



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANDRÉ VICTOR DE SOUZA GUEDES

**OS INSTRUMENTOS LEGAIS E AS TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFICAÇÕES: UMA REVISÃO
DE LITERATURA**

JOÃO PESSOA

2023

ANDRÉ VICTOR DE SOUZA GUEDES

**OS INSTRUMENTOS LEGAIS E AS TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFICAÇÕES: UMA REVISÃO
DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal da Paraíba, como parte dos
requisitos obrigatórios para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde
Junior

JOÃO PESSOA

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G924i Guedes, Andre Victor de Souza.

Os instrumentos legais e as tecnologias utilizadas
no aproveitamento de águas pluviais em edificações: uma
revisão de literatura / Andre Victor de Souza Guedes. -
João Pessoa, 2023.

100 f. : il.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Junior.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Água de Chuva. 2. Aproveitamento. 3. Tecnologias.
4. Legislação. 5. Sustentabilidade. I. Athayde Junior,
Gilson Barbosa. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

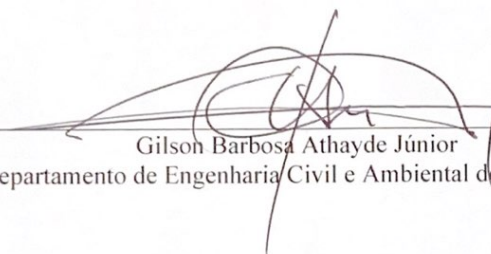
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

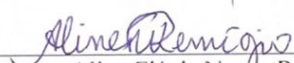
ANDRÉ VICTOR DE SOUZA GUEDES

OS INSTRUMENTOS LEGAIS E AS TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFICAÇÕES: UMA REVISÃO DE LITERATURA

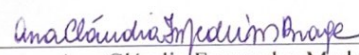
Trabalho de Conclusão de Curso em 14/06/2023 perante a seguinte Comissão Julgadora:


Gilson Barbosa Athayde Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO


Aline Flávia Nunes Remigio Antunes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO


Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO



Documento assinado digitalmente

PABLO BRILHANTE DE SOUSA

Data: 15/06/2023 15:59:13-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Pablo Brilhante de Sousa
Matrícula Siape: 1483214
Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ajudar a me manter sempre empenhado, forte, focado e disciplinado durante todo o curso, e por ter sido um amparo, me dando fé e coragem para enfrentar todos os desafios e dificuldades.

Agradeço a minha família, especialmente aos meus pais Josileide Pereira e Álvaro Guedes, por serem a base da minha vida, me apoiando em todas as escolhas e dando todo suporte necessário sempre foi preciso. Foram eles que sempre me mostraram a importância da educação. Agradeço a minha irmã, Natália Guedes, que também passou por uma graduação em Engenharia e por isso nunca deixou de me prestar muito apoio e companheirismo, sempre me orientando e compartilhando seu conhecimento.

Agradeço ao meu professor e orientador Gilson Athayde, por ter aceitado esse desafio, e ter me dado toda ajuda e incentivo necessários para que esse trabalho pudesse se tornar uma realidade.

Agradeço aos demais professores da universidade, por todos os ensinamentos que me permitiram aprender sobre a engenharia civil e sobre a vida. Em especial, as professoras Aline Flávia e Ana Claudia pela disponibilidade de prontamente compor a banca examinadora deste trabalho.

Agradeço meus amigos Abner Lins, Gabriel Rairan, Gabriel Victor, Gabriela Leite, Luana Medeiros, Lucas Melo, Paula Ramalho, Paulo Soares, Rafael Brasileiro, Raul Muniz, Sophia Maia, e Yasmin Lira e tantos outros que estiveram ao meu lado durante esses anos de curso, por todo companheirismo e apoio durante todos os momentos felizes e tristes que passamos juntos nessa caminhada.

Agradeço aos meus amigos Gabriela, Junior, Livia e Samuel. A amizade de vocês foi e sempre será um porto seguro com quem eu posso verdadeiramente contar.

Agradeço também aos amigos do estágio: Breno, Isis, Lucas e Yussef. E aos engenheiros, que não só me supervisionaram como também me repassaram muito aprendizado: Adriano, Nara, Hudney, Paulo, Phillip e Thiago.

Agradeço a Universidade Federal da Paraíba e a todos aqueles que de certa forma contribuíram na minha formação e me fizeram alcançar o título de Engenheiro Civil.

RESUMO

O aumento contínuo da demanda por água configura-se com um dos principais problemas ambientais da atualidade. Impulsionada pelo crescimento populacional, pela expansão urbana das grandes metrópoles e pela ampliação do setor industrial, esse recurso hídrico passou a ser muito mais consumido. Por conta da poluição e mal uso do solo, torna-se cada vez mais difícil encontrar mananciais com qualidade satisfatória para serem selecionados como fontes de abastecimento. Além disso, o atual modelo de fornecimento de água potável, acaba destinando-a tanto para fins necessários como consumo humano e higiene pessoal, quanto para fins menos nobres como descargas de bacias sanitárias, lavagem de roupas ou irrigação de jardins, gerando assim, um desperdício desse recurso tão essencial. Dessa forma, nos dias atuais é crescente a busca por fontes alternativas e práticas de reuso de água, e dentre elas se destaca o aproveitamento das águas pluviais. Nesse sentido, mediante uma revisão de literatura, o presente trabalho tem como um de seus objetivos apresentar detalhadamente o funcionamento típico de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, abordando todas suas etapas e processos, e principalmente, analisando as tecnologias presentes no mercado e que são passíveis de serem empregadas. Com esse propósito, foram utilizadas bases de dados bibliográficos como o Google Acadêmico e o SciELO, com o intuito de encontrar trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e artigos científicos que abordassem o tema da pesquisa. Ademais, analisou-se também a configuração atual do arcabouço legal acerca dessa temática, fazendo um levantamento das leis federais, estaduais e municipais e das normas técnicas vigentes, reunindo todas aquelas que foram sendo encontradas nos portais legislativos e em outros meios de pesquisa. Sendo assim, conforme esse estudo, constatou-se que a utilização de um sistema de aproveitamento de águas pluviais funciona como uma prática sustentável imprescindível para auxiliar na solução de problemas relacionados à escassez de recursos hídricos ou à ocorrência de enchentes urbanas. Dentre as tecnologias encontradas pode-se citar os telhados verdes, os diferentes modelos de filtros autolimpantes para materiais grosseiros, as diversas configurações para dispositivos de descarte, filtros lentos com material filtrante granular, aparelhos com diferentes mecanismos de cloração (clorador flutuante, clorador de pastilhas e bombas dosadoras de cloro), reatores de radiação ultravioleta, geradores de ozônio e cisternas modulares. Contudo, ainda é preciso que a legislação acerca desse assunto seja mais ampliada e que o conhecimento a respeito dessa técnica seja mais disseminado. Para isso, é necessário que se invista em mais leis e normas específicas e também em programas que voltados para conscientização ambiental.

Palavras-chaves: Água de Chuva; Aproveitamento; Tecnologias; Legislação; Sustentabilidade;

ABSTRACT

The continuous increase in the demand for water is one of the main environmental problems today. Stimulated by population growth, the urban expansion of large cities and the industrial sector enlargement, this water resource has become much more consumed. Due to pollution and poor soil use, it becomes increasingly difficult to find sources with satisfactory quality to be selected as supply. Moreover, the current model of potable water supplying allocates it for necessary purposes such as human consumption and personal hygiene, and for less noble purposes such as flushing toilets, washing clothes or irrigating gardens, thus generating waste of this essential resource. Therefore, nowadays the search for alternative sources and water reuse practices is increasing, and among them, the reuse of rainwater stands out. In this sense, through a literature review, the present work has as one of its objectives to present in detail the typical operation of a rainwater reuse system, discussing about its stages and processes, and mainly analyzing the technologies present in the market, most likely to be used. For this purpose, bibliographic databases such as Google Scholar and SciELO were used in order to find final papers, dissertations, theses and scientific articles about the research topic. Furthermore, the current configuration of the legal framework on this subject was also analyzed, making a survey of the current federal, state and municipal laws and technical standards, putting together all those that were found in legislative portals and in other means of research. Thus, according to this study, it was found that the use of a rainwater reuse system works as an essential sustainable practice to help solving problems related to the water scarcity or the urban floods occurrence. Among the technologies found, we can mention the green roofs, different models of self-cleaning filters for coarse materials, different configurations for first flush devices, slow filters with granular filtering material, devices with different chlorination mechanisms (floating chlorinator, tablet chlorinator and chlorine dosing pumps), ultraviolet radiation reactors, ozone generators and modular cisterns. However, it is important that the legislation on this subject be further expanded and that knowledge about this technique be more disseminated. For this, it is necessary to invest in more specific laws and regulations, as well as in programs towards the raising environmental awareness.

Keywords: Rainwater; Reuse; Technologies; Legislation; Sustainability;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de sistema de aproveitamento de água de chuva.....	41
Figura 2 – Área de captação da quadra de tênis.....	43
Figura 3 – Cisternas e filtros do sistema.....	43
Figura 4 – Exemplos de área de captação.....	44
Figura 5 – Telhados verdes extensivo e intensivo.....	46
Figura 6 – Camadas do telhado verde.....	46
Figura 7 – Calha protegida com tela.....	50
Figura 8 – Ralo hemisférico.....	50
Figura 9 – Caixa separadora de folhas.....	51
Figura 10 – Filtro autolimpante modelo VF1.....	51
Figura 11 – Filtro autolimpante modelo Compacto 3P.....	52
Figura 12 – Filtro autolimpante modelo Rainus.....	52
Figura 13 – Filtro com peneiras de nylon.....	53
Figura 14 – Esquema de funcionamento do filtro de baixo custo.....	53
Figura 15 – Versões do filtro em diferentes tamanhos.....	54
Figura 16 – Dispositivo de descarte pelo princípio do fechamento hídrico.....	56
Figura 17 – Outra configuração de dispositivo de descarte por fechamento hídrico.....	56
Figura 18 – Modelo de dispositivo de descarte da TWDB.....	57
Figura 19 – Modelo de dispositivo de descarte da <i>Rain Harvesting</i>	57
Figura 20 – Modelo de dispositivo de descarte com torneia boia.....	58
Figura 21 – Modelo de dispositivo de descarte com esfera flutuante.....	58
Figura 22 – Modelo de dispositivo de descarte da CEPFS.....	59
Figura 23 – Esquema de funcionamento do dispositivo de descarte da CEPFS.....	59
Figura 24 – Modelo experimental de dispositivo de descarte.....	60
Figura 25 – Dispositivo de descarte DESVIUFPE.....	61
Figura 26 – Equipamento “Chove Chuva”.....	63
Figura 27 – Exemplo de vista interna de um filtro granular.....	64
Figura 28 – Filtro lento de polipropileno.....	66

Figura 29 – Estrutura de um filtro lento domiciliar.....	68
Figura 30 – Esquema de montagem do FLD de PVC.....	68
Figura 31 – Exemplo de montagem de filtros em regime intermitente e contínuo.....	69
Figura 32 – Clorador flutuante.....	72
Figura 33 – Exemplos de cloradores de pastilhas.....	73
Figura 34 – Bomba dosadora de cloro.....	73
Figura 35 – Modelo de reator ultravioleta para desinfecção de água.....	74
Figura 36 – Modelo de reator ultravioleta em aço inox.....	75
Figura 37 – Sistema com reator UV com câmara de aço inox.....	77
Figura 38 – Reator UV utilizando caixa de gordura cilíndrica de PVC.....	78
Figura 39 – Esquema adaptado de tratamento de água de chuva com gerador de ozônio.....	79
Figura 40 – Gerador de ozônio “Aquapura”.....	80
Figura 41 – Formas de exposição das garrafas do SODIS.....	82
Figura 42 – Exemplos de concepções com reservatório inferior e superior.....	85
Figura 43 – Exemplo de modelo de freio d’água.....	86
Figura 44 – Exemplo de conjunto flutuando de sucção.....	86
Figura 45 – Exemplo de sifão extravasador.....	86
Figura 46 – Cisternas verticais modulares.....	88
Figura 47 – Filtro multifuncional.....	88
Figura 48 – Skid de tratamento de água pluvial.....	89

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Quantidade de leis estaduais criadas em cada ano (2000-2022).....28

Gráfico 2 – Quantidade de leis municipais criadas em cada ano (2000-2022).....39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios de coeficiente de Runoff para alguns materiais.....	45
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ementas das leis estaduais da região Nordeste.....	21
Quadro 2 – Ementas das leis estaduais da região Norte.....	23
Quadro 3 – Ementas das leis estaduais da região Centro-Oeste.....	25
Quadro 4 – Ementas das leis estaduais da região Sudeste.....	26
Quadro 5 – Ementas das leis estaduais da região Sul.....	28
Quadro 6 – Ementas das leis do primeiro grupo.....	29
Quadro 7 – Ementas das leis do segundo grupo.....	31
Quadro 8 – Ementas das leis do terceiro grupo.....	33
Quadro 9 – Ementas das leis do quarto grupo.....	35
Quadro 10 – Ementas das leis do quinto grupo.....	35
Quadro 11 – Ementas das leis do sexto grupo.....	36
Quadro 12 – Ementas das leis do sétimo grupo.....	38

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

ASA - Articulação do Semiárido Brasileiro

CEPFS - Centro de Educação Popular e Formação Social

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO- Demanda Química de Oxigênio

E. coli - *Escherichia coli*

FLD - Filtro Lento Domiciliar

IGRA - *International Green Roof Association*

IMTA - Instituto Mexicano de Tecnologia de Água

MPOG - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

O3 - Ozônio

P1MC - Programa 1 Milhão de Cisternas

PET - Polímero termoplástico

pH - Potencial (ou potência) hidrogeniônico

PURAE - Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações

PVC - Policloreto de vinila

SCIELO - *Scientific Electronic Library Online*

SODIS - *Solar Water Disinfection*

THM - trihalometanos

TWDB - *Texas Water Development Board*

USEPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

USP - Universidade de São Paulo

UV - Ultravioleta

WHO - *World Health Organization*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. METODOLOGIA.....	18
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
4.1. INSTRUMENTOS LEGAIS RELACIONADOS COM O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES	19
4.1.1. Esfera Federal	19
4.1.2. Esfera Estadual	20
4.1.3. Esfera Municipal.....	29
4.1.4. Considerações Acerca do Ordenamento Legal.....	39
4.2. SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E SEUS COMPONENTES.....	40
4.2.1. Área de Captação.....	44
4.2.1.1. Telhado Verde	45
4.2.2. Calhas e Condutores	49
4.2.3. Dispositivos de Descarte dos Primeiros Milímetros de Chuva	54
4.2.4. Tratamento.....	62
4.2.4.1. Filtração.....	63
4.2.4.1.1. Filtro Lento Domiciliar	67
4.2.4.1.2. Manta Geotêxtil	70
4.2.4.2. Desinfecção	70
4.2.4.2.1. Desinfecção por Cloração	71
4.2.4.2.2. Desinfecção por Radiação Ultravioleta	74
4.2.4.2.3. Desinfecção por Ozonização	78
4.2.4.2.4. Desinfecção Solar	81
4.2.5. Reservatório de Acumulação ou Armazenamento	83
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

1. INTRODUÇÃO

O avanço do crescimento da população e da expansão do setor industrial aumentaram consideravelmente a demanda pela água que é extraída dos mananciais. Sabe-se que o ciclo hidrológico é um processo natural capaz de manter o nível desses corpos aquáticos, geralmente, estável. Entretanto, a ação humana irresponsável que provoca um desequilíbrio nesse ciclo.

