}{60} = \frac{341 * 28 * 0,8}{60} = 127,3 \text{ l.min}^{-1} \quad (2)$$

Se obtendo assim uma vazão de 127,3 l.min⁻¹, a partir desses resultados foi possível o dimensionamento do restante do sistema.

4.2.3 Calhas e Condutores

As calhas e condutores empregados no estudo foram de material do tipo PVC, desde a captura do telhado até a cisterna de armazenamento. A declividade adotada para as calhas foi de 0,5% e conforme a NBR 10844, (1989) pode ser adotado o diâmetro de 100mm internos para a mesma, para uma vazão de 130 l.min⁻¹. A vazão obtida foi de 127,3 l.min⁻¹, dessa forma sendo adotado para o sistema 4m de calha semicircular de diâmetro de 100mm (valor mínimo recomendado pela norma).

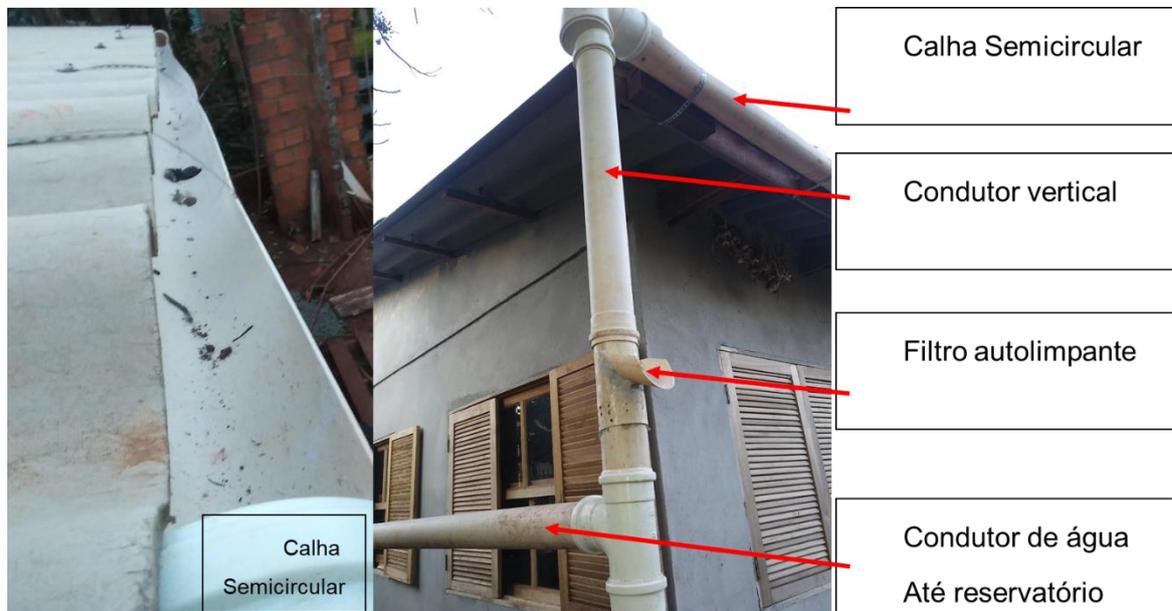
Já para os tubos condutores verticais e de condução da água até a cisterna se utilizou aproximadamente 9,00 m de tubo PVC de diâmetro de 75mm, visto que Macintyre, (1996), sugere o diâmetro da canalização com relação da área de máxima de cobertura seja de 50 mm, para áreas máximas de cobertura de 46m². Contudo, o dimensionamento de condutores verticais também pode ser feito com o emprego do quadro 16 a seguir, que fornece o diâmetro do condutor e o valor máximo da área de telhado drenada pelo tubo.

Quadro 16 – Área de cobertura para condutores verticais de seção circular.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área de cobertura (m ²)
50	0,57	17
75	1,76	53
100	3,78	114
125	7,00	212

Fonte: Adaptado de BOTELHO & RIBEIRO JR. (1998)

Figura 20 – (a) Calha Semicircular (b) Condutores verticais e de condução.



Fonte: Autor, (2021)

4.2.4 Mecanismos da melhoria da qualidade da água

Para que a água captada da chuva chegue ao reservatório com uma boa qualidade, esse sistema de captação deve conter e prever a limpeza, das calhas, através de filtros que impeçam a passagem de sólidos grosseiros; a eliminação das primeiras águas da chuva e os por ajustes nos reservatórios.

O filtro de água da chuva, foi construído de forma autolimpante, pois possui um baixo custo de implementação e foi guiado por um manual disposto no blog TorchTools, (2015), que demonstra sua montagem. A sua construção constituiu

basicamente pela associação de dois tubos de PVC, com diâmetro 75mm e 20 cm de comprimento, onde os dois são encaixados um dentro do outro um com um corte de aproximadamente 45° e coberto por uma tela mosquiteiro, já o outro com uma boca em formato de meia lua.

Esse filtro realiza a eliminação de sujeiras, como pequenos galhos e ou detritos, deixando passar apenas a água para o segundo estágio de tratamento que é a eliminação dos primeiros milímetros, o filtro e sua utilização no sistema de estudo são demonstrados na figura 21.

Figura 21 – Filtro autolimpante.



Fonte: Autor, (2021)

O dispositivo de eliminação das primeiras águas da chuva, que segundo a NBR 15527, (2019) deve ser de pelo menos os dois primeiros milímetros, devem ser de fácil esvaziamento e o seu cálculo é realizado multiplicando a área de captura por 2. Resultando na eliminação de 56 litros para esse sistema. O dispositivo foi construído através de um arranjo com um galão de capacidade de 50 l, juntamente a um cano de PVC de 100mm de diâmetro, por 1 m de comprimento, totalizando um volume de aproximadamente 57,8 litros. A água de eliminação não deve ser misturada à água de aproveitamento, por isso foi disposto junto ao cano de 100mm, uma bola de poliestireno, para que quando o dispositivo de eliminação enchesse por completo, a

passagem da água para o galão fosse interrompida e a água de aproveitamento desviada para o reservatório. A figura 22 demonstra esse compartimento, de eliminação.

Figura 22 – Dispositivo de eliminação das primeiras águas da chuva.



Fonte: Autor, (2021)

No Reservatório da água aproveitável, a tubulação deve ser instalada de maneira a evitar a turbulência do volume que entra no sistema, além de torneira para esvaziar o reservatório, dispositivo para extravasar o volume excedente que não permita a entrada de insetos e ou bichos, ainda a cisterna deve ser tampada sem contato com a atmosfera. (IPT, 2015)

Desta forma o reservatório foi implementado em material de polietileno e com os devidos cuidados instruídos pelo manual para captação de água da chuva do IPT, (2015), conforme demonstra a figura 23.

O volume do reservatório foi primeiramente definido conforme demanda de água necessária para irrigação da horta, com sobra para que a cisterna possa ter reserva de água em períodos de estiagem não ocasionando o desabastecimento, em um segundo momento por se tratar de uma região com boa disponibilidade hídrica e para melhor aproveitamento do sistema de captação, se definiu a aplicação uma

cisterna de tamanho além das necessidades da horta, aonde se possa fazer outros usos não potáveis da água.

Figura 23 – Reservatório de aproveitamento de águas pluviais.



Fonte: Autor, (2021)

4.2.5 Demanda a ser atendida pelo reservatório

A demanda a ser atendida pelo reservatório é a irrigação de uma horta urbana. Assim, a horta urbana foi construída entre 26 e 27 junho de 2021, com a proposta de ocupar a menor área possível, em um formato diferente do convencional de plantação em canteiros diretamente no solo. A Horta foi construída de maneira vertical, em três níveis, sendo constituída por 6 bolsões preenchidos com terra e adubo, sendo 3 bolsões de 2,20 m e mais 3 bolsões de 1 m, ocupando uma área aproximada de 0,96 m².

Esses bolsões foram adquiridos em lojas de materiais para hortaliças, e originalmente são utilizados com substratos, no entanto, se propôs uma nova maneira de plantio, o arranjo do sistema conta ainda com planchas de madeira e estruturas de ferro para sustentação, essas reaproveitadas da própria residência. A horta comporta o plantio de 30 pés de alface (*Lactuca sativa*), 7 de cebolinha (*Allium schoenoprasum*) e 10 de salsa (*Petroselinum crispum*). A horta é urbana é demonstrado na figura 24.

Figura 24 – Horta urbana.



Fonte: Autor, (2021)

Para fins de consumo de água, se realizou o cálculo de ETo (equação 04) e para ETc (Equação 05), os dados necessários para o cálculo de ambos são apresentados na sequência.

Dados necessários para o cálculo de ETo e ETc:

- Proporção (P) Percentagem de horas de luz solar mensal possíveis, em relação ao total anual, quadro 17.

Quadro 17 – Proporção média diária (p) de horas de luz para diferentes latitudes.

Latitude °	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
28	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24	0,24	0,26	0,27	0,29	0,3	0,31

Fonte: Adaptado de Doorembos e Pruit, (1990) *apud* Tucci,(1993)

- Temperatura média mensal de Jóia - RS

As informações utilizadas são para fim de estimativas, e são as únicas encontradas para o município, pois a estação pluviométrica de onde foi retirado as precipitações mensais ao longo dos 10 anos de estudo, não dispõem de dados de temperatura média e as estações meteorológicas vizinhas contam com dados falhos para o período de 2010 a 2020 o qual o foi analisado no estudo.

Deste modo A média climatológica tem por base dados de 1981 a 2010, com um total de 30 anos, a partir das estações meteorológicas do INMET, onde posteriormente são interpoladas para locais sem estações, meteorológicas. (IRGA, 2021).

Desta forma como não se alcançou sucesso, na obtenção de dados para temperatura média no período de e local de estudo, seja pela falta de dados ou por os mesmos serem falhos, se utilizou a média de temperaturas mensais demonstradas no quadro 18, a quais são interpoladas para um tempo de 29 anos, para o município de Jóia-RS, sustentando assim a segurança para os cálculos.

Quadro 18 – Temperaturas médias mensais Jóia – RS de 1981 a 2010.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura média (°C)	24,8	24,1	23,4	20,55	17	15,15	14,15	16,1	17,15	20	21,1	24,4

Fonte: Adaptado Somar Meteorologia, (2021)

- Coeficiente Kc da cultura

O coeficiente Kc é determinado em diferentes momentos de desenvolvimento da planta, em função da umidade relativa e velocidade do vento, para diversas hortaliças, o valor de Kc para alface em seu estágio máximo de consumo é de 1,05. (EMBRAPA, 1996).

Se tomou como base o valor do coeficiente da alface visto que, é a cultura que foi amplamente implantada nessa horta urbana e por não possuir na base de dados levantada valores específicos para cebolinha e salsinha. Assim, extrapolou-se o consumo da alface para as outras culturas utilizando o valor máximo de Kc, para 47 plantas sendo o espaço que a horta suporta.

Posteriormente a aquisição dos dados, e a partir das equações (04) e (05) se gerou o quadro com os cálculos, obtendo-se assim a ETo, ETc e a demanda mensal necessária para a horta urbana implantada, conforme demonstrado no quadro 19.

Quadro 19 – Cálculos de ETo, ETc e Demanda da horta urbana.

Mês	Temperatura média mensal	P - Horas de luz mensal em (%)	ETo	Kc máximo de cultura da alface	Etc	Número de plantas horta	Demanda em litros por mês da horta urbana
Jan	24,85	0,31	6,04	1,05	6,34	47	298,11
Fev	24,10	0,29	5,55	1,05	5,83	47	273,98
Mar	23,40	0,28	5,27	1,05	5,53	47	260,11
Abr	20,55	0,26	4,56	1,05	4,78	47	224,82
Mai	17,00	0,25	3,97	1,05	4,17	47	196,15
Jun	15,15	0,24	3,61	1,05	3,79	47	178,29
Jul	14,15	0,24	3,50	1,05	3,68	47	172,88
Ago	16,10	0,26	4,03	1,05	4,23	47	198,72
Set	17,15	0,27	4,31	1,05	4,53	47	212,76
Out	20,00	0,29	5,01	1,05	5,26	47	247,16
Nov	22,10	0,30	5,47	1,05	5,74	47	269,89
Dez	24,40	0,31	5,98	1,05	6,28	47	294,97
Média total							235,65 L

Fonte: Autor, (2021)

De outra forma, nas primeiras semanas a horta foi irrigada com água provida da rede pública para se ter a média do consumo que esse formato de plantação iria necessitar, deste modo empiricamente, foi irrigado de forma manual através de regador, as 47 cultivares com 150 ml de água, totalizando 7,05 litros diários, para que os bolsões de terra ficassem com uma boa umidade (visível) e as plantas com um bom desenvolvimento, totalizando assim uma demanda em torno de 211,5 litros de água mensal.

4.2.6 Cálculo do volume do reservatório

Para a determinar o volume do reservatório, segundo a NBR 15527, (2019) foram considerados os materiais utilizados no sistema de captação e na disponibilidade teórica de água a partir da equação (5). O cálculo do volume do reservatório, é apresentado na sequência, onde:

P = Precipitação média anual de 2049,19 mm, para um período de 10 anos (Estação Pluviométrica ANA - 2854018 Jóia - RS);

A = Área de cobertura de aproveitamento de 28 m²;

C = Coeficiente *Runof* para materiais de cimento 0,80;

η = Fator de captação de 0,85. (NBR 15527, 2019);

$$V_{\text{disp}} = P * A * C * \eta = L.\text{ano}^{-1} \quad (5)$$

$$V_{\text{disp}} = 2049,19 \times 28 \times 0,8 \times 0,85 = 39.016,57 L.\text{ano}^{-1}$$

Desta forma foi identificado um volume teórico 3251,38 Litros de água médio por mês, tendo por base um período de retorno de 10 anos de dados pluviométricos.

Na NBR 15527, (2019) é descrito que fica a cargo do projetista a utilização de um método para cálculo de capacidade de um reservatório de águas pluviais, assim se empregou nesse estudo o método empírico de Azevedo Neto (equação 06), sendo demonstrado a seguir.

Onde:

P = Precipitação média anual que foi de 2049,19 mm, para um período de 10 anos (Estação Pluviométrica ANA - 2854018 Jóia - RS);

A = Área de cobertura de aproveitamento de 28 m²;

T = Número de meses de pouca chuva (2 meses), esses considerados meses aqueles abaixo ou igual a 80% (136,66mm) da média anual (170,77mm), ao longo dos 10 anos.

$$V = 0,042 * P * A * T = 0,0042 * 2049,19 * 28 * 2 \quad (4)$$

$$V = 4819,69 L \text{ ou } 4,8 m^3$$

O método Azevedo Neto, apresenta maior eficiência no dimensionamento por sua confiabilidade está ligado unicamente à base de dados pluviométricos e ainda é o que mais se destaca para uma residência unifamiliar. (CRUZ *et al*, 2017; HEBERSON *apud* LIMA, 2018).

Considerando a demanda requerida, realizou-se a média dos valores de água irrigada manualmente pela horta urbana (211,5 litros) e o valor referente a demanda em litros por mês da horta urbana ao longo de 12 meses através do cálculo de ETC (235,65 litros), a qual resultou em um valor de 223,6 litros mensais.

É possível se observar que pela disponibilidade teórica, a área de estudo irá suprir com sucesso a demanda exigida. Ainda levando em consideração a análise de Azevedo Neto, o reservatório deve ser de aproximadamente 4819,69 litros, para demanda mensal, não considerando o volume acumulado ao longo dos meses.

No entanto, visando a expansão da horta urbana além da utilização de 223,6 litros mensais e para a utilização possível da água para outras funções para usos não potáveis, motivado pela disponibilidade teórica de água mensal, foi empregado na residência uma cisterna de 1000 Litros, essa de polietileno.

4.3 APLICAÇÃO DE TRATAMENTO SIMPLIFICADO

Para o tratamento da água presente no reservatório se utilizou as determinações da Funasa, (2014), que indica o uso de Dosagem de 100 ml hipoclorito de sódio a 2,5%, em um reservatório de 1000 L.

4.4 RESULTADOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE

A água da chuva pode ser empregada em várias finalidades, conforme sua qualidade. Geralmente, águas recolhidas em regiões rurais, com localização distante de indústrias e tráfego intenso, apresentam uma melhor qualidade àquelas águas captadas em localizações urbanas industriais. Porém, a área onde é realizada a captação da água da chuva, não é o aval para a boa qualidade da água. Deve-se realizar análises da qualidade da água, para verificação da sua possível utilidade. (CARDOSO, 2009)

As análises de qualidade da água ocorreram toda vez que ocorreram precipitações às quais a cisterna extravasou seu volume total por estar completamente cheia. O período observado foi entre 10 de julho de 2021, até a data de 11 de setembro de 2021 data de encerramento da avaliação do sistema de estudo.

Nesse período a região passou por um período de estiagem, conforme demonstra o quadro 20, os dados de precipitação foram retirados da estação de tratamento automática do INMET A853 de Cruz Alta – RS, cidade mais próxima ao local do estudo, com dados recentes. Nesse período a cisterna extravasou duas vezes, completando seu volume total somente na data de 25 de agosto de 2021(denominado de 1º lote), e posteriormente em 09 de setembro (2º lote).

Quadro 20 – Dados pluviométricos de 10 de julho de 2021 a 11 de setembro de 2021.