O desenvolvimento urbano acelerado, e por vezes não planejado, resulta em uma degradação ambiental das fontes de água, ao contaminá-las com diversos tipos de esgoto, além de provocar enchentes pela ocupação desordenada e mau uso do solo (SIRVINKAS, 2009). Somado a isso, o monitoramento ineficiente e a falta de manutenção nas redes de abastecimento geram excessivas perdas físicas de água, contribuindo para o aumento do desperdício desse recurso (RODRIGUES, 2017).

A utilização desenfreada faz com que uma maior quantidade de regiões seja afetada pela falta de água. Mesmo em localidades como o Brasil, que concentra grandes volumes de recursos hídricos, a escassez hídrica também é uma realidade. Isso se deve a particularidades desfavoráveis como a grande variação climática, espacial e temporal das vazões e os períodos irregulares de precipitação, principalmente na região semiárida (ANA, 2012; MARINHO et al., 2015).

Estima-se ainda que em 2025, cerca de 1,8 bilhões de pessoas estarão vivendo em localidades com escassez absoluta de água, e dois terços da população passarão por uma situação de estresse hídrico (ONU, 2006). Atualmente, enfrenta-se então uma realidade global em que a oferta de água não se equipara a demanda, ampliando-se os riscos de desabastecimento e necessidade de racionar esse recurso (OLIVEIRA, 2017). Assim, a procura por fontes alternativas e formas de reuso da água já se configuram como uma tendência global, e dentre elas, destaca-se a captação e aproveitamento das águas pluviais.

Ao longo do tempo, diversas culturas e civilizações antigas em todo o mundo já se beneficiavam com a prática de coletar a água das chuvas, como os Maias, Astecas e Incas, assim como os povos que viviam na Europa e no Oriente Médio (PROSAB, 2006). Era muito comum utilizar esse recurso para dessedentação de animais, para auxiliar na agricultura e até mesmo para fins domésticos (TOMAZ, 2003). Tempos depois, essa técnica foi perdendo força e caindo em desuso devido ao avanço de tecnologias mais modernas para obtenção de água, como a construção de barragens, os processos de captação de águas subterrâneas, a irrigação encanada e a expansão das grandes redes urbanas de abastecimento (ANNECHINI, 2005).

Entretanto, em razão do atual panorama de possível esgotamento dos recursos hídricos, a coleta e o aproveitamento de águas pluviais estão voltando a ser praticados com maior frequência em todo o mundo, fazendo parte da gestão moderna de grandes metrópoles. Diversos países como Alemanha, Austrália, China, Estados Unidos e Japão, estão fortemente comprometidos em desenvolver e financiar pesquisas e novas tecnologias que fomentem o uso de fontes alternativas de água, inclusive mediante incentivos fiscais (ANNECHINI, 2005; BONA, 2020). A meta atual focaliza em promover a criação de programas de conservação que sejam baseados em medidas técnicas e também em mudanças de comportamento, utilizando ferramentas como a regulamentação de leis e educação ambiental (TOMAZ, 2003).

A implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais pode atuar diretamente em trazer soluções para problemas de caráter hídrico. Um deles consiste no uso inadequado da água potável, pois a mesma água que se utiliza para beber e na higiene pessoal, é também empregada na descarga de bacias sanitárias, na lavagem de roupas, carros e calçadas e até na irrigação de jardins (ANNECHINI, 2005). Estima-se que somente para descarga de dejetos humanos, é utilizada cerca de 30% da água que chega nos domicílios (PETERS, 2006).

Outro problema importante está relacionado com o aumento do escoamento superficial das chuvas. Isso se deu por conta da impermeabilização do solo ocasionada pela expansão dos centros urbanos, que interferiu consideravelmente no processo de infiltração da água. Dessa forma, grande parte do volume de precipitação é captado pelos sistemas de drenagem, que podem ficar sobrecarregados e causar enchentes (TUCCI, 2005). O gerenciamento inapropriado da água das chuvas também pode prejudicar os sistemas que realizam simultaneamente a coleta pluvial e de esgoto, pois aumentam substancialmente a demanda nas estações de tratamento, comprometendo assim a qualidade final do efluente tratado (VIEIRA, 2013).

Ademais, precisa-se considerar também a possibilidade de contar com a captação de água pluvial como suporte à escassez hídrica nas regiões semiáridas. Essas regiões são mais afetadas pois apresentam longos períodos de estiagem devido ao regime irregular, menores volumes de precipitação, alta temperatura e elevadas taxas de insolação (GOMES, 2017). Nesse sentido, um exemplo prático de solução foi criação do Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC), desenvolvido em 2001 pela entidade “Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA)” junto com incentivos do governo federal. Esse programa buscava capacitar mão de obra local e famílias beneficiadas para que se pudesse construir um milhão de cisternas no período de cinco anos. Essas cisternas, com capacidade para armazenar até 16 mil litros de água de chuva, foram

projetadas para serem construídas utilizando placas pré-moldadas de concreto ou argamassa armada com telas de arame galvanizado (HAGEMANN, 2009).

Um sistema de aproveitamento consiste basicamente em conduzir a água de chuva que foi coletada por uma superfície de captação (geralmente telhados), com auxílio de calhas e condutores, até um reservatório de armazenamento. Esse tipo de sistema, pode não ser muito bem aceito pelos usuários por conta dos custos associados com a instalação, operação e manutenção.

Contudo, é preciso entender que mesmo com um retorno financeiro relativamente demorado, o sistema já atua na economia de água potável, contribuindo para a conscientização ambiental (COHIM et al., 2007). Fora isso, esse tipo de sistema é instalado dentro da propriedade fornecendo água no ponto de consumo e permitindo que os próprios usuários possam operá-lo (LIMA, 2012).

Ademais, o setor industrial também apresenta condições viáveis para implementar um sistema de captação e aproveitamento de água de chuvas. As indústrias possuem enormes áreas de cobertura que podem gerar um grande volume captado, que posteriormente vem a ser utilizado em diversos processos internos que demandam grande quantidade de água. Isso implica em uma economia de recursos financeiros e hídricos, destacando também o comprometimento com a conscientização ambiental (VIEIRA, 2008). Sendo assim, empresas atuantes no cenário brasileiro como a Ford e a Tecksid, já estão adotando esse tipo de sistema em suas instalações (ZERBINATTI et al., 2011).

Considera-se ainda as edificações do setor público, sendo estruturas de grande escala que consomem muita água advindo do abastecimento, principalmente nos usos em banheiros e atividades de limpeza, e que por isso, poderiam utilizar a água das chuvas para atender a essas demandas (BONA, 2020).

No âmbito jurídico, a temática do aproveitamento de água de chuvas ainda não foi abordada por uma legislação federal que de fato regulamente e estabeleça diretrizes e programas nacionais voltados para essa prática. Sendo assim, existe uma carência de normativas e orientações legais que versem especificamente sobre o assunto de maneira técnica, ou seja, que abordem detalhadamente aspectos como o funcionamento geral do sistema (incluindo operação e manutenção), as tecnologias e aparelhos a serem utilizados, o controle e monitoramento de padrões de qualidade ou até mesmo os processos de tratamento que possam ser necessários. Mediante esses recursos, ficaria possível de garantir que o desenvolvimento desse tipo de

sistema seria feito de maneira mais segura e eficiente, configurando-o como uma fonte alternativa de abastecimento hídrico (WAGNER, 2015; RODRIGUES, 2017).

É importante frisar ainda que existem leis estaduais e municipais que tratam do assunto, prevendo, por exemplo, apenas a obrigatoriedade de utilização da prática de coleta e aproveitamento de águas pluviais em diversos tipos de situações. Sendo que, no entanto, acabam não orientando quais portarias, normas ou resoluções podem ser seguidas, a fim de se obter orientações técnicas ou diretrizes para implementação de um sistema de aproveitamento.

Nesse contexto, o presente trabalho tem o intuito de apresentar, mediante uma revisão de literatura, os aspectos funcionais de um sistema de aproveitamento e captação de água de chuva, abordando seus processos e tecnologias empregadas, além de buscar por instrumentos legais que estejam vigentes no ordenamento jurídico nacional, estadual e municipal. Dessa forma, pretende-se entender o funcionamento dessa alternativa sustentável e de que maneira é possível implementá-la.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo avaliar os instrumentos legais, o funcionamento e as tecnologias passíveis de serem utilizadas na implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em edificações por meio de uma revisão de literatura.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com o intuito de se alcançar o objetivo geral, pretende-se nesse trabalho:

- Realizar um levantamento comparativo do arcabouço legal, reunindo todas as leis e normas que abordem a temática do trabalho, encontradas tanto na esfera federal, como na estadual e na municipal;
- Apresentar detalhadamente um sistema de aproveitamento de águas pluviais em edificações, explicando suas etapas e os processos relacionados ao seu funcionamento típico;
- Analisar as tecnologias atualmente existentes no mercado, observando em qual das etapas do sistema de aproveitamento podem ser inseridas.

3. METODOLOGIA

Esse trabalho foi realizado por meio de uma revisão de literatura que buscou discorrer de forma teórica e descritiva sobre o sistema de aproveitamento de água de chuvas em edificações, não apenas abordando as etapas de seu funcionamento típico e as tecnologias empregadas no processo, mas também analisando a configuração atual do arcabouço legal, mediante um levantamento comparativo que reuniu as leis federais, estaduais e municipais e as normas técnicas que abordassem o tema.

Para realizar esse levantamento, foi necessário acessar os portais legislativos dos estados e capitais, e pesquisar por leis que trouxessem em seu conteúdo ou ementa algumas palavras-chaves, dentre elas: chuva, água de chuva, captação, aproveitamento, reúso. Assim, mediante o resultado da busca, selecionou-se aquelas que realmente fossem concernentes ao trabalho. Para o caso dos demais municípios brasileiros, devido a grande quantidade, não era viável acessar cada portal legislativo municipal. Por conta disso, utilizou-se o site Leis Municipais (<https://leismunicipais.com.br>), que reúne leis de diversos municípios. Dessa forma, buscou-se por aquelas que continham o aproveitamento de águas pluviais em seu conteúdo.

Ademais, no item 4.1 “Instrumentos legais relacionados com o aproveitamento de água de chuva em edificações” optou-se por apresentar as leis estaduais (item 4.1.2) agrupadas por região, destacando também quando as leis que tivessem abordagens semelhantes. No caso das leis municipais (item 4.1.3), o agrupamento foi apenas por assunto, sem considerar critérios geográficos, reunindo as leis que tratassem da temática pela mesma perspectiva.

Já para obter as informações relativas ao funcionamento característico e às tecnologias do sistema de aproveitamento de água de chuva, que foi o assunto abordado mais detalhadamente no item 4.2, pesquisou-se por trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, teses de doutorado, livros, artigos científicos de revistas técnicas especializadas e de congressos e periódicos nacionais e internacionais, nas bases de dados bibliográficos como o Google Acadêmico e o SciELO.

Desse modo, o presente estudo configura-se como uma síntese de todo o conteúdo que foi encontrado ao utilizar as estratégias de pesquisa citadas anteriormente.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. INSTRUMENTOS LEGAIS RELACIONADOS COM O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES

4.1.1. Esfera Federal

No âmbito federal, ainda não existe uma legislação específica e efetivamente direcionada para a disciplinamento do aproveitamento da água das chuvas que forem coletadas pelas edificações, ou seja, não há uma lei que de fato defina os métodos, técnicas e parâmetros que devem ser utilizados. Diversos projetos de lei, de 2003 a 2020, ainda tramitam na Câmara dos Deputados na tentativa de serem aprovados, e mesmo algumas leis que já foram aprovadas, abordam o tema apenas de maneira superficial.

O Código de Águas, criado em 1934 por intermédio do Decreto Nº 24.643, foi o primeiro instrumento legal a tratar das águas pluviais, determinando ser imprescritível o direito do uso delas e ser lícito a todos captá-las, como descrito em seus artigos 106º e 108º. Seis décadas depois, foi criada a Lei 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, que acabou não destacando o potencial e a relevância da água das chuvas. Apenas no ano de 2017, é que a Lei 13.501 inseriu como um dos objetivos dessa política, o incentivo e promoção a captação, preservação e aproveitamento desse recurso hídrico em particular.

Um processo semelhante ocorreu com a Lei Nacional do Saneamento Básico, a Lei 11.445/2007, que discorre sobre o assunto de maneira muito ampla, apenas no tocante a drenagem e ao manejo das águas pluviais urbanas, levando em consideração a infraestrutura, instalações operacionais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final dessas águas. Entretanto, com o Decreto Nº 7.217 de 2010, o assunto foi trazido de modo mais assertivo, voltando-se para as edificações e estabelecendo que seriam admitidas instalações hidráulicas prediais para reuso de efluentes ou aproveitamento de água de chuva, desde que estas fossem devidamente autorizadas por alguma autoridade competente.