Data	Precipitação (mm)						
10/07/2021	0	26/07/2021	0	11/08/2021	0,4	27/08/2021	0
11/07/2021	0	27/07/2021	2,4	12/08/2021	0	28/08/2021	0
12/07/2021	0	28/07/2021	0	13/08/2021	0	29/08/2021	0
13/07/2021	0	29/07/2021	0	14/08/2021	0	30/08/2021	0
14/07/2021	0	30/07/2021	0	15/08/2021	0	31/08/2021	0
15/07/2021	11,4	31/07/2021	0	16/08/2021	0,2	01/09/2021	0
16/07/2021	0,2	01/08/2021	0	17/08/2021	0	02/09/2021	0
17/07/2021	0	02/08/2021	0	18/08/2021	0	03/09/2021	0,2
18/07/2021	0	03/08/2021	0	19/08/2021	0	04/09/2021	0
19/07/2021	0	04/08/2021	0	20/08/2021	0	05/09/2021	4,6
20/07/2021	0	05/08/2021	0	21/08/2021	0	06/09/2021	0
21/07/2021	0	06/08/2021	0	22/08/2021	0	07/09/2021	11,6
22/07/2021	0	07/08/2021	0	23/08/2021	0	08/09/2021	30,8
23/07/2021	0	08/08/2021	0	24/08/2021	0	09/09/2021	6,6
24/07/2021	0	09/08/2021	0	25/08/2021	99,6	10/09/2021	0
25/07/2021	0	10/08/2021	4	26/08/2021	60	11/09/2021	0

■ Extravaso

Fonte: Adaptado INMET, (2021)

Para as análises foram coletadas duas amostras de água, uma de água bruta provinda diretamente do reservatório após seu enchimento total sem qual quer tipo de tratamento químico, e a amostra com tratamento, onde foi adicionado 100 mL hipoclorito de sódio a 2,5%, com inserção direta no reservatório e tempo de contato de 30 minutos.

Os parâmetros analisados, e os valores obtidos, são demonstrados em dois momentos separados pela ordem dos acontecimentos. Quando o reservatório extravasou pela primeira vez (1º lote) e quando o reservatório extravasou pela segunda vez (2º lote). De cada lote foram extraídas duas amostras: água bruta e água com tratamento simplificado, com os resultados dos parâmetros obtidos estabeleceu-se a comparação entre os valores de referência sugeridos pelo Conama Nº 357, 2005 e NBR 15227, de 2019.

- Amostras de qualidade da água do 1º lote.

Resultados para água bruta e com tratamento são apresentados nos quadros 21 e 22, onde houve a realização das análises quando o reservatório extravasou seu volume total pela primeira vez.

Quadro 21 – Amostra bruta 1º lote.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido	Referência para Análise	Resultado obtido	Conformidade de padrão
Turbidez	5 ut	NBR 15527, (2019)	8,7 ut	Fora de Padrão
Cor Aparente	75 uH	Conama Nº 357	8,3 uH	Dentro do padrão
PH	9	NBR 15527, (2019)	7,4	Dentro do padrão
Sólidos totais	500 mg/L	Conama Nº 357	71,50 mg/L	Dentro do padrão
Coliformes totais	1000 em 100 mL	Conama Nº 357	5,10 NMP/100 mL	Dentro do padrão
Escherichia Coli	Ausente em 100 mL	NBR 15527, (2019)	Presente em 100 mL	Fora de Padrão
Alcalinidade	-	-	44,18 mg/L	-
L.Q (Limite de Quantificação) =1,80 NMP= Número Mais provável				

Fonte: Autor, (2021); adaptado de Central analítica UNIJUÍ, (2021)

Para a primeira amostra de água bruta, sem tratamento simplificado, é possível se observar que dois dos padrões Turbidez e Escherichia coli, obtêm resultados com valores acima dos recomendados pela norma, totais sendo aconselhável o uso de tratamento nessa água presente no reservatório.

Segundo Jaques, (2005), amostras de água da chuva que passaram pelo telhado de cimento em seu estudo de aproveitamento de águas da chuva, obtiveram valores que variam entre 16,40mg/L a 30,70 mg/L de alcalinidade, devido a composição química da área do telhado aliado aos poluentes presentes no ambiente. Essa informação se confirma para a alcalinidade medida para o 1º lote, onde se obteve um valor alto, para uma a área de captação de fibrocimento que ficou dias sem chuvas e com grande presença de material particulado.

Quadro 22 – Amostra água com tratamento simples 1º lote.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido	Referência para Análise	Resultado obtido	Conformidade de padrão
Turbidez	5 ut	NBR 15527, (2019)	6,7 ut	Fora de Padrão
Cor Aparente	75 uH	Conama Nº 357	9 uH	Dentro do padrão
PH	9	NBR 15527, (2019)	8,2	Dentro do padrão
Sólidos totais	500 mg/L	Conama Nº 357	48,50 mg/L	Dentro do padrão
Coliformes totais totais	1000 em 100 mL	Conama Nº 357	<L.Q	Dentro do padrão
Escherichia Coli	Ausente em 100 mL	NBR 15527, (2019)	Ausente em 100 mL	Dentro do padrão
Alcalinidade	-	-	26,5 mg/L	-
L.Q (Limite de Quantificação) =1,80 NMP= Número Mais provável				

Fonte: Autor, (2021); adaptado de Central analítica UNIJUÍ, (2021)

O Quadro demonstra a importância do tratamento simplificado com a adição de hipoclorito de sódio a 2,5% no reservatório, eliminando a presença de coliformes da amostra. Nessa situação a turbidez fica fora dos padrões recomendados pelas normas comparativas. Se obteve um valor de pH mais alto, isso provavelmente se deve a adição do hipoclorito de sódio, pois é uma solução alcalina, e com o aumento do valor de pH e a diminuição no valor da alcalinidade.

Esse valor alto de turbidez muito provavelmente se deva ao fato de ser a primeira vez que o sistema entrou em funcionamento, onde a chuva lavou toda a tubulação e o reservatório, carregando todo esse particulado para a água.

- Amostras de qualidade da água do 2º lote.

Resultados para água bruta e com tratamento são apresentados nos quadros 23 e 24, onde houve a realização das análises a partir de quando o reservatório extravasou seu volume total pela segunda vez.

Quadro 23 – Amostra Bruta 2º lote.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido	Referência para Análise	Resultado obtido	Conformidade de padrão
Turbidez	5ut	NBR 15527, (2019)	2,7uT	Dentro do padrão
Cor Aparente	75 uH	Conama Nº 357	8 uH	Dentro do padrão
PH	9	NBR 15527, (2019)	8,9	Dentro do padrão
Sólidos totais	500 mg/L	Conama Nº 357	45,25 mg/L	Dentro do padrão
Coliformes totais	1000 em 100 mL	Conama Nº 357	12 NMP/100 mL	Dentro do padrão
Escherichia Coli	Ausente em 100 mL	NBR 15527, (2019)	Presente em 100 mL	Fora do padrão
Alcalinidade	-	-	26,05mg/L	-
L.Q (Limite de Quantificação) =1,80 NMP= Número Mais provável				

Fonte: Autor, (2021); adaptado de Central analítica UNIJUÍ, (2021)

No 2º lote somente o parâmetro de Escherichia coli ficou fora dos padrões recomendados pela norma. Pode se observar que houve uma diminuição nos valores de turbidez, cor aparente e sólidos totais em comparação com a do 1º lote, muito provavelmente ao fato de as superfícies estarem mais limpas que na primeira situação.

A existência de coliformes e E. coli confirma a teoria de que as superfícies de captação estão susceptíveis a ação do ambiente, como por exemplo, a presença de fezes de animais entre outros. Desse modo certificando a necessidade da aplicação de tratamento para a eliminação de coliformes totais e Escherichia Coli.

Quadro 24 – Amostra com tratamento 2º lote.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido	Referência para Análise	Resultado obtido	Conformidade de padrão
Turbidez	5ut	NBR 15527, (2019)	2,3 ut	Dentro do padrão
Cor Aparente	75 uH	Conama Nº 357	8 uH	Dentro do padrão
PH	9	NBR 15527, (2019)	8,7	Dentro do padrão
Sólidos totais	500 mg/L	Conama Nº 357	65,00 mg/L	Dentro do padrão
Coliformes totais	1000 em 100 mL	Conama Nº 357	<L.Q	Dentro do padrão
Escherichia Coli	Ausente em 100 mL	NBR 15527, (2019)	Ausente em 100 mL	Dentro do padrão
Alcalinidade	-	-	24,92 mg/L	-
L.Q (Limite de Quantificação) =1,80 NMP= Número Mais provável				

Fonte: Autor, (2021); adaptado de Central analítica UNIJUÍ, (2021)

Para a água tratada do segundo lote, se obtêm todos os resultados em valores dentro dos padrões recomendados pelas normas de comparação, configurando assim em uma água de boa qualidade para sua utilização em usos não potáveis.

- Discussão sobre as análises do 1º e 2º Lote.

Os resultados obtidos para ambos os lotes, demonstram que é imprescindível a realização do tratamento da água, para que a mesma não apresente escherichia coli e coliforme totais. Quanto a turbidez, que no 1º lote apresentou valores fora dos padrões, supõe-se que a sua provável causa seja fato de o sistema estar sendo operado pela primeira vez, carreando para a água todo o particulado depositado no telhado, tubulações e reservatório.

Para a Cetesb, (2013) a turbidez em uma amostra de água, se configura como a atenuação de intensidade que um feixe de luz, tolera ao passar por essa amostra, pois as partículas presentes na água são maiores que o comprimento de onda da luz branca, reduzindo assim a absorção e o espalhamento dessa luz. Sendo a causa dessa atenuação da luz a presença de sólidos em suspensão, como, partículas inorgânicas de areia, silte, argila e de detritos orgânicos. Isso se confirma pela amostra analisada.

Já no segundo lote após precipitações mais próximas umas das outras, apresentam uma melhor qualidade de água, sendo que após o tratamento a água ficou dentro de todos os valores de comparações, tanto da NBR 15527, (2019) quanto a CONAMA Nº 357, (2005), representando assim uma água com qualidade adequada para o uso em irrigação da horta urbana, dentre outras utilizações não potáveis.

4.5 VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DESSE SISTEMA

Cisternas de dimensões menores às determinadas no dimensionamento, são capazes de retratar uma economia significativa de água, sendo capaz de atender às limitações físicas e de orçamento do projeto sem grande perda ao desempenho do sistema. (BOZZINI *et al*, 2017).

Para se analisar a viabilidade econômica da instalação do sistema de captação e aproveitamento de águas da chuva, primeiramente se realizou a aquisição dos materiais necessários para construção do sistema de captação e armazenamento de 1m³ de águas da chuva, os mesmos foram comprados no comércio local, conforme é demonstrado no quadro 25.

Posteriormente se buscou os valores cobrados pelo m³ da água potável na residência de estudo, em relação a 1 m³ de água, que seria a capacidade da cisterna. Segundo a LEI MUNICIPAL 1156, (2001), que estabelece normas para fixação de preços, lançamento e arrecadação de tarifas de serviços de água para o município de Jóia – RS, é atribuído uma taxa fixa de R\$20,50 (Vinte reais com cinquenta centavos), para a utilização de até 15 m³ de água mensal, a partir disso é cobrado o valor de R\$0,75 (setenta e cinco centavos) por m³ consumido. Para fins de cálculo foi levado em consideração o valor da taxa mínima de utilização de R\$20,50, sendo o valor mínimo cobrado para se obter água através do sistema de distribuição no município.

Quadro 25 – Material utilizado sistema de aproveitamento água da chuva.

Material	Quantidade	Valor por unidade	Valor total
Cano PVC 100mm	5 m	R\$19,50	R\$97,50
Cano PVC 75mm	9 m	R\$18,50	R\$166,50
“T” PVC 75mm	1 um	R\$18,00	R\$18,00

Fonte: Autor, (2021).

Quadro 25 (Continuação)– Material utilizado sistema de aproveitamento água da chuva.

Material	Quantidade	Valor por unidade	Valor total
Curva 90 ° PVC 100 mm	1 um	R\$8,50	R\$8,50
Curva 90° PVC 75mm	3 um	R\$8,50	R\$25,50
Flange 1/2 pol	2 um	R\$8,90	R\$17,80
Flange 50mm 1.1/2”	1 um	R\$60,00	R\$60,00
torneira 1/2 pol	2 um	R\$4,00	R\$8,00
Cola Adesivo Plástico 75g	2 um	R\$20,90	R\$41,80
Cola solda Plástica	3 um	R\$10,50	R\$31,50
Redutor PVC de 100mm x 75mm	1 um	R\$10,50	R\$10,50
Luva PVC 75mm	1 um	R\$8,50	R\$8,50
caixa d’água polietileno 1000L	1un	R\$480,00	R\$480,00
Custo Total		R\$974,10	

Fonte: Autor, (2021).

Após a obtenção dos valores para a implantação do sistema, se realizou o cálculo do VPL, de duas maneiras: um analisando o custo de implementação do sistema, considerando um período de 20 anos para uma cisterna de 1m³, e outro, verificando o custo mensal 1 m³ de água provinda do sistema de distribuição do município ao longo dos mesmos 20 anos.

Tendo em vista que, segundo Fernandes *et al*, (2007), o método se caracterizar por demonstrar um comparativo indicando o melhor projeto, pois realiza a transformação futura de gastos ou receitas em “dinheiro equivalente hoje”, sendo uma melhor forma para tomada de decisão, onde o cálculo de projeto que for “mais” positivo, ou “menos” negativo indica a melhor opção de projeto.

- VPL para custo de implementação da cisterna de 1 m³:

F_t = Fluxos previstos de despesas totais, R\$5894,10. Onde se realizou o somatório do custo de implementação do sistema de aproveitamento de águas da

chuva (R\$974,10), e custo da despesa mensal de 1m³ de água ao longo de 20 anos para o município de Jóia (R\$4920,00).

T = Período de Análise (20 anos)

k = Taxa Mínima Aceitável de 10% ao ano.

n = vida útil do projeto (anos) 20 anos para sistemas de captação e armazenamento de águas da chuva segundo GUILHERME, (2006) *apud* FERNANDES *et al*, (2007).

$$\sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} = R\$ 876,12 \quad (3)$$

- VPL para custo do m³ da água potável em relação a 1m³:

F_t = Fluxos previstos de despesas de 1 m³ ao longo de 20 anos R\$4920,00

T = Período de Análise (20 anos);

k = Taxa Mínima Aceitável de 10% ao ano;

- n = 20 anos;

$$\sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} = R\$ 731,33$$

Pelo cálculo do VPL (Valor presente líquido) a implementação do sistema se demonstra inviável financeiramente, pois o VPL do custo de 1m³ mensal ao longo de 20 anos é menor do que o custo do VPL da implementação do sistema. Isso se deve ao fato de que o custo do m³ de água para o município de Jóia – RS ainda é muito baixo, não demonstrando lucratividade pelo fato de o sistema ter um custo elevado de instalação na comparação aos 20 anos de uso, perante ao cobrado pelo uso de água potável nessa localidade.

De outra forma analisando o valor da implementação do sistema, dividindo pelo valor do custo da água potável, (sendo esse analisado o valor da taxa até o consumo de 15 m³, de R\$20,50), obtemos o tempo que o sistema vai levar para ser pago, utilizando-se dessa base.

- Tempo para o sistema se pagar

Custo mensal utilização da água= R\$20,50

Custo da implementação do sistema=R\$974,10

$$\textit{Tempo para o sistema se pagar} = \frac{974,10}{20,50} = 47,5 \textit{ meses}$$

O sistema levará aproximadamente 4 anos para se pagar, levando em consideração o custo mensal para 1m³ de água para o município. Nesse estudo não se levou em consideração a elevação das taxas ao longo de 20 anos e correções inflacionárias.

5 CONCLUSÃO

Nos últimos anos a crescente demanda de água fez com que a captação e distribuição de águas providas dos mananciais, em períodos de escassez hídrica ocasione sua falta ou racionamento. Em alguns momentos pode haver a falta de água para os usos básicos e também em aplicações não potáveis, incluindo os usos na irrigação de hortas urbanas. Essa problemática da falta de água pode acontecer não somente na região onde o estudo foi desenvolvido, mas em todo o país. Inclusive durante o período de estudo, a região sul e sudeste do país passou por um longo período de estiagem.

Por outro lado, as águas pluviais, nos dias atuais é tratada como rejeito, sendo descartada e negligenciada pelas pessoas e pelo poder público. A água da chuva caracteriza-se por apresentar boa qualidade se comparada a muitos mananciais existentes hoje e pode ser encarada como uma das formas de evitar a diminuição acentuada da disponibilidade de água potável fazendo seu reuso ou o aproveitamento.

E desta forma o aproveitamento de águas da chuva armazenadas em cisternas apresenta-se como uma alternativa não só para garantir a irrigação de alimentos, mas o mais importante, na economia da utilização da água potável provinda dos mananciais em grandes volumes, tratada e distribuída pelo poder público a população. Além de todos esses benefícios, utilizar a água das chuvas pode fazer com que os problemas como enchentes sejam minimizados em centros urbanos. Como o escoamento superficial da água será menor, conseqüentemente menos água será acumulada.

A construção do sistema de captação e armazenamento de água da chuva mostrou-se ser de fácil configuração, construção e execução sendo guiadas por normas consolidadas. Sua operação foi simples, requerendo limpezas periódicas das calhas e sistema de filtração.

Como fator negativo observa-se o longo período para obter-se o retorno do investimento feito para a implantação do sistema, visto que o custo do m³ de água no local do estudo ainda é muito baixo. Contudo, as perspectivas, nesse setor não são favoráveis quanto ao custo, pois com a efetivação do marco legal, sob a lei Nº 182 de 21, em um futuro próximo estima-se que esses valores devam mudar, o deverá reverter a viabilidade econômica para implantação desses sistemas.

A qualidade da água provinda dessa cisterna requer apenas um tratamento simplificado de desinfecção para ser aplicável à irrigação de uma horta urbana de hortaliças.

E desconsiderando o período de estiagem, em decorrência do fenômeno La Niña, que causa exatamente essa ausência de chuvas no sul e sudeste do Brasil, as precipitações regionais médias são favoráveis à instalação desse sistema, possibilitando o armazenamento para além das demandas necessárias à irrigação de uma horta urbana de hortaliças.