A Instrução Normativa Nº 01, emitida pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) no ano de 2010, delibera em seu artigo 4º que os projetos básico ou executivo voltados para a contratação de obras e serviços de engenharia, deviam ser elaborados visando,

dentre outras coisas, a utilização de tecnologias e materiais que reduzissem o impacto ambientais como o aproveitamento da água de chuva agregado ao sistema hidráulico.

No aspecto normativo, de abrangência nacional, é importante destacar duas normas técnicas criadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas): a NBR 15527 e a NBR 16783.

A NBR 15527 de 2019 (ABNT, 2019a), que é referência no país, traz em seu conteúdo os requisitos técnicos do sistema de aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis, especificamente, em áreas urbanas. Primeiramente, são destacadas as condições gerais de concepção do sistema, como: atentar-se a presença de fontes de contaminação na área de captação, constar informações da precipitação pluviométrica, da área de captação, do volume do reservatório, da demanda a ser atendida, realizar uma análise da viabilidade técnica-econômica do sistema, entre outras. Essa norma também discorre que sistemas de resfriamento, descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos e pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação para fins paisagísticos, podem ser considerados como exemplos de usos não potáveis. Além disso, ela ressalta outros pontos como o pré-tratamento da água de chuva que for captada (que pode ser acrescido de um tratamento adicional), a separação entre as tubulações (e outros componentes) de água potável e água não potável que devem ser claramente diferenciados, os parâmetros mínimos de qualidade para os usos não potáveis e a necessidade de inspeção e manutenção periódica do sistema.

Já a norma NBR 16783 de 2019 (ABNT, 2019b), refere-se ao uso de fontes alternativas de água não potável em edificações e, dentre elas, se evidencia a água das chuvas. Nela estão presentes os tipos de fontes alternativas, os requisitos e disposições de projeto, os parâmetros de qualidade, os materiais e componentes a serem utilizados, a coleta e tratamento da água, entre outros.

4.1.2. Esfera Estadual

No âmbito estadual, verificou-se que a grande maioria dos estados possuem legislação que verse sobre a questão do reuso das águas pluviais em edificações. Em estados como Ceará, Minas Gerais, Pará e Sergipe, não foram encontradas em seus portais legislativos, leis que abordassem o tema desse estudo.

Iniciando pela região Nordeste, existe a Lei 7.590/2014 de Alagoas que trata da criação de um programa de conservação e uso da água nas edificações públicas e privadas. Na Bahia,

a Lei 13.581/2016, enfoca na instalação de um sistema de reaproveitamento nas unidades habitacionais que forem construídas pelo governo estadual. No Maranhão, por meio da Lei 10.309/2015, ficam estabelecidas as diretrizes para criação de um programa estadual de conscientização, conservação e uso racional da água, o que ocorre de forma semelhante na Paraíba, através da Lei 9.130/2010 e da Lei 10.033/2013, a qual trata de uma política estadual. Ainda na Paraíba, a Lei 9.700/2012, determina a obrigatoriedade de reaproveitar as águas da chuva na construção ou reforma de prédios públicos, já a Lei 10.565/2015 é voltada para as indústrias.

O estado de Pernambuco, através da Lei 14.572/2011, estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações, e com a Lei 15.630/2015, torna obrigatória a instalação de um sistema para captar água das chuvas, tratá-las, e reutilizá-las na lavagem de veículos em estabelecimentos comerciais que prestem esse tipo de serviço. No Piauí, a Lei 6.280/2012 criou o programa de captação e a Lei 7.292/2019 disciplina sobre o reaproveitamento das águas pluviais.

O Rio Grande do Norte, com a Lei 10.115/2016, determina a instalação de coletores de água da chuva em obras que forem realizadas pelo poder público, e com a Lei 10.853/2021, torna obrigatório que edificações e empreendimentos públicos do estado, implantem um sistema de captação, armazenamento e aproveitamento das águas pluviais. No Quadro 1 estão reunidas as leis estaduais da região Nordeste supracitadas e suas respectivas ementas.

Quadro 1 – Ementas das leis estaduais da região Nordeste (continua)

ESTADO	LEI	EMENTA
ALAGOAS	LEI 7.590/2014	INSTITUI, NO ÂMBITO DO ESTADO DE ALAGOAS, O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS E PRIVADAS.
BAHIA	LEI 13.581/2016	DISPÕE SOBRE A INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA NAS UNIDADES HABITACIONAIS CONSTRUÍDAS PELO GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA, NA FORMA QUE INDICA.
CEARÁ	Não encontrado	Não encontrado

Quadro 1 – Ementas das leis estaduais da região Nordeste (conclusão)

ESTADO	LEI	EMENTA
MARANHÃO	LEI 10.309/2015	ESTABELECE AS DIRETRIZES PARA PROGRAMA ESTADUAL DE CONSCIENTIZAÇÃO, CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA.
PARAÍBA	LEI 9.700/2012	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR E REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA NA CONSTRUÇÃO OU REFORMA DE PRÉDIOS PÚBLICOS.
PARAÍBA	LEI 10.033/2013	INSTITUI A POLÍTICA ESTADUAL DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA NO ESTADO DA PARAÍBA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
PARAÍBA	LEI 10.565/2015	DISPÕE SOBRE A INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DAS ÁGUAS DA CHUVA, COM INTUITO DE SEREM USADAS NA FINALIDADE INDUSTRIAL, EM TODAS INDÚSTRIAS JÁ EXISTENTES E NAS QUE VIRÃO A SER INSTALADAS NO ESTADO DA PARAÍBA.
PARAÍBA	LEI 10.575/2015	ALTERA A LEI Nº 10.033 E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
PERNAMBUCO	LEI 14.572/2011	ESTABELECE NORMAS PARA O USO RACIONAL E REAPROVEITAMENTO DAS ÁGUAS NAS EDIFICAÇÕES DO ESTADO DE PERNAMBUCO E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
PERNAMBUCO	LEI 15.630/2015	TORNA OBRIGATÓRIA A INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA TRATAMENTO E REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA EMPREGADA NA LAVAGEM DE VEÍCULOS PELOS ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS QUE PRESTEM ESTE SERVIÇO E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
PIAUÍ	LEI 6.280/2012	CRIA O PROGRAMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA.
PIAUÍ	LEI 7.292/2019	DISCIPLINA O USO RACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS, REAPROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS, ÁGUAS SERVIDAS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO GRANDE DO NORTE	LEI 10.115/2016	DETERMINA A INSTALAÇÃO DE COLETORES DE ÁGUA DA CHUVA EM OBRAS REALIZADAS PELO PODER PÚBLICO E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO GRANDE DO NORTE	LEI 10.853/2021	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFICAÇÕES E EMPREENDIMENTOS DO PODER PÚBLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, NA FORMA QUE ESPECIFICA.
SERGIPE	Não encontrado	Não encontrado

Fonte: Autor

Na região Norte, os estados do Acre e Roraima determinaram que os projetos arquitetônicos das escolas estaduais inserissem um sistema de captação e armazenamento de água das chuvas, mediante a Lei 2.540/2012 e da Lei 1.617/2022, respectivamente. A mesma ideia se aplica para a Lei 2.003/2016 do Amapá, que nesse caso, trata dos projetos arquitetônicos dos órgãos estaduais. Também nesse estado, tem-se a Lei 1.364/2009 que autorizou o poder executivo a criar o programa de captação de água pluvial, já no Tocantins, ficou estabelecida uma política estadual sobre esse tema, por meio da Lei 3.261/2017.

Em Manaus, a legislação discorre sobre a implantação de um sistema de captação, armazenamento e reutilização de águas de chuvas em empreendimentos multifamiliares e demais edificações com área de cobertura superior a 500 m², no caso da Lei 378/2017; em imóveis com 300m² ou mais de área construída, na Lei 4.570/2018; em postos de serviços de lava-rápido, na Lei 4.779/2019; e em conjuntos de moradias horizontais ou verticais, na Lei 5.913/2022. Semelhante a isso, tem-se ainda a Lei 2.425/2011 do estado de Rondônia que, nesse caso, trata da implantação em prédios públicos novos. O Quadro 2 reúne as leis estaduais da região Norte apresentando as suas respectivas ementas.

Quadro 2 – Ementas das leis estaduais da região Norte (continua)

ESTADO	LEI	EMENTA
ACRE	LEI 2.540/2012	DETERMINA A INSERÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS DAS UNIDADES ESCOLARES ESTADUAIS
AMAPÁ	LEI 1.364/2009	AUTORIZA O PODER EXECUTIVO A CRIAR O PROGRAMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA.
AMAPÁ	LEI 2.003/2016	DISPÕE SOBRE O PODER EXECUTIVO, ATRAVÉS DO ÓRGÃO RESPONSÁVEL, INSERIR NOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS DOS ÓRGÃOS DO ESTADO DO AMAPÁ A INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE COLETA PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA.
AMAZONAS	LEI PROM. 378/2017	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA PARA A CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS, PARA USO POTÁVEL OU NÃO POTÁVEL, EM EMPREENDIMENTOS MULTIFAMILIARES E DEMAIS EDIFICAÇÕES, COM ÁREA DE COBERTURA SUPERIOR A 500M ² (QUINHENTOS METROS QUADRADOS), NO ESTADO DO AMAZONAS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

Quadro 2 – Ementas das leis estaduais da região Norte (conclusão)

ESTADO	LEI	EMENTA
AMAZONAS	LEI 4.570/2018	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE OS IMÓVEIS, COM 300M ² OU MAIS DE ÁREA CONSTRUÍDA, INSTALAREM CISTERNA PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DAS CHUVAS NO ÂMBITO DO ESTADO DO AMAZONAS.
AMAZONAS	LEI 4.779/2019	DISPÕE SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DA CHUVA POR MEIO DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO PELOS POSTOS DE SERVIÇOS DE LAVA-RÁPIDO, NO ÂMBITO DO ESTADO DO AMAZONAS, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
AMAZONAS	LEI 5.913/22	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DA UTILIZAÇÃO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS, AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS, NOS CONJUNTOS DE MORADIAS ORGANIZADAS DE FORMA HORIZONTAL OU VERTICAL E DÁ PROVIDÊNCIAS CORRELATAS.
PARÁ	Não encontrado	Não encontrado
RONDÔNIA	LEI 2.425/2011	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E USO DA ÁGUA DE CHUVA EM PRÉDIOS PÚBLICOS NOVOS.
RORAIMA	LEI 1.617/2022	DISPÕE SOBRE A INSERÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS DAS UNIDADES ESCOLARES ESTADUAIS.
TOCANTINS	LEI 3.261/2017	ESTABELECE A POLÍTICA ESTADUAL DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E DEFINE NORMAS GERAIS PARA SUA PROMOÇÃO.

Fonte: Autor

Na região Centro-Oeste, os estados de Goiás e Mato Grosso tratam acerca da captação, conservação e uso racional da água de chuva em edifícios do poder público, por meio da Lei 16.209/2008 e da Lei 10.799/2019, respectivamente; e em empresas prestadoras de serviços de lavagem de veículos, pela Lei 11.040/2019, também do Mato Grosso. O Distrito Federal, por sua vez, possui duas leis que instituem um programa e uma política de incentivo acerca do tema, sendo elas a Lei 4.181/2008 e a Lei 6.065/2018, respectivamente. Já no Mato Grosso do Sul, existe a Lei 4.699/2015, que apenas institui uma campanha de conscientização sobre o assunto. As ementas das leis dessa região estão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Ementas das leis estaduais da região Centro-Oeste

ESTADO	LEI	EMENTA
DISTRITO FEDERAL	LEI 4.181/2008	CRIA O PROGRAMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
DISTRITO FEDERAL	LEI COMP. 929/2017	DISPÕE SOBRE DISPOSITIVOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS DE RETENÇÃO, APROVEITAMENTO E RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS EM UNIDADES IMOBILIÁRIAS E EMPREENDIMENTOS LOCALIZADOS NO DISTRITO FEDERAL E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
DISTRITO FEDERAL	LEI 6.065/2018	INSTITUI A POLÍTICA DE INCENTIVO AO REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA NO DISTRITO FEDERAL.
GOIÁS	LEI 16.209/2008	DISPÕE SOBRE A CAPTAÇÃO E A RESERVA DE ÁGUA PLUVIAL NOS PRÉDIOS CONSTRUÍDOS PELO PODER PÚBLICO ESTADUAL.
MATO GROSSO	LEI 10.799/2019	DISPÕE SOBRE A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA NOS EDIFÍCIOS PÚBLICOS DO ESTADO DE MATO GROSSO.
MATO GROSSO	LEI 11.040/2019	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS, POR EMPRESAS QUE ESPECIFICA, PARA APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DA CHUVA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
MATO GROSSO DO SUL	LEI 4.699/2015	INSTITUI A CAMPANHA DE CONSCIENTIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA NO ÂMBITO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL.

Fonte: Autor

Na região Sudeste, o estado do Rio de Janeiro se destaca por apresentar seis leis com abordagens diferentes do tema. A mais antiga delas, a Lei 4.393/2004 obriga as empresas projetistas e de construção civil a prover um dispositivo voltado para captação da água de chuvas em imóveis residenciais e comerciais. As leis 7.307/2016, 7.356/2016, 8.429/2019 e 8.876/2020, também determinam a obrigatoriedade de instalação desse mesmo dispositivo, sendo que em arenas e estádios esportivos, em edificações de órgãos públicos, em postos de combustível e em escolas da rede estadual de ensino, respectivamente. Já a Lei 9.164/2020, é bem mais técnica e determina em seu Art. 1º que *“as edificações unifamiliares, a serem projetadas e construídas em perímetro urbano, a partir da publicação desta Lei, que tenham coberturas e telhados, superior a 100 (cem) metros quadrados, deverão ser dotadas de*

reservatórios de acumulação de águas pluviais para fins não potáveis e de reservatório de retardo”.

Ainda nessa região, o Espírito Santo possui a Lei 10.624/2017, obriga a instalação de sistema de captação, tratamento e armazenamento de águas pluviais em postos de serviço e abastecimento de veículos; e a Lei 8.884/2008, que semelhante a Lei 17.394/2021 de São Paulo, tratam da inserção desse mesmo tipo de sistema nos projetos arquitetônicos dos prédios de órgãos públicos.

Outra lei que se destaca no Sudeste, é a Lei de 12.526/2007 de São Paulo, que obriga a retenção de águas de chuva para fins não potáveis que forem *“coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m²”*, com o intuito de controlar a ocorrência de inundações e contribuir para a redução do consumo da água potável tratada. A ementa dessa e das outras leis estaduais da região Sudeste estão no Quadro 4.

Quadro 4 – Ementas das leis estaduais da região Sudeste (continua)

ESTADO	LEI	EMENTA
ESPÍRITO SANTO	LEI 10.624/2017	OBRIGA A INSTALAÇÃO DE SISTEMA E DE EQUIPAMENTOS PARA CAPTAÇÃO, TRATAMENTO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM POSTOS DE SERVIÇOS E ABASTECIMENTO DE VEÍCULOS E ASSEMELHADOS NO ESTADO, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
ESPÍRITO SANTO	LEI 8.884/2008	DISPÕE SOBRE A ANÁLISE, POR PARTE DO GOVERNO DO ESTADO, DA PERTINÊNCIA DE INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DA CHUVA EM SEUS PROJETOS DE CONSTRUÇÃO DE PRÉDIOS PÚBLICOS.
MINAS GERAIS	Não encontrado	Não encontrado
RIO DE JANEIRO	LEI 4.393/2004	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DAS EMPRESAS PROJETISTAS E DE CONSTRUÇÃO CIVIL A PROVER OS IMÓVEIS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS DE DISPOSITIVO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DA CHUVA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO DE JANEIRO	LEI 7.307/2016	DISPÕE SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA, EM ARENAS E ESTÁDIOS ESPORTIVOS, NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.

Quadro 4 – Ementas das leis estaduais da região Sudeste (conclusão)

ESTADO	LEI	EMENTA
RIO DE JANEIRO	LEI 7.356/2016	OBRIGA OS ÓRGÃO PÚBLICOS A DOTAREM SUAS EDIFICAÇÕES COM RESERVATÓRIOS PARA A CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.
RIO DE JANEIRO	LEI 8.429/2019	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS POSSUIREM DISPOSITIVO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DA CHUVA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO DE JANEIRO	LEI 8.876/2020	DETERMINA A OBRIGATORIEDADE DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NAS NOVAS UNIDADES DA REDE PÚBLICA ESTADUAL DE ENSINO E DA REDE FAETEC, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO DE JANEIRO	LEI 9.164/2020	REGULAMENTA OS PROCEDIMENTOS PARA ARMAZENAMENTO E RETARDO DE ÁGUA DE CHUVA EM PERÍMETROS URBANOS PARA APROVEITAMENTO E POSTERGAÇÃO DE SUA DESCARGA NA REDE PÚBLICA, ALÉM DA ACUMULAÇÃO DE ÁGUA CINZA CLARA PARA SEU TRATAMENTO E USO EM FINS CUJA ÁGUA NÃO NECESSITE TER CARÁTER POTÁVEL CONSOANTE AS NORMAS TÉCNICAS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS E REVOGA A LEI Nº 7.463, DE 18 DE OUTUBRO DE 2016.
SÃO PAULO	LEI 12.526/2007	ESTABELECE NORMAS PARA A CONTENÇÃO DE ENCHENTES E DESTINAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.
SÃO PAULO	LEI 17.394/2021	DISPÕE SOBRE O PODER EXECUTIVO, POR MEIO DO ÓRGÃO RESPONSÁVEL, INSERIR NOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS DOS ÓRGÃOS DO ESTADO A INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE COLETA PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA.

Fonte: Autor

Por fim, na região Sul, o estado do Paraná estabelece a criação de um programa voltado para o tema, tanto na Lei 14.823/2005 quanto na Lei 15.672/2007. Em Santa Catarina, a Lei 18.550/2022, determina a inserção de um sistema de captação, armazenamento e reutilização de águas da chuva em edificações públicas, assim como na Lei 15.806/2022 do Rio Grande do Sul. Também nesse estado, a Lei 14.270/2013 aborda a instalação desse mesmo sistema voltado para os prédios do Corpo de Bombeiros. As ementas das leis estaduais dessa região estão presentes no Quadro 5.

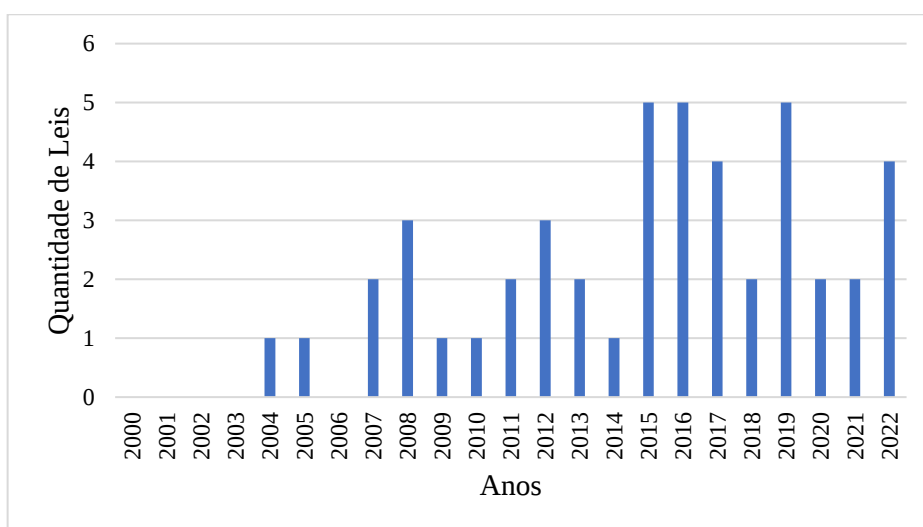
Quadro 5 – Ementas das leis estaduais da região Sul

ESTADO	LEI	EMENTA
PARANÁ	LEI 14.823/2005	CRIA O PROGRAMA DE ÁGUA DA CHUVA, CONFORME ESPECIFICA.
PARANÁ	LEI 15.672/2007	CRIA O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS DO PARANÁ, CONFORME ESPECIFICA E ADOTA OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO GRANDE DO SUL	LEI 14.270/2013	DETERMINA QUE TODOS OS PRÉDIOS DO CORPO DE BOMBEIROS, LOCALIZADOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, MANTENHAM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAGEM DE ÁGUA DA CHUVA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO GRANDE DO SUL	LEI 15.806/2022	DETERMINA A INSTALAÇÃO DE COLETORES DE ÁGUA DA CHUVA EM OBRAS REALIZADAS PELO PODER PÚBLICO E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
SANTA CATARINA	LEI 18.550/2022	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE INSERÇÃO DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DA CHUVA, NOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS DE NOVAS EDIFICAÇÕES OU REFORMAS DE PRÉDIOS DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Fonte: Autor

Para fins comparativos, o Gráfico 1 apresenta um panorama da quantidade de leis estaduais, considerando todas aquelas anteriormente apresentadas, que foram aprovadas em cada ano, no período compreendido entre os anos 2000 e 2022.

Gráfico 1 – Quantidade de leis estaduais criadas em cada ano (2000-2022)



Fonte: Autor

4.1.3. Esfera Municipal

Considerando o âmbito municipal, algumas das capitais e outros municípios sancionaram leis ordinárias que, tratam do assunto em questão, de formas diferentes, podendo ser melhor compreendidas se agrupadas de acordo com o tipo de abordagem.

No primeiro grupo, pode-se reunir aquelas que dizem respeito à criação de um programa ou política municipal, a exemplo do que se observa no Art. 1º da Lei 10.785/2003 de Curitiba (PR): *“O Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE, tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.”*.

Esse grupo de leis frisa que deverá ser instalado um sistema para conduzir toda água que for captada por telhados, coberturas, terraços ou pavimentos descobertos, a um reservatório, para que seja utilizada em atividades que não exijam o uso de água tratada, como na rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos e lavagem de vidros, calçadas e pisos.

Semelhantes a essa lei de Curitiba, temos a Lei 17.081/2005 de Recife (PE), a Lei 1.192/2007 de Manaus (AM), a Lei 7.079/2007 de Vitória (ES), a Lei 10.506/2008 de Porto Alegre (RS), a Lei 8.080/2009 de Florianópolis (SC), a Lei 5.279/2011 do Rio de Janeiro (RJ), a Lei 9.410/2014 de Goiânia (GO), a Lei 5.594/2015 de Campo Grande (MS), a Lei 1.830/2017 de Boa Vista (RR), a Lei 11.110/2021 de Fortaleza (CE) e também leis de outros municípios, que estão presentes no Quadro 6.

Quadro 6 – Ementas das leis do primeiro grupo (continua)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
CURITIBA (PR)	LEI 10.785/2003	CRIA NO MUNICÍPIO DE CURITIBA, O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES - PURAE.
RECIFE (PE)	LEI 17.081/2005	CRIA NO MUNICÍPIO DO RECIFE O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES.
MANAUS (AM)	LEI 1.192/2007	CRIA, NO MUNICÍPIO DE MANAUS, O PROGRAMA DE TRATAMENTO E USO RACIONAL DAS ÁGUAS NAS EDIFICAÇÕES - PRO-ÁGUAS.
VITÓRIA (ES)	LEI 7.079/2007	INSTITUI O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO, REDUÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DO USO DE ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS EM VITÓRIA.

Quadro 6 – Ementas das leis do primeiro grupo (continuação)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
PORTO ALEGRE (RS)	LEI 10.506/2008	INSTITUI O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO, USO RACIONAL E REAPROVEITAMENTO DAS ÁGUAS.
UMUARAMA (PR)	LEI 3.194/2008	INSTITUI PROGRAMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PROVENIENTE DE LAVATÓRIOS, BANHEIROS, CHUVAS E AFINS NO MUNICÍPIO DE UMUARAMA, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
FLORIANÓPOLIS (SC)	LEI 8.080/2009	INSTITUI PROGRAMA MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO, USO RACIONAL E REUSO DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
CAMPOS DOS GOYTACAZES (RJ)	LEI 8.096/2009	INSTITUI O PROGRAMA MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES E ESTABELECE PARA PROJETOS DE EDIFICAÇÕES COLETIVAS A EXIGÊNCIA DE HIDRÔMETRO EM CADA UNIDADE AUTÔNOMA.
GUARULHOS (SP)	LEI 6.511/2009	INSTITUI O PROGRAMA MUNICIPAL DE USO RACIONAL DA ÁGUA POTÁVEL E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO DAS OSTRAS (RJ)	LEI 1.402/2009	CRIA O PROGRAMA DE CAPTAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO DE JANEIRO (RJ)	LEI 5.279/2011	CRIA NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES.
GOIÂNIA (GO)	LEI 9.410/2014	INSTITUI PROGRAMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PROVENIENTES DE LAVATÓRIOS, BANHEIROS, CHUVAS, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
CAMPO GRANDE (MS)	LEI 5.594/2014	CRIA O PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA NO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
MURIAÉ (MG)	LEI 4.731/2014	DISPÕE SOBRE A CRIAÇÃO DO PROGRAMA TOMEIRA VERDE, QUE CONSISTE NA IMPLANTAÇÃO DE MECANISMO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E SEU REUSO EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS E PRIVADAS.
MARAVILHA (SC)	LEI 3.876/2015	AUTORIZA O PODER EXECUTIVO A CRIAR O PROGRAMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS E INSTITUI A OBRIGATORIEDADE DE QUE AS NOVAS EDIFICAÇÕES CONTEMPLAM EM SEUS PROJETOS A PREVISÃO DE CISTERNAS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
BOA VISTA (RR)	LEI 1.830/2017	CRIAÇÃO DO PROGRAMA DE TRATAMENTO E USO RACIONAL DAS ÁGUAS NAS EDIFICAÇÕES (PRÓ-ÁGUAS) NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
PALHOÇA (SC)	LEI 4.631/2018	ESTABELECE A POLÍTICA MUNICIPAL DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.
CAPINZAL (SC)	LEI 3.324/2019	ESTABELECE A POLÍTICA MUNICIPAL DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.