Conclui-se que a viabilidade de implementação desse sistema não é só econômica, mas passam por fatores ambientais e os benefícios que o mesmo gera, como na economia de água tratada (potável), na produção de alimentos orgânicos, na utilização de água reservada em períodos de estiagem, configurando assim uma ação sustentável e de tangível inserção em residências urbanas.

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.

ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido, v.07, n 03 julho/setembro 2011 p. 01 - 15 www.cstr.ufcg.edu.br/acsa e <http://150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA/index>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: . Acesso em: 01 Set. 2021.

Amorim, M.C.C., Porto, E.R. (2003) Considerações Sobre Controle e Vigilância da Qualidade de Água de Cisternas e seus Tratamentos. Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido, Juazeiro, Brasil

ANDRADE NETO, C. O. de. Aproveitamento imediato da água de chuva. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, v. 1, p. 67-80, 2013. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7106>. Acesso em: 23 set. 2020. <http://dx.doi.org/10.17565/gesta.v1i1.7106> .

Anecchini, K. P. V. (2005). Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES), Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 150 p.

ANTIGUIDADE Tomaz, Plínio. Água: pague menos. Plinio Tomaz, 2014.Livro eletrônico

Araújo, Efraim Martins Cisternas: uma tecnologia para armazenagem de água no semiárido / Efraim Martins Araújo. — Iguatu, CE : IFCE, 2020. 20 p. : il., color. — (Série Tecnologias para o campo, n.01).

Armazenagem de água da chuva: água = vida EMATER. Rio Grande do Sul/ ASCAR.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE SÃO PAULO. Lei nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007. LEI Nº 12.526, DE 02 DE JANEIRO DE 2007. [S. I.], 2 jan. 2007

Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul/Rio Grande do Sul. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento

Governamental. – 6. Ed. – Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento Governamental, 2021.

BASTOS, Amanda Pereira. Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV. 2007. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental.) - Universidade Federal do Espírito Santo, [S. l.], 2007. Disponível em:http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_2637_Fernanda_Disserta%E7%E3o%20completa.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

BOTELHO, M. H. C. & RIBEIRO Jr., G. de A. (1998). Instalações Hidráulicas Prediais Feitas para Durar. Usando Tubos de PVC. São Paulo: ProEditores, 230p. il.

BOZZINI, Pedro Ludovico et al. Captação de água de chuva em ambientes urbanos: estudo para dimensionamento e operação de cisternas em escolas. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 1, [s. l.], 17 nov. 2013.

Brasil. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa / Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. 36 p.

BRASIL. Lei nº 12.873, de 24 de outubro de 2013. LEI Nº 12.873, DE 24 DE OUTUBRO DE 2013. [S. l.], 24 out. 2013.

BRASIL. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. LEI Nº 13.501, DE 30 DE OUTUBRO DE 2017. [S. l.], 30 out. 2017.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. [S. l.], 15 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA** No **357**, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017. PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017. [S. l.], 28 set. 2017.

CARDOSO, Manuelle Prado. **VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM ZONAS URBANAS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE - MG.** 2009. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, [S. l.], 2009.

CETESB -Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, SP: CETESB, 2013.

Cisterna ferro cimento: uma forma acessível, viável e ecológica de armazenamento de água. / Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural. – Francisco Beltrão: ASSESOAR, 2014. 20 p. (Coleção Tecnologias Ecológicas) V.3

CONCEICAO, Fabiano Tomazini da et al . Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual na bacia do Alto Sorocaba (SP). Quím. Nova, São Paulo , v. 34, n. 4, p. 610-616, 2011 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422011000400011&lng=en&nrm=iso>. access on 05 May 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000400011>.

COSTA, A. B., (Org.) Tecnologia Social e Políticas Públicas. Instituto Pólis; Fundação Banco do Brasil, Gapi/Unicamp, São Paulo, 2013

CRUZ, Jussara Cabral; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. **Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência** , RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 1, 13 jan. 2008.

CUNHA, Amanda de Cássia da. Estudo de autodepuração hídrica do Ribeirão Tatu utilizando o modelo de Streeter & Phelps. 2016. 1 recurso online (74 p.). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/305582>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

CUSTÓDIO, V. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo (2014-2015). Geusp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 445-463, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

DE ALMEIDA , DEYVISON CARVALHO. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO. 2016. Dissertação (Mestre em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável) - Universidade de Pernambuco - UPE, [S. I.], 2016.

DE LUNA, Ysa Helena Diniz Morais et al. QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA EM JOÃO PESSOA: ESTUDO COMPARATIVO COM DIVERSOS PADRÕES DE QUALIDADE CONFORME OS USOS PRETENDIDOS PARA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, [S.I.], v. 2, n. 1, p. 53-68, ago. 2014. ISSN 2317-563X. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/8792>>. Acesso em: 05 Mai. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.17565/gesta.v2i1.8792>.

EMBRAPA, Implantação de Cisterna Calçadão em Área de Quintal Produtivo. Implantação de cisterna calçadão em área de quintal produtivo. [S.

ESPÍRITO SANTO. Lei nº 10923, de 14 de novembro de 2018. Vitória.

ESTADO DO PARANÁ. Lei nº 18730, de 28 de março de 2016. Lei Nº 18730 DE 28/03/2016. [S. I.], 28 mar. 2016.

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://files.meio-ambiente-if-sudeste.webnode.com/20000006528812297b0/%C3%A1gua%20da%20chuva.pdf>>, acesso em abril de 2021;

FERREIRA, César Argentieri; MORUZZI, Rodrigo Braga. Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis. Encontro nacional, v. 4, 2007.

FIA, Ronaldo et al. Análise Qualitativa de Poluentes na Água das Chuvas em Lavras - MG. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [s. l.], 18 mar. 2013.

FILHO, Fernando Candido da Mota; CARVALHO, Marcos Campos de; GONÇALVES, José Roberto Moreira Ribeiro. ANÁLISE DE ORÇAMENTAÇÃO SOBRE O REUSO DA ÁGUA DA CHUVA. **Projectus**, [s. l.], v. 2, ed. 4, 8 abr. 2019.

FILIPPIN , Natalia; HISING, Ederson. Crise hídrica: Medidas adotadas em Curitiba e região impedem colapso, mas esbarram em obra inacabada e falta de chuva. **Notícia** , G1.globo.com/pr, p. 1-1, 22 abr. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2021/04/22/crise-hidrica-medidas-adotadas-em-curitiba-e-regiao-impedem-colapso-mas-esbarram-em-obra-inacabada-e-falta-de-chuvas.ghtml>. Acesso em: 27 abr. 2021

FRANÇA, Francisco Mavignier Cavalcante F et al. CISTERNA DE PLACAS: CONSTRUÇÃO, USO E CONSERVAÇÃO. vol 2. ed. [S. l.: s. n.], 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29532/1/Cartilha-vol-2-Cisterna-de-placas.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2021

GNADLINGER, João. ÁGUA DE CHUVA NO MANEJO INTEGRADO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM LOCALIDADES SEMIÁRIDAS: ASPECTOS HISTÓRICOS, BIOFÍSICOS, TÉCNICOS, ECONÔMICOS E SOCIOPOLÍTICOS. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: https://irpaa.org/fotos/file/gnadlinger_captacao_chuva_compressed.pdf. Acesso em: 15 mar. 2021.

GNADLINGER, João. Apresentação Técnica de Diferentes tipos de Cisternas Construídas em Comunidades Rurais no Semi-árido Brasileiro. In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Campina Grande, 1999.

GNADLINGER, João. Colheita de Água de Chuva em Áreas Rurais. A captação de água de chuva, [s. l.], 16 mar. 2000.

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo et al. A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.1 –Jan/Mar 2014, 7-16, [s. l.], 26 set. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/LeoHeller/publication/261712164_A_Captacao_

de_Agua_de_Chuva_no_Brasil_Novos_Aportes_a_Partir_de_um_Olhar_Internacional/links/00b7d5353d1de32f08000000/A-Captacao-de-Agua-de-Chuva-no-Brasil-Novos-Aportes-a-Partir-de-um-Olhar-Internacional.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

Gonçalves, R.G.G. - Hortas urbanas. Estudo de caso de Lisboa. Lisboa: ISA, 2014, 130 p.

GOUVEA, Carlos alberto klimeck; RADAVELLI, Ana Carolina Melo Alves Radavelli; HURTADO, Ana Lucia Berretta. VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE CISTERNAS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA - CASO JOINVILLE. **Artigo**, XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 4 out. 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS. Lei nº 17.128, de 18 de agosto de 2010. LEI Nº 17.128, DE 18 DE AGOSTO DE 2010. [S. l.], 18 ago. 2010.

GUIMARÃES, Bruno Vinícius Castro et al. CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS E POTÁVEIS. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2015, [s. l.], 1 jun. 2015. Disponível em:<
<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/Captacao%20e%20Aproveitamento.pdf>> , acesso em: 01 de março de 2021.