Quadro 6 – Ementas das leis do primeiro grupo (conclusão)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
NOVA LIMA (MG)	LEI 2.694/2019	INSTITUI O PROGRAMA MUNICIPAL PARA CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS NO MUNICÍPIO DE NOVA LIMA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
SÃO BERNARDINO (SC)	LEI 1.303/2020	CRIA O PROGRAMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS ATRAVÉS DO SISTEMA CISTERNAS NO MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDINO/SC E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
NAVEGANTES (SC)	LEI 3.584/2021	ESTABELECE A POLÍTICA MUNICIPAL DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.
FORTALEZA (CE)	LEI 11.110/2021	INSTITUI O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO, USO RACIONAL E REAPROVEITAMENTO DAS ÁGUAS, NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA.
SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO (MG)	LEI 4.870/2022	CRIA O PROGRAMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS PARA NOVOS IMOVEIS E EDIFICAÇÕES DE SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO

Fonte: Autor

No segundo grupo estão aquelas que tratam da instalação de reservatórios e captadores de água de chuva especificamente nos postos de combustíveis e quaisquer estabelecimentos que possuam sistema de lavagem de veículos, como condição obrigatória para obtenção de alvará de funcionamento, como visto nas leis apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Ementas das leis do segundo grupo (continua)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
FOZ DO IGUAÇU (PR)	LEI 3.461/2008	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DA CHUVA NOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ESTABELECIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
VILA VELHA (ES)	LEI 4.897/2010	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE INSTALAÇÃO DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DE CHUVA NOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ESTABELECIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS INSTALADOS NO MUNICÍPIO E VILA VELHA.
RECIFE (PE)	LEI 17.606/2010	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DA CHUVA NOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ESTABELECIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

Quadro 7 – Ementas das leis do segundo grupo (conclusão)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
JABOATÃO DOS GUARARAPES (PE)	LEI 416/2010	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DA CHUVA NOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ESTABELECIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
LONDRINA (PR)	LEI 11.109/2010	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DE CHUVA NOS POSTOS DE REVENDA DE COMBUSTÍVEIS E NOS ESTABELECIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
FORTALEZA (CE)	LEI 10.051/2013	OBRIGA A INSTALAÇÃO DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DA CHUVA NOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E QUAISQUER ESTABELECIMENTOS QUE POSSUAM SISTEMA DE LAVAGEM DE VEÍCULOS.
SANTA LUZIA (MG)	LEI 3.605/2014	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DA CHUVA NOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ESTABELECIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
DIAMANTINA (MG)	LEI 3.891/2015	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DA INSTALAÇÃO DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DA CHUVA E A UTILIZAÇÃO DOS MESMOS NOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS, LAVA JATO OU QUALQUER ESTABELECIMENTO COMERCIAL QUE POSSUA SISTEMA DE LAVAGEM DE AUTOMÓVEIS OU SIMILARES, ESCOLAS, HOTÉIS, POUSADAS, CONDOMÍNIOS, ASSIM COMO NAS CONSTRUÇÕES ACIMA DE 500 M ² (QUINHENTOS METROS QUADRADOS) E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
LAGOA SANTA (MG)	LEI 3.738/2015	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DA CHUVA NOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ESTABELECIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS, BEM COMO INSTALAÇÃO OBRIGATÓRIA DE HIDRÔMETRO, MESMO OS QUE POSSUEM POÇO ARTESIANO.
VIANA (ES)	LEI 2.731/2015	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS, LAVA-RÁPIDOS, TRANSPORTADORAS, OFICINAS MECÂNICAS E EMPRESAS DE ÔNIBUS URBANOS E INTERMUNICIPAIS, LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE VIANA, INSTALAREM EQUIPAMENTOS DE TRATAMENTO E REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA E SERVIDAS/CINZAS, BEM COMO AS UTILIZADAS NA LAVAGEM DE VEÍCULO.
JACIARA (MT)	LEI 1.949/2020	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE RESERVATÓRIOS E CAPTADORES DE ÁGUA DA CHUVA NOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E ESTABELECIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

Fonte: Autor

No terceiro grupo, as leis discorrem sobre a criação de um sistema de reuso de água de chuva para fins não potáveis em condomínios, clubes, conjuntos habitacionais, imóveis residenciais, industriais e comerciais, e demais órgãos e entidades públicas, buscando reduzir o consumo, o alto custo de fornecimento e a utilização desnecessária da água da rede pública, despertando o sentido ecológico e financeiro voltado para o não desperdício, e encorajando a conservação de água junto a uma autossuficiência e postura ativa perante os problemas ambientais do município. O Quadro 8 apresenta as leis que se encaixam nesse grupo.

Quadro 8 – Ementas das leis do terceiro grupo (continua)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
UBERABA (MG)	LEI 10.972/2010	cria o sistema de reuso de água de chuva no município de Uberaba, para utilização não potável em condomínios, clubes, entidades e demais imóveis industriais e comerciais e contém outras disposições.
JOÃO PESSOA (PB)	LEI 12.166/2011	cria o sistema de reuso de água de chuva para utilização não potável em mercados municipais, subprefeituras, condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais, indústrias e comerciais dentro de João Pessoa e dá outras providências.
JABOATÃO DOS GUARARAPES (PE)	LEI 615/2011	dispõe sobre a obrigatoriedade de criar o sistema de reuso de água e captadores de água da chuva nos condomínios, clubes conj. habitacionais e demais imóveis residenciais, indústrias, comércio, postos de combustíveis e estabelecimentos de lavagem de veículos, no município de Jaboatão dos Guararapes, e dá outras providências.
BARBACENA (MG)	LEI 4.597/2014	institui o sistema de reuso da água da chuva no município de Barbacena, para utilização não potável em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais, industriais e comerciais.
REBOUÇAS (PR)	LEI 1.879/2015	cria o sistema de reuso de água de chuva no município de Rebouças - PR, para utilização não potável em prédios públicos, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais, industriais e comerciais, conforme especifica.

Quadro 8 – Ementas das leis do terceiro grupo (conclusão)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
CAMPO GRANDE (MS)	LEI 5.775/2016	cria o sistema de reuso de água de chuva no município de Campo Grande-MS para utilização não potável em condomínios, clubes, conjuntos habitacionais, imóveis residenciais, industriais e comerciais, e demais órgãos e entidades públicas.
TEÓFILO OTONI (MG)	LEI 7.037/2016	dispõe sobre o sistema de reuso da água de chuva no município, para utilização não potável em condomínios, clubes, escolas, creches, conjuntos habitacionais, empresas, dentre outros e dá outras providências
MACEIÓ (AL)	LEI 6.615/2017	cria o sistema de reuso de água de chuva no município de Maceió/AL, para utilização não potável em condomínios, clubes, conjuntos habitacionais, imóveis residenciais, industriais e comerciais e demais órgãos e entidades públicas.

Fonte: Autor

No quarto grupo estão aquelas que apresentam parâmetros físicos para execução de reservatórios de aproveitamento de águas pluviais provenientes de coberturas e pavimentos. Em João Pessoa (PB), destaca-se a Lei 10.479 do ano de 2005, que em seu Art. 1º, determina que *“nos lotes edificados ou não que tenham área impermeabilizada superior a 300m² (trezentos metros quadrados), deverão ser executados reservatórios para acumulação de águas pluviais como condição para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos em Lei Municipal que disciplina a expedição de alvarás.”*.

Paralelo a ela, a Lei 2.630/2009 de Niterói (RJ) determina em seu Art. 1º que *“as novas edificações, públicas ou privadas, que tenham área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados deverão ser dotadas de reservatório de águas pluviais”*, e a Lei 18.112/2015 de Recife (PE) trata em seu Art. 3º dos *“lotes com área superior a 500 m² (quinhentos metros quadrados), edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 25% (vinte e cinco por cento) da área total do lote deverão ser executados reservatórios de águas pluviais como condição para aprovação de projetos iniciais”*.

Ainda nessa abordagem, a mais recente delas, a Lei 16.402/2016 de São Paulo (SP), revoga a Lei 13.276/2002, e em seu Art. 80º determina que *“nos processos de licenciamento de edificações novas ou de reformas com alteração de área construída superior a 20% (vinte por cento) em lotes com área superior a 500m² (quinhentos metros quadrados), é obrigatória a*

reservação para aproveitamento de águas pluviais provenientes das coberturas das edificações para fins não potáveis”. O Quadro 9 traz as ementas das leis presentes nesse quarto grupo.

Quadro 9 – Ementas das leis do quarto grupo

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
JOÃO PESSOA (PB)	LEI 10.479/2005	TORNA OBRIGATÓRIO A EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIO PARA AS ÁGUAS COLETADAS POR COBERTURAS E PAVIMENTOS NOS LOTES, EDIFICADOS OU NÃO, QUE TENHAM ÁREA IMPERMEABILIZADA SUPERIOR A 300M ² E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
NITERÓI (RJ)	LEI 2.630/2009	DISCIPLINA OS PROCEDIMENTOS RELATIVOS AO ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA REAPROVEITAMENTO E RETARDO DA DESCARGA NA REDE PÚBLICA.
RECIFE (PE)	LEI 18.112/2015	DISPÕE SOBRE A MELHORIA DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS EDIFICAÇÕES POR MEIO DA OBRIGATORIEDADE DE INSTALAÇÃO DO "TELHADO VERDE", E CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ACÚMULO OU DE RETARDO DO ESCOAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA A REDE DE DRENAGEM E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
SÃO PAULO (SP)	LEI 16.402/2016	DISCIPLINA O PARCELAMENTO, O USO E A OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, DE ACORDO COM A LEI Nº 16.050, DE 31 DE JULHO DE 2014 - PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO (PDE).

Fonte: Autor

O quinto grupo aborda a obrigatoriedade de se realizar o reaproveitamento das águas de chuva nas escolas públicas municipais, cabendo a implantação e funcionamento ao órgão competente, como exposto na Lei 6.480/2019 do Rio de Janeiro (RJ). Exemplos semelhantes podem ser encontrados em municípios menores, como apresenta o Quadro 10.

Quadro 10 – Ementas das leis do quinto grupo (continua)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
CARAMBEÍ (PR)	LEI 796/2010	CRIA O SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA DE RESERVATÓRIOS CHUVA COM A INSTALAÇÃO PARA A UTILIZAÇÃO NÃO POTÁVEL NAS ESCOLAS MUNICIPAIS DE CARAMBEI E DÁ OUTRA PROVIDÊNCIAS.

Quadro 10 – Ementas das leis do quinto grupo (conclusão)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
MANAUS (AM)	LEI PROM. 296/2012	INSTITUI O SISTEMA SUSTENTÁVEL DE USO RACIONAL DA ÁGUA COM A CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA REDE MUNICIPAL DE ENSINO DE MANAUS.
TRÊS LAGOAS (MS)	LEI 2.578/2012	DISPÕE SOBRE A INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NAS INSTITUIÇÕES MUNICIPAIS (ESCOLAS, CENTROS DE EDUCAÇÃO INFANTIL, UNIDADES DE SAÚDE, ETC.) E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
IVAIPORÃ (PR)	LEI 2.706/2015	DISPÕE SOBRE A INSERÇÃO NOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS DAS UNIDADES ESCOLARES DO MUNICÍPIO DE IVAIPORÃ, DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE COLETA PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS.
RIO DO SUL (SC)	LEI 5.637/2015	DISPÕE SOBRE O REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NAS ESCOLAS PÚBLICAS MUNICIPAIS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
MINEIROS (GO)	LEI 1.759/2016	DETERMINA OBRIGATORIEDADE DO REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM TODAS AS ESCOLAS PÚBLICAS MUNICIPAIS DA CIDADE DE MINEIROS.
CABO DE SANTO AGOSTINHO (PE)	LEI 3.186/2017	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DA CRIAÇÃO DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DAS ÁGUAS DAS CHUVAS NAS ESCOLAS PÚBLICAS DA REDE MUNICIPAL DE ENSINO, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO DE JANEIRO (RJ)	LEI 6.480/2019	DISPÕE SOBRE O REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NAS ESCOLAS PÚBLICAS MUNICIPAIS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

Fonte: Autor

O sexto grupo também trata de uma obrigatoriedade específica em reaproveitar as águas pluviais, particularmente nos prédios públicos municipais. Esse tipo de abordagem não foi encontrado nas leis de nenhuma capital, apenas em alguns pequenos municípios, como mostra o Quadro 11.

Quadro 11 – Ementas das leis do sexto grupo (continua)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
SÃO GONÇALO (RJ)	LEI 348/2011	CRIA NO ÂMBITO DO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO, O SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA DE CHUVA PARA UTILIZAÇÃO NÃO POTÁVEL EM ÓRGÃOS PÚBLICOS COMO ESCOLAS, HOSPITAIS, POSTOS MÉDICOS E OUTROS.
BARÃO DE COCAIS (MG)	LEI 1.743/2015	DISPÕE SOBRE O REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NOS PRÉDIOS PÚBLICOS MUNICIPAIS DA CIDADE DE BARÃO DE COCAIS/MG E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

Quadro 11 – Ementas das leis do sexto grupo (conclusão)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
TREVISÓ (SC)	LEI 764/2015	CRIA O SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA APLICAÇÃO NÃO POTÁVEL NOS PRÉDIOS PÚBLICOS MUNICIPAIS DE TREVISÓ.
VOLTA REDONDA (RJ)	LEI 5216/2016	OBRIGA O PODER EXECUTIVO A INSTALAR SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA EM TODOS OS SETORES PÚBLICOS RELACIONADOS NO MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA.
QUATRO BARRAS (PR)	LEI 1.144/2018	ESTABELECE O SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO NÃO POTÁVEL NOS PRÉDIOS PÚBLICOS DA ADMINISTRAÇÃO DO MUNICÍPIO DE QUATRO BARRAS E SEREM CONSTRUÍDOS OU REFORMADOS.
RONDONÓPOLIS (MT)	LEI 10.467/2019	INSTITUI O SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO NÃO POTÁVEL NOS PRÉDIOS PÚBLICOS DA ADMINISTRAÇÃO DIRETA E INDIRETA DO MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
TIMBÓ GRANDE (SC)	LEI 2.222/2020	DISPÕE SOBRE O REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NOS PRÉDIOS PÚBLICOS MUNICIPAIS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
MATINHOS (PR)	LEI 2.379/2022	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE INSERÇÃO ATRAVÉS DOS ÓRGÃOS PÚBLICOS MUNICIPAIS, A INSTALAÇÃO DE COLETAS PARA A CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA.
CÉU AZUL (PR)	LEI 2.334/2022	DISPÕE SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA EM QUALQUER CONSTRUÇÃO OU REFORMA DE PRÉDIOS PÚBLICOS, EM CONFORMIDADE COM A ÁREA CONSTRUÍDA NO MUNICÍPIO DE CÉU AZUL.
PENHA (SC)	LEI 3.328/2022	DISPÕE SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR E DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NAS CONSTRUÇÕES DE NOVOS PRÉDIOS PÚBLICOS MUNICIPAIS.

Fonte: Autor

O sétimo grupo, reúne as leis que discorrem sobre a instalação de sistemas de captação e reservação de água das chuvas servidas nas edificações em geral, como uma medida de conservação e uso racional (Quadro 12).

Quadro 12 – Ementas das leis do sétimo grupo (continua)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
COXIM (MS)	LEI 1.329/2007	TORNA OBRIGATÓRIA, COMO MEDIDA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA, A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E RESERVA DA ÁGUA DAS CHUVAS NAS EDIFICAÇÕES NO MUNICÍPIO DE COXIM-MS. E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
RIO BRILHANTE (MS)	LEI 1.552/2008	TORNA OBRIGATÓRIA A INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E RESERVATÓRIO DA ÁGUA DAS CHUVAS E ÁGUAS SERVIDAS NAS EDIFICAÇÕES NO MUNICÍPIO DE RIO BRILHANTE-MS, COMO MEDIDA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA.
NITÉROI (RJ)	LEI 2.626/2008	DISPÕE SOBRE A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUAS E DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA CONSTRUÇÃO PÚBLICA E PRIVADA NO MUNICÍPIO DE NITERÓI E CRIA A COMISSÃO MUNICIPAL DE SUSTENTABILIDADE URBANA.
DOURADOS (MS)	LEI 3.221/2009	TORNA OBRIGATÓRIA A INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E RESERVATÓRIO DA ÁGUA DAS CHUVAS SERVIDAS NAS EDIFICAÇÕES NO MUNICÍPIO DE DOURADOS - MS, COMO MEDIDA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA.
SALVADOR (BA)	LEI 7.863/2010	ESTABELECE A OBRIGATORIEDADE DA IMPLANTAÇÃO DE MECANISMO DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NAS COBERTURAS DAS EDIFICAÇÕES, E A CAPTAÇÃO, RECICLAGEM E ARMAZENAMENTO DAS ÁGUAS SERVIDAS PARA POSTERIOR UTILIZAÇÃO EM ATIVIDADES QUE NÃO EXIJAM O USO DE ÁGUA TRATADA NOS EMPREENDIMENTOS PLURIDOMICILIARES E COMERCIAIS NO MUNICÍPIO DO SALVADOR E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
CONSELHEIRO LAFAIETE (MG)	LEI 5.281/2011	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DA INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
ITAPEMA (SC)	LEI 3.419/2015	DISCIPLINA OS PROCEDIMENTOS RELATIVOS AO ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA REAPROVEITAMENTO E RETARDO DA DESCARGA NA REDE PÚBLICA E INSTITUI MECANISMOS DE ESTÍMULO À INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE COLETA E REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS SERVIDAS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS E PRIVADAS NO MUNICÍPIO DE ITAPEMA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
BATAGUASSU (MS)	LEI 2.344/2016	DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DE CONSTRUÇÃO DE COBERTURA EM ESTABELECIMENTOS QUE POSSAM REter ÁGUA DA CHUVA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

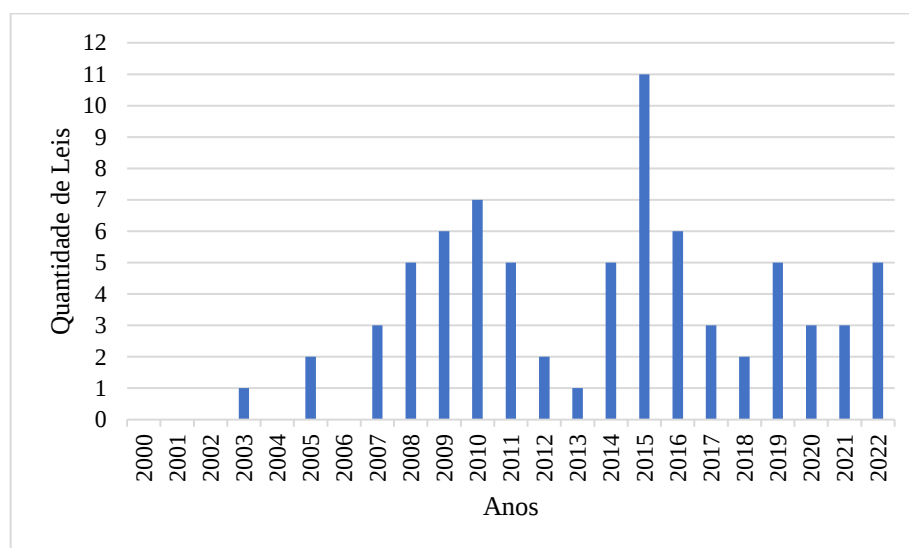
Quadro 12 – Ementas das leis do sétimo grupo (conclusão)

MUNICÍPIO	LEI	EMENTA
SCHROEDER (SC)	LEI 2.442/2019	CRIA O SISTEMA DE CAPTAÇÃO E USO DE ÁGUA PLUVIAL DAS NOVAS EDIFICAÇÕES E DA OUTRAS PROVIDÊNCIAS.
SANTA LUZIA (MG)	LEI 4.272/2021	DISPÕE SOBRE A CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS NAS NOVAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS CONSTRUÍDAS NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA
LAGOA SANTA (MG)	LEI 4.896/2022	DISPÕE SOBRE A ADOÇÃO DE PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS, PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA REUSO.

Fonte: Autor

Também para fins de comparação, considerando as leis municipais supracitadas, o Gráfico 2 apresenta um levantamento da quantidade dessas leis que foram criadas em cada ano, considerando o período que vai do ano 2000 até o ano de 2022.

Gráfico 2 – Quantidade de leis municipais criadas em cada ano (2000-2022)



Fonte: Autor

4.1.4. Considerações Acerca do Ordenamento Legal

Sendo assim, levando em consideração a forma como a temática se faz presente nas três esferas (federal, estadual e municipal), percebe-se que existe um certo progresso nos instrumentos legais, já que existem diversas leis aprovadas e em vigor. Contudo, ao mesmo tempo que a legislação discute, por exemplo, acerca da instalação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial nas edificações para fins não potáveis, ela deixa de apresentar

as especificações e orientações técnicas, os métodos, os processos, os instrumentos e os materiais necessários para consolidação desse mesmo sistema. Dessa maneira, ao mesmo tempo que se aponta o que deve ser feito, deixa de dizer como se deve fazê-lo.

Ademais, Silva e Borja (2017) apontam que é essencial que o Poder Público institua uma legislação que considere não só os fins não potáveis, mas também o uso potável da água das chuvas, principalmente quando elas se configuram como uma forma alternativa de suprimento ao consumo mínimo em localidades que enfrentam longos períodos de escassez hídrica. Consequentemente, faz-se necessário estabelecer requisitos mínimos de projeto a fim de garantir que essa água reaproveitada a ser consumida esteja seguramente dentro dos padrões sanitários de qualidade.

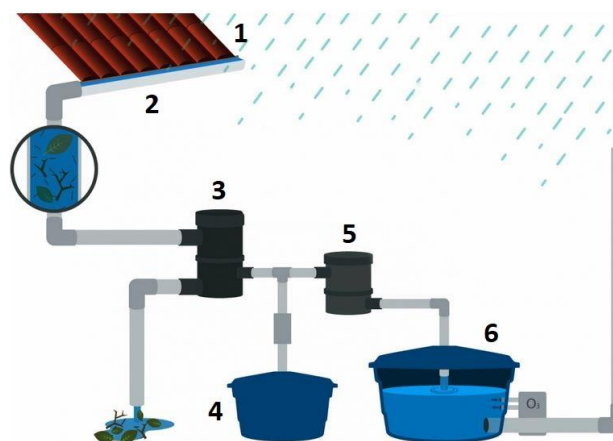
4.2. SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E SEUS COMPONENTES

Um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva é um sistema descentralizado que busca atender à demanda de água nos usos menos restritivos, ou seja, aqueles que não exigem padrões de qualidade compatível com o padrão de água potável. Desse modo, consegue-se reduzir o consumo de água potável e promover a conservação dos recursos hídricos (PROSAB, 2006; RODRIGUES, 2017).

Por meio desse sistema é possível adaptar as instalações hidrossanitárias de uma edificação, para que utilizem a água de chuva nas bacias sanitárias, lavatórios, chuveiros ou até em sistemas de combate a incêndio, desde que se atenda aos padrões de qualidade para os usos requeridos. Caso seja uma residência já construída onde não se queira ou não se possa modificar as instalações existentes, ainda se pode aproveitar a água de chuva para lavagem de pisos, calçadas e veículos, irrigação de jardins ou enchimento de piscinas. Em indústrias ou estabelecimentos comerciais, há a possibilidade de ser utilizada para resfriamento de máquinas, para alimentar sistemas de climatização ou em lavanderias industriais. Além disso, o sistema pode atuar como uma contenção, atenuando alagamentos e sobrecargas na rede de drenagem urbana em períodos de precipitação intensa (SILVA, 2010; VASCONCELOS, 2007).

No âmbito residencial, um típico sistema de aproveitamento é composto por área ou superfície de captação, sistema de transporte (calhas e condutores), dispositivo de descarte dos primeiros milímetros, sistema de tratamento (filtração ou desinfecção, caso necessário), reservatório de acumulação ou armazenamento e sistema de distribuição. Esses elementos podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1 – Esquema de sistema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: IPT, 2016

O sistema se inicia nos telhados ou coberturas (1) que captam a água das chuvas devido as suas grandes áreas e inclinações favoráveis. Nessa etapa, a forma e o material da superfície, podem afetar na qualidade e/ou quantidade de água captada. Em seguida, essa água é conduzida por calhas e condutores (2), constituídos de PVC ou materiais metálicos, até o seu próximo destino, passando por um filtro de materiais grosseiros (3) até chegar em um mecanismo de descarte. Esse dispositivo de descarte (4) é responsável por retirar do sistema o volume inicial de precipitação, que costuma ser o mais contaminado pelos poluentes e impurezas presentes tanto na atmosfera como na superfície de coleta. Logo depois, a parcela de água aproveitável é conduzida em direção a um sistema de filtração ou desinfecção (5), caso seja necessário. Caso não, ela segue diretamente para ser armazenada em um reservatório (6) e posteriormente ser distribuída para os pontos de utilização (SILVA et al., 2015; VIEIRA, 2013; BONA, 2020).

Silva et. al. (2015) acrescentam que pode existir um reservatório para acumulação e distribuição, ou dois reservatórios distintos que atendam a cada uma dessas finalidades. Em ambos os casos, é preciso que ao menos um desses receba água de outras fontes, mais comumente, da rede de abastecimento público de água potável. Essa condição é necessária para garantir que as demandas hídricas das edificações continuem sendo atendidas em períodos de estiagem ou quando a precipitação ocorrida não é suficiente.

O manual “Conservação e Reuso da Água em Edificações” (ANA, 2005), traz em seu conteúdo uma metodologia para implementação de um sistema completo de captação, tratamento e aproveitamento de água de chuva. Essa metodologia consiste nas seguintes etapas: determinação da precipitação média local, da área de coleta e do coeficiente de escoamento; caracterização da qualidade da água pluvial; identificação dos usos pretendidos; escolha do

sistema de tratamento necessário; e projetos do reservatório de descarte, do reservatório de acumulação e dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações).

Para dimensionar um sistema como esse, é fundamental conhecer bem os fatores interferentes. A área de captação determinará a quantidade de chuva que consegue ser captada. O índice pluviométrico permite conhecer a distribuição das precipitações ao longo do ano, ou seja, quanto mais regular ela for, mais confiável e eficiente será o sistema. O número de pessoas e a previsão de consumo determinam a demanda a ser atendida. Quanto maior for o volume do reservatório, maior será a quantidade de água passível de ser armazenada, porém isso implicará em um custo mais elevado. Dessa forma, é preciso fazer um planejamento que vise mensurar exatamente quanto de água de chuva poderá ser coletada e armazenada, estabelecer qual o tipo de tratamento (caso ele seja necessário) e considerar os benefícios derivados do uso conjunto da água de chuva atrelada a outras possíveis formas de reaproveitamento. Em muitos casos, é comum tentar atender toda a demanda de água não potável usando somente a água de chuva, levando a um superdimensionamento do reservatório de acumulação. Por isso, o melhor é considerar uma margem de segurança baseada em estudos de dimensionamento, também chamada de confiabilidade do sistema (ANNECHINI, 2005; SILVA, 2010).

Diante disso, é imprescindível que a decisão de implantar um sistema de aproveitamento seja antecedida por uma análise de viabilidade técnica e econômica. Segundo o manual “Considerações para o Aproveitamento de Águas Pluviais” produzido pela USP (2011), esse prognóstico deve considerar: o balanço hídrico que envolve a demanda e a oferta de água coletada; as condições da área de captação quanto à existência de impurezas e sujidades; o espaço disponível para instalar todos os componentes do sistema; o tipo de tratamento a ser empregado e os parâmetros que se pretende controlar; os custos envolvidos, sejam eles de execução, operação ou manutenção; e o tempo de retorno de investimento (RODRIGUES, 2017). Sobre esse último, é conveniente ponderar que ele ocorre lentamente, majoritariamente em sistemas dotados de menores áreas de captação. Portanto, a escolha de instalar um sistema de aproveitamento, deve-se pautar na busca por uma sustentabilidade e conservação dos recursos hídricos e não apenas se pensando em economia financeira (ANNECHINI, 2005).

No geral, quando um sistema de aproveitamento de águas pluviais é dimensionado de forma correta e eficiente, com reservatórios bem mantidos e mecanismos de tratamento satisfatórios, pode-se esperar a oferta de uma água com baixo risco sanitário para ser usada em fins não potáveis (SILVA, 2018). Um exemplo de aplicação de um sistema como esse é o de uma empresa do ramo da floricultura chamada Primavera Ltda, que instalou em suas

dependências um sistema que consiste na captação de água de chuva utilizando a cobertura da quadra de tênis pertencente à empresa, como mostrado na Figura 2 (KOBİYAMA, 2005).