Henriques Rezende, Jozrael; Tecedor, Natália. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 1552 Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 12, núm. 6, novembro-diciembre, 2017, pp. 1040-1053 Universidade de Taubaté Taubaté, Brasil;

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Município de Jóia – RS. Rio Grande do Sul: IBGE, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – **INMET**. Dados Históricos de Precipitação mensal (1996/2021). Cruz Alta - RS, 2021.

IRGA. Instituto Riograndense de Arroz. Médias Climatológicas - Jóia-RS. Porto Alegre - RS. 2021

Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água. aspectos do sistema e método prático de manejo | Waldir Aparecido Marouelli . Washington Luiz de Carvalho e Silva. Henoque Ribeiro da Silva. - 2 ed. rev. atual. ampl. - Brasília. DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2008. 150 p.

KUCHINSKI, Vinicius; GASTALDINI, Maria do Carmo Cauduro. Viabilidade técnica e econômica do aproveitamento das águas de chuva e cinza para consumo não potável em edifício residencial de Santa Maria (RS). **Artigo Técnico**, DOI: 10.4322/dae.2016.031, 20 jul. 2016.

l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1090472/implantacao-de-cisterna-calcadiao-em-area-de-quintal-produtivo>. Acesso em: 2 maio 2021.

LEAL, Adriana Karla Tavares Batista Nunes *et al.* As Variedades de Cisternas de Placa Utilizadas no Semiárido (The variety of tanks of plate used in the semiarid). Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 1268-1281, ago. 2016. ISSN 1984-2295. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233656>>. Acesso em: 05 maio 2021. doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.4.p1268-1281>.

LEITE, Maurício Augusto *et al.* ANÁLISE DE PARÂMETROS DE ÁGUA DE CHUVA PARA IRRIGAÇÃO. IV WINOTEC – Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, Fortaleza (CE) 28 a 31 de maio de 2012., [s. l.], 28 maio 2012. Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/winotec2012/Mauricio/inovagri_meeting_leite_agua.pdf. Acesso em: 18 abr. 2021.

LIMA, Ana Paula Souza; STEFFEN, Patrícia Cristina. **Comparação entre métodos de dimensionamento de cisternas para aproveitamento de águas pluviais.** 2018. TFG (Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE PARANAENSE, CAMPUS DE TOLEDO/PR, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://tcc.unipar.br/>. Acesso em: 1 set. 2021.

LOPES, Paulo Roberto Coelho *et al.* CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL. Embrapa Semiárido., [s. l.], 27 ago. 2002. Disponível em: http://www.cpatas.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB420.pdf. Acesso em: 1 abr. 2021.

MACINTYRE, A. J. Instalações hidráulicas prediais e industriais. 3. Ed. LTC, 1996.

MANO, Rafael Simões. A CAPTAÇÃO RESIDENCIAL DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM PORTO ALEGRE: ASPECTOS BÁSICOS DA VIABILIDADE E BENEFÍCIOS DO SISTEMA. 2004. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2004.

Marouelli, Waldir Aparecido. Manejo da irrigação em hortaliças / Waldir Aparecido Marouelli, Washington Luiz de Carva Iho e Silva, Henoque Ribeiro da Silva; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças - 5.ed., rev. ampl. - Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 72p. ISBN 85-85007-27-3.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não-potável em edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, SP, 2004.

Mendonça, T. P., Petreca, W. L., & de Souza, A. D. G. (2020). AUTODEPURAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS: ESTUDO DO LANÇAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NO RIO LAMBARI (POÇOS DE CALDAS/MG). *Geoambiente On-Line*, (36), 85–103. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.vi36.55985>

MORAIS, JERÔNIMO WALLAGE ARAÚJO. VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA NO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO DO AMAZONAS. 2017. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, [S. l.], 2017.

MUNICÍPIO DE JÓIA. **LEI nº 1156, de 21 de dezembro de 2001**. LEI MUNICIPAL. [S. l.], 21 dez. 2001.

NAKADA, Liane Yuri Kondo; MORUZZI, Rodrigo Braga. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Artigo Técnico**, Eng Sanit Ambient, ano 2014, v. 19, n. 1, p. 1-9, 23 ago. 2013.

OHNUMA JR, Alfredo Akira *et al.* A INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA CAPTAÇÃO DIRETA, DESCARTE INICIAL E RESERVAÇÃO. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 1, [s. l.], 17 nov. 2013. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=155&SUMARIO=3190>. Acesso em: 29 abr. 2021.

OLIVEIRA, F. M. B. de. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no campus da Universidade Federal de Ouro Preto Ouro Preto, Minas Gerais. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

Olivo, A. de M., & Ishiki, H. M. (2015). BRASIL FRENTE À ESCASSEZ DE ÁGUA. *Colloquium Humanarum*. ISSN: 1809-8207, 11(3), 41–48. Recuperado de <https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206>

PEREIRA, Lucio Alberto et al. AVALIAÇÃO DE TRATAMENTO SIMPLIFICADO DA ÁGUA DE CISTERNA: DESINFECÇÃO SOLAR (SODIS) PARA CONSUMO HUMANO. 9º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva 2, [s. l.], 8 fev. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107132/1/Lucio.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2021.

Pinto, pedro Huberto Ferreira. CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E EXPERIMENTAIS PARA CONTROLO DAS PERDAS DE ÁGUA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO, O caso do Concelho de Valongo. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia. Porto, Portugal, 2011.

POPOV, DANIEL. Você sabe quais são os municípios que mais produzem soja no Sul do país?. **Canalrural**, [S. l.], p. 1-1, 5 jan. 2020. Disponível em:

<https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/noticia/municipios-que-mais-produzem-soja-no-sul-do-pais/>. Acesso em: 1 set. 2021.

POZZEBON, Pedro Henrique Burger. VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DE CHUVA E CINZAS PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL NA CIDADE DE SANTAMARIA/RS. 2013. Dissertação (Mestre Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, [S. l.], 2013.

QUEIROZ, Daniel Pessanha De et al.. Tipos de cisternas utilizadas para o armazenamento da água na região do semiárido. Anais II CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <<http://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33890>>. Acesso em: 05/05/2021

RAINWATER HARVESTING SYSTEM: DIN 1989-1:2001-10. [S. l.: s. n.], 1989.

RAMALHO, André Mendes; GOMES, Leandro; RIGHETTO, Ricardo. CISTERNA DE BAIXO CUSTO PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA COM PRÉ-FILTRAGEM E SEPARAÇÃO DE PRIMEIRAS ÁGUAS. **REVISTA CIÊNCIAS DO AMBIENTE ON-LINE**, [s. l.], v. 7, ed. 2, 1 jul. 2011. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/297>. Acesso em: 1 set. 2021.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 9.164, de 29 de dezembro de 2020. Lei Estadual Nº 9.164. [S. l.], 29 dez. 2020.

RUPP, Ricardo Formagiarini; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Eneidir. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Artigos • Ambient.**, <https://www.scielo.br/>, 4 dez. 2011. DOI <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400005>. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400005>. Acesso em: 1 set. 2021.

RUZ, Mariliza Medeiros da *et al.* ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE CISTERNAS NAS ZONAS PLUVIAIS HOMOGÊNEAS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS 26 de novembro a 01 de dezembro de 2017 Florianópolis- SC, 1 dez. 2017.

SAEIDIAN, Amin. Ab-anbar, sustainable traditional water supply system in hot arid regions, remarkable example of Iranian vernacular architecture. *Sustainable Architecture*, [S. l.], p. 1-7, 20 mar. 2013. Disponível em: [https://www.elixirpublishers.com/articles/1363859589_56A%20\(2013\)%2013584-13590.pdf](https://www.elixirpublishers.com/articles/1363859589_56A%20(2013)%2013584-13590.pdf). Acesso em: 5 mar. 2021.

SANTANA, Vitor Leal; ARSKY, Igor da Costa; SOARES, Carlos Cleber Sousa. Democratização do acesso à água e desenvolvimento local: a experiência do

Programa Cisternas no semiárido brasileiro. **Code 2011 - Anais do Primeiro Circuito de Debates Acadêmicos**, IPEA 47, 23 nov. 2011.

SANTOS, Otávio Nunes dos. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA DO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS/SC**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2018.

SARMENTO, Maria Iza de Arruda *et al.* Captação e aproveitamento de água da chuva em residências rurais no Município de Nazarezinho – Paraíba. **Sousa – PB - Brasi**, Rev. de Agroec. no Semiárido, v. 1, n. 1, p. 24-24, 22 jun. 2017.

SEGOVIA, J. F. O.; LOPES FILHO, R. P. Irrigação de hortaliças no Estado do Amapá. Macapá: Embrapa Amapá, 2004. 12 p. (Embrapa Amapá. Circular técnica, 33).

SEMA-RS – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – RS. Bacias hidrográficas Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2021.