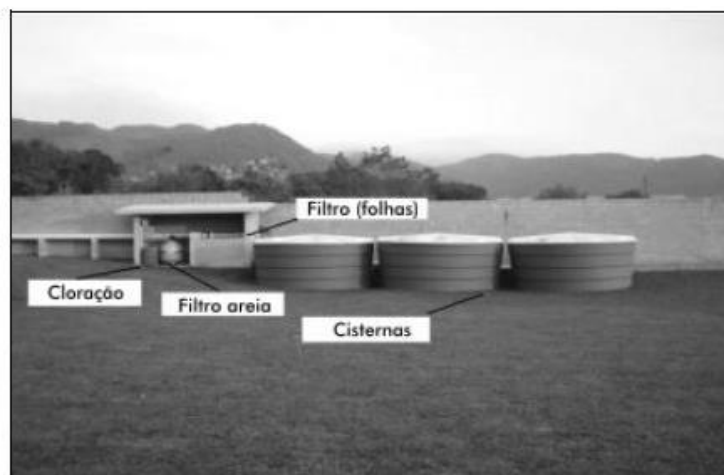
Figura 2 – Área de captação da quadra de tênis



Fonte: Kobiyama, 2005

Esse sistema é dotado de calhas e condutores que transportam a água até um conjunto de cisternas individuais que somam 60.000 litros, passando anteriormente por um filtro de materiais grosseiros. Após as cisternas, a água passa por uma filtração granular e cloração, como apresentado na Figura 3, para então ser bombeada para um reservatório elevado e então ser distribuída para os pontos de uso. Esses pontos estão localizados nas dependências internas da empresa, mais precisamente nos lavatórios e bacias sanitárias dos banheiros. Vale salientar ainda que outros usos também demandam a água de chuva coletada, como a rega das flores das estufas e do jardim externo e a lavagem dos pisos da propriedade (KOBİYAMA, 2005).

Figura 3 – Cisternas e filtros do sistema

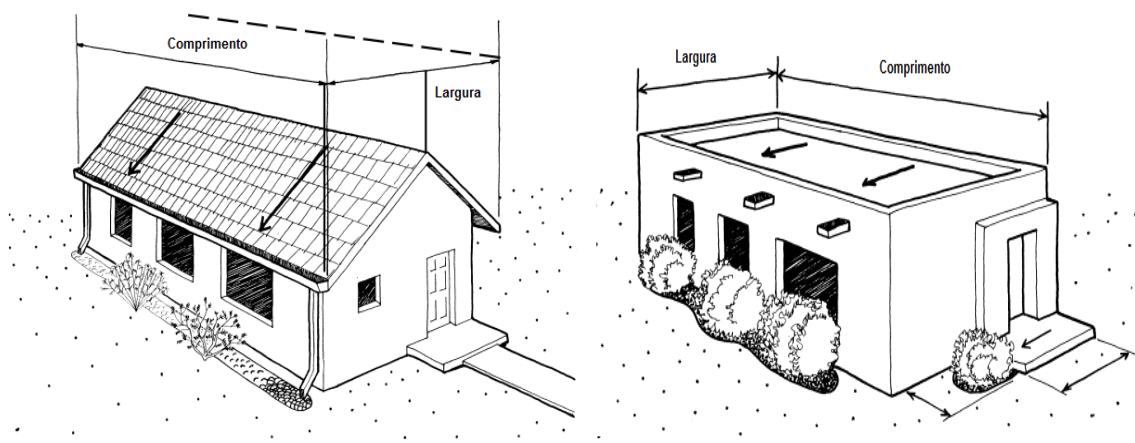


Fonte: Kobiyama, 2005

4.2.1. Área de Captação

Diversos materiais podem compor a superfície de captação, dentre eles: cerâmica, fibrocimento, concreto armado, manta asfáltica, ferro galvanizado, plástico, vidro, zinco, policarbonato, acrílico, entre outros. O tipo de material escolhido, assim como as inclinações definidas em projeto, pode influenciar diretamente na quantidade e na qualidade da água armazenada (SILVA, 2010; DIAS, 2010). Por exemplo, telhas cerâmicas feitas de argila têm uma tendência a aumentar a turbidez e apresentar um maior risco microbiológico para a água de chuva captada, sendo assim, telhados metálicos são preferíveis nesse aspecto (SOUZA, 2011; THOMAS et al., 2001).

Figura 4 – Exemplos de área de captação



(a) Em telhado, à esquerda (b) Em laje, à direita

Fonte: Waterfall, 2004

O coeficiente de escoamento superficial, denominado de coeficiente de Runoff, também é outra variável que depende diretamente do material constituinte da área de captação. Ele quantifica a parcela de água precipitada que efetivamente escoará. Logo, entende-se que quanto mais rugoso for o material, maior será a absorção de água e dessa forma, menor será o volume captado pelo sistema de aproveitamento, e vice-versa. Uma aplicação disso, é que telhados metálicos diminuem as perdas, por serem mais lisos, enquanto que telhados cerâmicos aumentam as perdas, devido a sua textura mais rugosa (HAGEMANN, 2009; TOMAZ, 2005). Costa (2011) acrescenta que, no Brasil, o valor mais comumente adotado é o de 0,80, que equivale a uma perda de 20% relativa à limpeza e evaporação.

Tabela 1 – Valores médios de coeficiente de Runoff para alguns materiais

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

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2015

4.2.1.1. Telhado Verde

Um sistema construtivo composto por uma cobertura vegetal de grama ou outra vegetação, podendo ser instalada em lajes ou sobre telhas convencionais, ganha o nome de telhado verdade, cobertura verde ou ainda jardim suspenso. Uma de suas principais características é a de reter parte da água das chuvas, fazendo com que elas escoem mais lentamente, contribuindo para aliviar a carga dos sistemas de drenagem e atenuar os efeitos de uma possível enchente. Uma característica secundária é o conforto térmico garantido por esse tipo de cobertura, que por ser composta de vegetação, dissipa parte da energia solar pelo mecanismo de evapotranspiração. Assim, atenua-se a troca de calor entre os ambientes interno e externo de uma edificação (SILVA, 2014; BASSO, 2013).

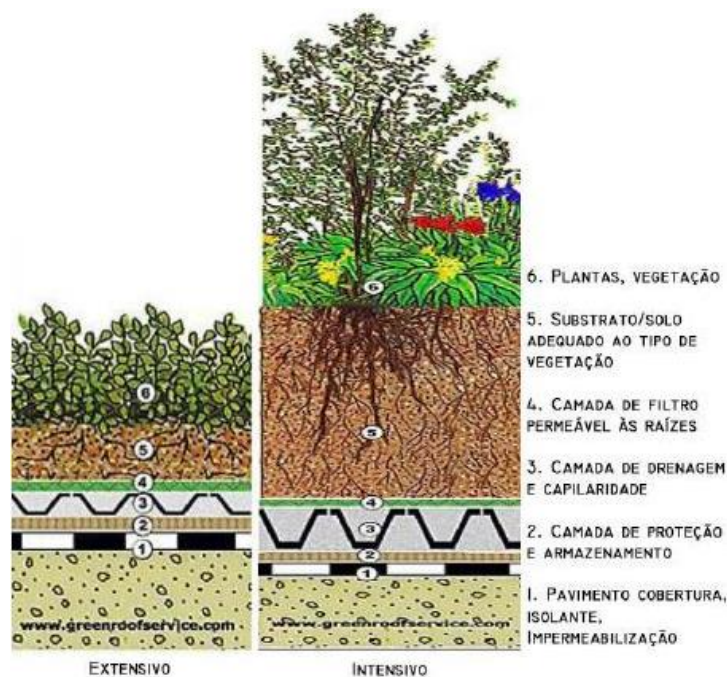
Os estudos a respeito dessa tecnologia se iniciaram na Alemanha, mais precisamente na década de 1950, impulsionado por princípios ambientais e ecológicos que visavam atuar na conservação de energia e minimizar a escassez hídrica. Logo na década de 1960, os telhados verdes já eram estudados por todo continente europeu e ganhava espaço em grandes metrópoles do mundo, como a cidade de Nova Iorque (HENEINE, 2008; BASSO, 2013).

O telhado verde possui tipologias distintas, e fatores como tipo de vegetação, espessura das camadas, manutenção e volume de materiais utilizados, ajudam a definir aquela mais adaptada para cada situação.

Para a *International Green Roof Association* – IGRA existem três tipologias: extensivo, intensivo e semi-intensivo. Os telhados verdes extensivos são caracterizados pelo uso de plantas rasteiras de pequeno porte e necessitam de menos água e menos manutenção. Os intensivos, por sua vez, precisam de uma estrutura com maior capacidade de carga, pois a vegetação utilizada é de médio à grande porte. Além disso, na tipologia intensiva, há custos mais elevados

com execução, irrigação e manutenção se comparada com a extensiva. Os semi-intensivos, por sua vez, é uma tipologia híbrida, com aspectos extensivos e intensivos (SILVA, 2014; BUDEL, 2014).

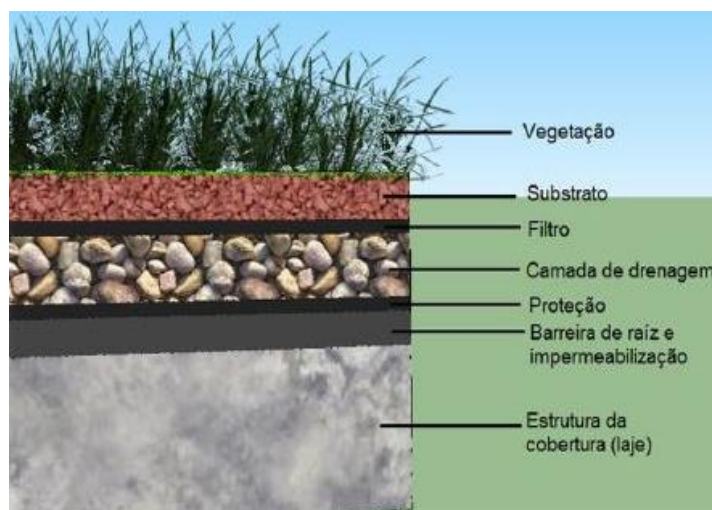
Figura 5 – Telhados verdes extensivo e intensivo



Fonte: Silva, 2014

Os componentes dessa tecnologia, como ilustrado na Figura 6, são: barreira anti-raíz, camada de proteção, camada de drenagem, camada filtrante, substrato e nível de plantas (BUDEL, 2014).

Figura 6 – Camadas do telhado verde



Fonte: Basso, 2013

Diferentemente de um telhado convencional, o telhado verde se comporta de modo a reter parte da água de chuva que incide sobre ele, e libera a outra parte mediante escoamento. Assim, um sistema de aproveitamento que adota esse tipo de cobertura, apresenta uma diminuição da precipitação aproveitável e pode contar com reservatórios de capacidade inferior, diminuindo os custos totais de implementação do sistema (SILVA, 2014). Por isso, a cobertura verde não é indicada para projetos de aproveitamento que queiram captar o máximo de precipitação, já que ela pode reter cerca de 40 a 70% da água de chuva (RODRIGUES, 2017). Entretanto, esse volume da precipitação que não é aproveitado pelo sistema não deve ser considerado como perda de água, pois ele é utilizado para manter a vegetação viva, e não para ser descartado para drenagem urbana (FERREIRA; MORUZZI, 2007).

A qualidade da parcela de escoamento de um telhado verde depende de diferentes fatores. O principal deles é o tipo de telhado, no tocante a espessura da camada de solo, a composição desse solo e o tipo de vegetação utilizado. Pode-se citar também a idade e a frequência de manutenção do telhado e ainda, a influência da área circundante, sendo ela industrial, residencial ou comercial, atrelado do nível de poluição (BUDEL, 2014).

Cunha (2004) mostrou que simulando uma certa quantidade de precipitação, nesse caso 35,41mm, o telhado verde conseguiu retardar o escoamento em até 13,91mm, isso considerando o substrato ainda insaturado. Moran et al. (2004) também analisaram a capacidade de retenção desse tipo de cobertura. Constataram que, inicialmente, ele foi capaz de reter 15mm de chuva. A retenção média foi de 63% em relação a precipitação analisada, reduzindo o pico de vazão em torno de 78 e 87%. Sendo assim, o telhado verde se mostra eficaz em reduzir o escoamento superficial, mesmo no pico de vazão.

Todavia, Teemusk e Mander (2007) analisaram eventos chuvosos sequenciais e concluíram que eles tornam o substrato saturado, diminuindo a capacidade de retenção. Em uma sequência de chuvas que duraram 6 dias, resultou-se numa precipitação total de 18,2mm, dos quais 12,1mm foram escoados para o sistema, ou seja, aproveitou-se cerca de 66,5% dessa chuva. Eles também compararam dois eventos extremos de chuva, um com 1,9mm de precipitação e outro com 18,2mm. Os autores inferiram que na precipitação menor (1,9mm), o escoamento do telhado só iniciou depois de uma hora de chuva. Já na precipitação maior (18,2mm), o escoamento acontece com 20 minutos de chuva. Dessa maneira, quanto mais rápido o substrato saturar, mais rápido se iniciará o escoamento.

Em termos de qualidade da parcela de água de chuva que escoar e é considerada como aproveitável, muito se discute se ela melhora ou piora, ou ambas as situações, quando passa através das camadas do telhado verde. Castro (2011) destaca que parâmetros como sólidos totais, fósforo total, nitrogênio, nitrato, turbidez, DBO, aumentam por causa da vegetação e seu substrato, levando a uma piora da qualidade. Já Tomaz (2005) afirma que a vegetação melhora a qualidade, já que realiza uma biofiltração da água, reduzindo a incidência de micro-organismos, e que por conta disso, seria possível até desconsiderar o descarte dos primeiros milímetros de chuva. O Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações, ao mesmo tempo que aponta que o telhado verde é indicado em diversos países por aproximarem a qualidade da água aos padrões mínimos de utilização, também discorre que ele pode contribuir negativamente para a qualidade, ao lixiviar possíveis contaminantes presentes nas camadas desse telhado (ANA, 2005). Sendo assim, percebe-se que ainda existe muita controvérsia a respeito desse aspecto em específico, e mais estudos devem ser conduzidos para se chegar a um ponto comum.

No Brasil, estudos já foram conduzidos na intenção de se verificar o comportamento dos telhados verdes e a influência da sua configuração na qualidade e quantidade de água de chuva aproveitável. Budel (2014) comparou a água de chuva captada em duas casas distintas: uma com telhado verde e outra com telhado convencional inclinado de telhas de concreto. Verificou-se que o telhado convencional apresentou menor turbidez e menor concentração de matéria orgânica. Já o telhado verde, apresentou um pH menos ácido, e maiores valores de coliformes totais e termotolerantes (*E. coli*). No geral, para que os sistemas das duas casas atendessem aos parâmetros para fins não potáveis da NBR 15.527/2007 (vigente à época), seria necessário acrescentar uma etapa de desinfecção.