SILVA, Anne Rosse; BORJA, Patrícia Campos. USO DE CISTERNAS PARA ABASTECIMENTO HUMANO POR MEIO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA: A EXPERIÊNCIA DO BRASIL NOS ÚLTIMOS ANOS. **Revista Aidis**, [s. l.], v. 10, ed. 3, p. 270-284, 6 dez. 2017.

SILVA, Anne Rosse; BORJA, Patrícia Campos. V-152 - APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO BRASIL: AVANÇOS E LIMITAÇÕES DOS ASPECTOS LEGAIS. Congresso abes fenasan 2017, [s. l.], 31 mar. 2017. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/08/agua-chuva-brasil-avancos-limitacoes.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2021.

Soares, DR, Melo Neto, OM, Silva, GCB & Aragão, R (2020). Estimation of the waterproofing degree of urban basins in the city of Campina Grande. *Research, Society and Development*, 9(7): 1-18, e479974377

SOUZA, Renata Lea. ANÁLISE COMPARATIVA DOS METODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: estudo de caso Hospital Federal do Andaraí/RJ. 2015. Dissertação (Engenharia Urbana) - Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, [S. l.], 2015. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1520.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2021.

Targino Dutra, C. K., & Rozendo, C. (2020). A FORMAÇÃO DA ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO E DO PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS NO MUNICÍPIO DE APODI - RN. *Ciência E Sustentabilidade*, 5(2), 9-38. <https://doi.org/10.33809/2447-4606.5220199-38>

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente*

Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

TEIXEIRA, Celimar Azambuja *et al.* Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalmeccânica na região metropolitana de Curitiba PR. **Gest. Prod**, <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1655-14>, ano 2016, v. 23, ed. 3, p. 638-648, 1 jul. 2016.

Texto para Discussão TD - n. 69 (2020) - . - Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2020. n. 69, junho, 29,7 cm

Tomaz, Plínio . CRONOLOGIA DA ÁGUA DE GUARULHOS até 1996. Plinio Tomaz, 2006. Livro eletrônico

Tomaz, Plínio. APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA. Plinio Tomaz, 2010. Livro eletrônico

Tomaz, Plínio. ÁGUA: PAGUE MENOS. Plinio Tomaz, 2014. Livro eletrônico.

Tucci, C. 2000. (org.) Hidrologia – ciência e aplicação. Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre.

TUCCI, C.E.M., Org., Hidrologia: Ciência e Aplicação, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 4, Editora da Universidade/Edusp/ABRH, Porto Alegre, 1993

UNEP — United Nations Environment Programme. Rainwater harvesting: a lifeline for human wellbeing. A report prepared for UNEP by Stockholm Environment Institute. 69 p., 2009. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7762> Acesso em 01 de março de 2021.

URBANO, Edison. Como fazer um filtro para cisterna. **Www.blogtorchtools.com.br**, [S. l.], p. 1-1, 27 fev. 2015. Disponível em: <https://www.blogtorchtools.com.br/como-fazer-filtro-para-cisterna/>. Acesso em: 10 jul. 2021.

VELOSO, Nircele da Silva Leal; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues. ASPECTOS LEGAIS DO USO DA ÁGUA DA CHUVA NO BRASIL E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: NOTAS TEÓRICAS. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, [s. l.], 17 nov. 2013. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/396120966aefb40c59f4e996f5ed0433_3b1c5da668bad982e566128b1558fa2d.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

VOLKSWAGEN , Brasil. No Dia Mundial da Água, Volkswagen do Brasil reduzem 28% o consumo de água. Newsroom / News / No Dia Mundial da Água, Volkswagen do Brasil reduz em 28% o consumo de água, [S. l.], p. 1-1, 23 mar. 2018. Disponível em: <https://www.vwnews.com.br/news/49#>. Acesso em: 6 abr. 2021.

Zanella, Luciano Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva [livro eletrônico] / Luciano Zanella. -- São Paulo : IPT - Instituto de Pesquisas

Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015. -- (Coleção IPT Publicações / coordenadores Luciano Zanella, Guilherme Mariotto, Mariana de Toledo Marchesi)

ZANELLA, Luciano. Uso de água de chuva. IPT, [S. l.], p. 1-1, 19 fev. 2015.
Disponível em: http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=892. Acesso em: 29 mar. 2021.

ZERBINATTI, O.E.; SOUZA, I.U.L.; PEREIRA, A.D.; SILVA, A.B.; REINATO, R.A.O. (2011) Qualidade da Água Proveniente da Chuva Coletada em diferentes Tipos de Telhados. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 19-37.

APÊNDICE A – Análises externas – 1º lote



UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
Reconhecida pela Portaria Ministerial n.º 497 de 28/06/85 – D.O.U 01/07/85, Regionalizada pelas Portarias
Ministeriais n.º 1626 de 10/11/93 – D.O.U. 11/11/93 e n.º 818 de 27/05/94 – D.O.U. 30/05/94

Registro CRQ 5ª Região 4.022

R 002 - Relatório de Ensaio

Nº 0854/21

Solicitante: Eleessandro de O. Carneiro
Endereço: Rua Barcelus, nº102 – Joia/RS

Dados Gerais:
Identificação da Amostra: 0854 – Água de Abastecimento
Ponto de Amostragem: Água de Cisterna – não potável – Bruta
Responsável pela Amostragem: não informado
Data e Hora da Amostragem: 31/08/2021 08:00
Data e Hora do Recebimento no Laboratório: 31/08/2021 10:40
Temperatura da amostra no recebimento: 11,1°C
Período de Realização dos Ensaios: 31/08/2021 a 02/09/2021
Condições Ambientais da Amostragem: Ausência de chuva na coleta. Sete (7) dias anteriores à coleta presença de chuva.
Data Emissão do Relatório: 23/9/2021
Tipo de Análise: Físico Química/Microbiológica

PARÂMETRO	UNIDADE	RESULTADO	MÉTODO	**Valor de Referência	LQ/faixa
Alcalinidade Total	mg/L	44,18	Standard Methods 2320 B	-	4,63
Sólidos Totais	mg/L	71,50	Standard Methods 2540 B	-	5,00
Coliformes Termotolerantes*	NMP/100mL	5,10	Standard Methods 9221 E	-	1,80
Escherichia Coli*	-	Presente/100mL	Standard Methods 9223 B	Ausência/100mL	Ausente ou Presente

* Parâmetro(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica RS pela Norma NBR ISO IEC 17025.

Metodologia: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 23rd.

A amostragem foi realizada pelo Cliente, o qual foi orientado pela Central Analítica segundo o procedimento PQ 7.3 Anexo III – Instruções para coleta de Águas Nobres – (Revisão 3)

** Valores de referência, Portaria GM/MS N° 888, do Ministério da Saúde, publicada no D.O.U dia 04/05/2021.

Legenda:

ND: Não Detectado L.Q: Limite de Quantificação VMP: Valor Máximo Permitido UFC: Unidade Formadora de Colônia < Menor > Maior

P.P: Plaqueamento em Profundidade NMP: Número Mais Provável.

PQ 7.3: Procedimento do Sistema de Gestão da Qualidade - Amostragem.

Ivanice Wichinheski Marquesin
CRQ 5ª Região Nº 05101812

VIGILÂNCIA SANITÁRIA - 17ª CRS - IUJUI
Nro.CEVs: 431020788-712-000001-1-6

LABORATÓRIO RECONHECIDO
SEGUNDO A NORMA
ABNT NBR ISO/IEC 17025

Revisão: 0

Última Atualização: 07/05/2021.

Os resultados contidos neste relatório têm significância restrita a amostra analisada, só podendo ser reproduzido na íntegra e com autorização formal.

CAMPUS IUJUI - Rua do Comércio, 3000 - Caixa Postal 560 CEP 98700-000 Fone:0xx (55) 3332 0442 E-mail: centralanalitica@unijui.edu.br FIDENE - Fundação de Integração, Desenvolvimento e Educação do Noroeste do Estado - MANTENEDORA

Página 1 de 1.



UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
Reconhecida pela Portaria Ministerial n.º 497 de 28/06/85 – D.O.U 01/07/85, Regionalizada pelas Portarias
Ministeriais n.º 1626 de 10/11/93 – D.O.U. 11/11/93 e n.º 818 de 27/05/94 – D.O.U. 30/05/94

Registro CRQ 5ª Região 4.022

R 002 - Relatório de Ensaio

Nº 0855/21

Solicitante: Elessandro de O. Carneiro
Endereço: Rua Barcelus, nº102 – Joia/RS

Dados Gerais:

Identificação da Amostra: 0855 – Água de Abastecimento
Ponto de Amostragem: Água de Cisterna – não potável – com cloro
Responsável pela Amostragem: não informado
Data e Hora da Amostragem: 31/08/2021 08:00
Data e Hora do Recebimento no Laboratório: 31/08/2021 10:40
Temperatura da amostra no recebimento: 11,1°C
Período de Realização dos Ensaios: 31/08/2021 a 02/09/2021
Condições Ambientais da Amostragem: Ausência de chuva na coleta. Sete (7) dias anteriores à coleta presença de chuva.
Data Emissão do Relatório: 23/9/2021
Tipo de Análise: Físico Química/Microbiológica

PARÂMETRO	UNIDADE	RESULTADO	MÉTODO	**Valor de Referência	LQ/faixa
Alcalinidade Total	mg/L	26,05	Standard Methods 2320 B	-	4,63
Sólidos Totais	mg/L	48,50	Standard Methods 2540 B	-	5,00
Coliformes Termotolerantes*	NMP/100mL	< LQ	Standard Methods 9221 E	-	1,80
Escherichia Coli*	-	Ausente/100mL	Standard Methods 9223 B	Ausência/100mL	Ausente ou Presente

* Parâmetro(s) reconhecido(s) pela Rede Metroológica RS pela Norma NBR ISO IEC 17025.

Metodologia: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 23rd.

A amostragem foi realizada pelo Cliente, o qual foi orientado pela Central Analítica segundo o procedimento PQ 7.3 Anexo III – Instruções para coleta de Águas Nobres – (Revisão 3)

** Valores de referência, Portaria GM/MS N° 888, do Ministério da Saúde, publicada no D.O.U dia 04/05/2021.

Legenda:

ND: Não Detectado L.Q: Limite de Quantificação VMP: Valor Máximo Permitido UFC: Unidade Formadora de Colônia < Menor > Maior

P.P: Plaqueamento em Profundidade NMP: Número Mais Provável.

PQ 7.3: Procedimento do Sistema de Gestão da Qualidade - Amostragem.

Ivanice Wichinheski Marquesin
CRQ 5ª Região Nº 05101812

VIGILÂNCIA SANITÁRIA - 17ª CRS - IJUI
Nro.CEVS: 431020788-712-000001-1-6

LABORATÓRIO RECONHECIDO
SEGUNDO A NORMA
ABNT NBR ISO/IEC 17025

Revisão: 0

Última Atualização: 07/05/2021.

Os resultados contidos neste relatório têm significância restrita a amostra analisada, só podendo ser reproduzido na íntegra e com autorização formal.

APÊNDICE B – Análises externas – 2º lote



UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
Reconhecida pela Portaria Ministerial n.º 497 de 28/06/85 – D.O.U 01/07/85, Regionalizada pelas Portarias
Ministeriais n.º 1626 de 10/11/93 – D.O.U. 11/11/93 e n.º 818 de 27/05/94 – D.O.U. 30/05/94

Registro CRQ 5ª Região 4.022

R 002 - Relatório de Ensaio

Nº 0897/21

Solicitante: Elessandro de O. Carneiro
Endereço: Rua Barcelus, nº102 – Joia/RS

Dados Gerais:
Identificação da Amostra: 0897 – Água de Abastecimento
Ponto de Amostragem: Água de Cisterna – não potável – bruta
Responsável pela Amostragem: Elessandro
Data e Hora da Amostragem: 13/09/2021 08:00
Data e Hora do Recebimento no Laboratório: 13/09/2021 09:55
Temperatura da amostra no recebimento: 14,0°C
Período de Realização dos Ensaios: 13/09/2021 a 17/09/2021
Condições Ambientais da Amostragem: Ausência de chuva na coleta. Sete (7) dias anteriores à coleta presença de chuva.
Data Emissão do Relatório: 27/9/2021
Tipo de Análise: Físico Química/Microbiológica

PARÂMETRO	UNIDADE	RESULTADO	MÉTODO	**Valor de Referência	LQ/faixa
Alcalinidade Total	mg/L	26,05	Standard Methods 2320 B	-	4,63
Sólidos Totais	mg/L	45,25	Standard Methods 2540 B	-	5,00
Coliformes Termotolerantes*	NMP/100mL	12,00	Standard Methods 9221 E	-	1,80
Escherichia Coli*	-	Presente/100mL	Standard Methods 9223 B	Ausência/100mL	Ausente ou Presente

* Parâmetro(s) reconhecido(s) pela Rede Metrológica RS pela Norma NBR ISO IEC 17025.

Metodologia: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 23rd.

A amostragem foi realizada pelo Cliente, o qual foi orientado pela Central Analítica segundo o procedimento PQ 7.3 Anexo III – Instruções para coleta de Águas Nobres – (Revisão 3).

** Valores de referência, Portaria GM/MS N° 888, do Ministério da Saúde, publicada no D.O.U dia 04/05/2021.

Legenda:

ND: Não Detectado L.Q: Limite de Quantificação VMP: Valor Máximo Permitido UFC: Unidade Formadora de Colônia < Menor > Maior

P.P: Plaqueamento em Profundidade NMP: Número Mais Provável.

PQ 7.3: Procedimento do Sistema de Gestão da Qualidade - Amostragem.

Ivanice Wichinheski Marquesin
CRQ 5ª Região N° 05101812

VIGILÂNCIA SANITÁRIA - 17ª CRS - IUJUI
Nro.CEVs: 431020788-712-000001-1-6

LABORATÓRIO RECONHECIDO
SEGUNDO A NORMA
ABNT NBR ISO/IEC 17025

Revisão: 0

Última Atualização: 07/05/2021.

Os resultados contidos neste relatório têm significância restrita a amostra analisada, só podendo ser reproduzido na íntegra e com autorização formal.

CAMPUS IUJUI - Rua do Comércio, 3000 - Caixa Postal 560 CEP 98700-000 Fone: 0xx (55) 3332 0442 E-mail: centralanalitica@unijui.edu.br FIDENE - Fundação de Integração, Desenvolvimento e Educação do Noroeste do Estado - MANTENEDORA

Página 1 de 1.



UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
Reconhecida pela Portaria Ministerial n.º 497 de 28/06/85 – D.O.U 01/07/85, Regionalizada pelas Portarias
Ministeriais n.º 1626 de 10/11/93 – D.O.U. 11/11/93 e n.º 818 de 27/05/94 – D.O.U. 30/05/94

Registro CRQ 5ª Região 4.022

R 002 - Relatório de Ensaio

Nº 0898/21

Solicitante: Elessandro de O. Carneiro
Endereço: Rua Barcelus, n°102 – Joia/RS
Dados Gerais:
Identificação da Amostra: 0898 – Água de Abastecimento
Ponto de Amostragem: Água de Cisterna – não potável – com Cloro
Responsável pela Amostragem: Elessandro
Data e Hora da Amostragem: 13/09/2021 08:00
Data e Hora do Recebimento no Laboratório: 13/09/2021 09:55
Temperatura da amostra no recebimento: 14,2°C
Período de Realização dos Ensaios: 13/09/2021 a 17/09/2021
Condições Ambientais da Amostragem: Ausência de chuva na coleta. Sete (7) dias anteriores à coleta presença de chuva.
Data Emissão do Relatório: 27/9/2021
Tipo de Análise: Físico Química/Microbiológica

PARÂMETRO	UNIDADE	RESULTADO	MÉTODO	**Valor de Referência	LQ/faixa
Alcalinidade Total	mg/L	24,92	Standard Methods 2320 B	-	4,63
Sólidos Totais	mg/L	65,00	Standard Methods 2540 B	-	5,00
Coliformes Termotolerantes*	NMP/100mL	< LQ	Standard Methods 9221 E	-	1,80
Escherichia Coli*	-	Ausente/100mL	Standard Methods 9223 B	Ausência/100mL	Ausente ou Presente

* Parâmetro(s) reconhecido(s) pela Rede Metroológica RS pela Norma NBR ISO IEC 17025.

Metodologia: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 23rd.

A amostragem foi realizada pelo Cliente, o qual foi orientado pela Central Analítica segundo o procedimento PQ 7.3 Anexo III – Instruções para coleta de Águas Nobres – (Revisão 3)

** Valores de referência, Portaria GM/MS N° 888, do Ministério da Saúde, publicada no D.O.U dia 04/05/2021.

Legenda:

ND: Não Detectado L.Q: Limite de Quantificação VMP: Valor Máximo Permitido UFC: Unidade Formadora de Colônia < Menor > Maior

P.P: Plaqueamento em Profundidade NMP: Número Mais Provável.

PQ 7.3: Procedimento do Sistema de Gestão da Qualidade - Amostragem.

Ivanice Wichinheski Marquesin
CRQ 5ª Região N° 05101812

VIGILÂNCIA SANITÁRIA - 17ª CRS - IUJUI
Nro.CEVS: 431020788-712-000001-1-6

LABORATÓRIO RECONHECIDO
SEGUNDO A NORMA
ABNT NBR ISO/IEC 17025

Revisão: 0

Última Atualização: 07/05/2021.

Os resultados contidos neste relatório têm significância restrita a amostra analisada, só podendo ser reproduzido na íntegra e com autorização formal.

CAMPUS IUJUI - Rua do Comércio, 3000 - Caixa Postal 560 CEP 98700-000 Fone:0xx (55) 3332 0442 E-mail: centralanalitica@unijui.edu.br FIDENE - Fundação de Integração, Desenvolvimento e Educação do Noroeste do Estado - MANTENEDORA

Página 1 de 1.