Savi e Tavares (2018) buscaram comparar o desempenho entre telhados verdes compostos por tipos de vegetações distintas. Nesse caso, todas as outras camadas do telhado seriam montadas da mesma maneira, mudando apenas a espécie da planta utilizada. Ao comparar as espécies vegetais, os autores concluíram que as características morfológicas das plantas influenciam diretamente na retenção da água de chuva, como exemplo, pode-se destacar o fechamento do solo. Quanto mais a planta deixava o substrato exposto (menor fechamento) à radiação solar, menor era a umidade do solo, ocasionando um aumento na retenção de água nos vazios do substrato.

4.2.2. Calhas e Condutores

As calhas e condutores são as partes do sistema responsáveis por transportar a água que foi coletada pela superfície de captação até um próximo componente do sistema, seja ele um dispositivo de descarte dos primeiros milímetros, uma unidade de tratamento, ou mesmo o reservatório de acumulação.

Os materiais mais comumente usados para as calhas e condutores são o PVC ou materiais metálicos, como alumínio e aço galvanizado. Esses dois últimos acabam sendo os mais adequados em virtude da resistência à corrosão que eles possuem. Contudo, independente da escolha, o material utilizado deve ser rígido, leve, bastante durável, pouco rugoso, e pouco sensível às variações de temperatura (LIMA, 2012). Outro aspecto importante, é que as calhas podem apresentar diferentes formatos de seção, tais como: forma de V, forma de U, semicircular, quadrada ou retangular (LISBOA, 2011).

O correto dimensionamento do sistema de transporte é fundamental para que ele comporte o volume de água sem causar transbordamentos e perdas, ou até problemas estruturais na edificação. As normas brasileiras orientam na concepção de calhas e condutores, a exemplo da NBR 10.844/1989 que determina uma inclinação horizontal mínima de 0,5% com o propósito de gerar um escoamento da água por gravidade (RODRIGUES, 2017). A NBR 15.527/2019 acrescenta que para realizar o dimensionamento, fatores como o período de retorno escolhido para precipitação, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica devem ser atenciosamente considerados e estudados (ABNT, 2019a).

Além disso, é importante destacar que os condutos verticais devem ser projetados com diâmetro mínimo de 70mm e tentando mantê-los sempre em uma só prumada, mas como nem sempre isso é possível, devem ser planejadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, para quando se necessitar mudar de direção (SOUZA, 2011).

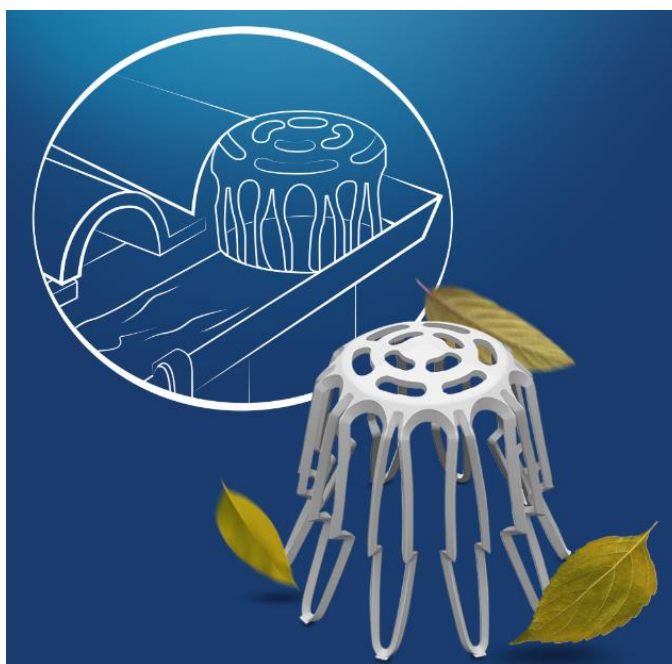
As calhas e condutores devem ser dotados de um sistema de filtração de materiais grosseiros, com o objetivo de impedir que materiais como folhas, galhos e outros de maior porte ocasionem o entupimento das tubulações. Nas calhas, podem ser utilizados telas ou grades (Figura 7) e ralos hemisféricos (Figura 8) que são instalados na saída para o condutor vertical (OLIVEIRA, 2007).

Figura 7 – Calha protegida com tela



Fonte: <https://www.telasplasticas.com.br/>

Figura 8 – Ralo hemisférico



Fonte: Tigre, 2023

Nos condutores verticais, pode-se instalar caixas separadoras de folhas (Figura 9) ou filtros autolimpantes, que retêm os materiais grosseiros e os lançam automaticamente para fora das tubulações (SILVA, 2010). Esses filtros com peneiras autolimpantes podem ser encontrados no mercado, a exemplo dos dispositivos da empresa 3P Technik, com modelos empregados para telhados de diferentes tamanhos.

Figura 9 – Caixa separadora de folhas



Fonte: Fortlev, 2019

O modelo VF1 é recomendado para telhados de até 400m² de área. Seu funcionamento se inicia quando a água de chuva entra lateralmente no filtro e passa pelo sistema de cascatas, que retém os materiais mais grosseiros (folhas e gravetos, por exemplo) e os direciona para o descarte, como mostrado na Figura 10. Em seguida, a água mais limpa é conduzida a passar por uma tela de aço-inox (malha de 0,65mm) situada abaixo do sistema de cascata, para que ocorra uma filtração de materiais mais finos antes que essa água seja armazenada no reservatório final.

Figura 10 – Filtro autolimpante modelo VF1



Fonte: 3P Technik (<https://www.3ptechnik.com.br/3p-filtro-volumetrico-vf1.html>)

O modelo Compacto 3P (Figura 11) tem uma capacidade de conexão para telhados de até 150m² de área, e tem uma característica especial de poder ser usado quando não há diferença de altura entre a entrada e a saída. Seu mecanismo de filtração baseia-se em um cartucho filtrante que retira as sujidades, que deslizam junto com o fluxo de água para a saída do filtro. Com isso, a água limpa cai pelo tubo vertical e segue para o armazenamento. Já o modelo

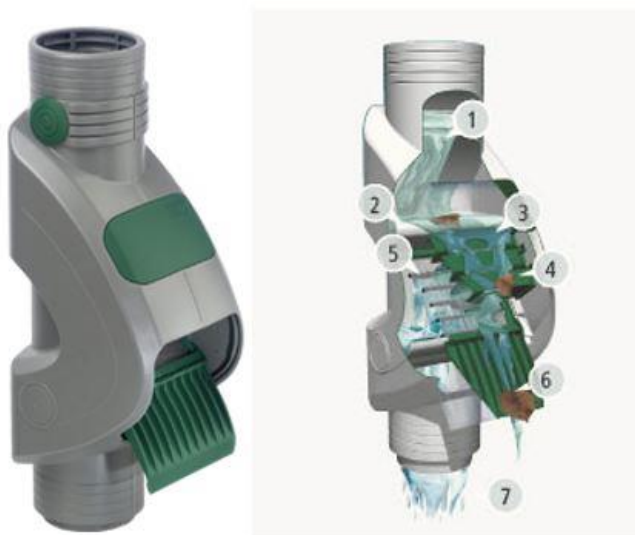
Rainus, apresenta a menor capacidade, sendo recomendado para telhados com área de até 70m² e feito para ser instalado na direção vertical, como mostrado na Figura 12. A filtração dos detritos maiores acontece por meio de aletas transversais e as partículas mais finas são retidas pela peneira fina posicionada abaixo dessas aletas.

Figura 11 – Filtro autolimpante modelo Compacto 3P



Fonte: 3P Technik (<https://www.3ptechnik.com.br/filtro-compacto-3p.html>)

Figura 12 – Filtro autolimpante modelo Rainus



Fonte: 3P Technik (<https://www.3ptechnik.com.br/3p-rainus-filtro-para-tubo-de-queda.html>)

Outro exemplo de filtro de materiais grosseiros (Figura 13) é o desenvolvido por Magri et al. (2008), que consiste em uma unidade de peneiramento formada por uma caixa em fibra de vidro com quatro peneiras, inclinadas em 60° com a horizontal, no seu interior. A inclinação das peneiras ajuda no escoamento da água e nas futuras limpezas do sistema. Essas peneiras, por sua vez, precisam ser produzidas com nylon e ter dimensões de 148x115mm.

Figura 13 – Filtro com peneiras de nylon



Fonte: Magri et al., 2008

Cabe destacar também o filtro idealizado pela Sempre Sustentável (2014) que se trata de um projeto experimental de baixo custo. Esse filtro foi desenvolvido para ser instalado verticalmente, direto no condutor de descida da água. Consiste basicamente em utilizar dois pedaços de tubo de PVC encaixados, com uma tela (tipo mosquiteiro) inclinada em 45° entre esses tubos, e uma abertura lateral para o descarte de sujeiras. O esquema de funcionamento é ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Esquema de funcionamento do filtro de baixo custo



Fonte: Sempre Sustentável, 2014

Figura 15 – Versões do filtro em diferentes tamanhos



Fonte: Sempre Sustentável, 2014

Dependendo da área de captação de chuva, pode-se confeccionar esse filtro com diferentes tamanhos de tubo PVC (Figura 15), de modo que, para telhados de até 15m² utiliza-se tubos de 50mm, para até 50m² opta-se pelo de 75mm e o de 100mm para aqueles maiores que 50m².

4.2.3. Dispositivos de Descarte dos Primeiros Milímetros de Chuva

As águas pluviais, em seu processo natural de formação dentro do ciclo hidrológico, são consideradas muito limpas e com uma qualidade química apropriada para diversos usos. Entretanto, quando em contato com a poluição das grandes zonas urbanas, com intenso fluxo de veículos e diversas indústrias, essa água acaba tendo sua composição alterada. Em casos mais extremos, os gases poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis, ao entrar em contato com a água das chuvas, formam compostos como os ácidos nítrico e sulfúrico, que alteram o pH da mesma para valores abaixo de 5. Esse evento é conhecido como chuva ácida (LUNA et al., 2014; ARAÚJO, 2015; TEIXEIRA et al., 2017).

Somado a isso, quando a água da chuva começa a incidir sobre a superfície de captação e escoar para as calhas, ela carrega consigo além das impurezas da atmosfera, aquelas que se acumularam no telhado no intervalo entre dois eventos chuvosos, como fezes de aves e roedores, folhas, detritos, poeira, pequenos animais mortos e micro-organismos patogênicos. Assim, quanto mais tempo se passar desde a última chuva ocorrida, maior será o volume de impurezas presentes na área de captação (TOMAZ, 2003; ANDRADE NETO, 2013; SILVA, T., 2018).

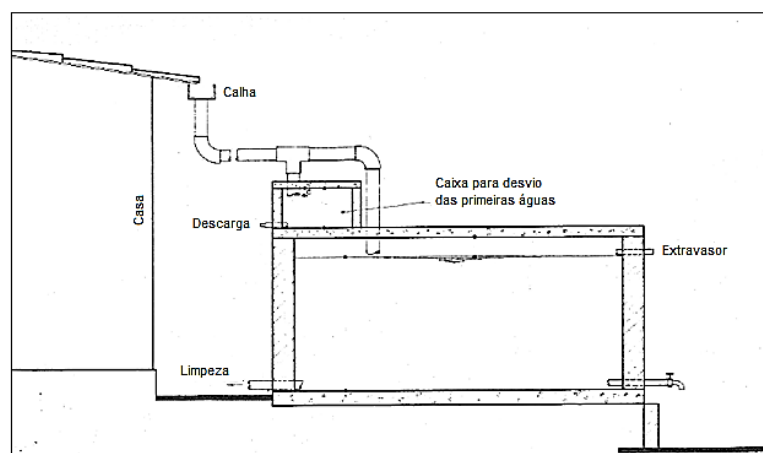
Desse modo, é de extrema importância que esse volume inicial de chuva seja desviado e descartado do sistema de aproveitamento, pois assim é possível evitar que grande parte dessas impurezas sejam transportadas até o reservatório de acumulação. Podendo até reduzir a necessidade de uma etapa de tratamento, a depender da qualidade final da água coletada. Dependendo da região, estudos indicam que se pode descartar cerca de 0,5 a 2,5mm da precipitação inicial (TOMAZ, 2003). A norma NBR 15.527 acrescenta ainda que na falta de dados locais, é viável adotar um descarte dos primeiros 2mm de chuva (ABNT, 2019a).

Acerca do volume a ser desviado pelos dispositivos em questão, Bona (2020) entende que pode ser adotado o critério de tempo, considerando o montante que se acumular nos primeiros 10 minutos de precipitação após longas estiagens. Pode-se ainda reduzir esse tempo caso o intervalo entre os eventos de chuva seja curto. Já Dacach (1987), considera que as variáveis para o dimensionamento devem ser os milímetros de precipitação em relação à área de captação. Por isso, o autor indica que o reservatório de descarte deve comportar de 0,8 a 1,5 L/m² de superfície, ou seja, comportar os primeiros 0,8 a 1,5mm de chuva.

Os dispositivos de descarte dos primeiros milímetros de chuva podem funcionar de modo manual ou automático. Convencionalmente, esse funcionamento era manual e consistia em desconectar as tubulações condutoras das calhas e só reestabelecer a conexão depois de certo tempo em relação ao início da chuva. Observa-se facilmente que esse procedimento é extremamente falho, pois quando o evento chuvoso ocorrer no período em que os residentes estejam dormindo ou ausentes, o procedimento não será realizado. Além disso, não se consegue controlar a quantidade descartada manualmente, ou mensurar se essa foi suficiente para limpar a área de captação (ARAÚJO, 2015).

Em razão disso, os dispositivos de descarte operando de forma automática se tornaram opções mais eficientes e seguras para compor o sistema de aproveitamento. Eles se apresentam em diferentes estilos. O modelo mais básico e difundido é aquele baseado no fechamento hídrico. Andrade Neto (2003) explica que o componente principal desse dispositivo é um minitanque que vai armazenar a água dos primeiros milímetros de precipitação. Assim que a água escoar pelo telhado em direção as calhas, ela é encaminhada para o minitanque até que o mesmo esteja completamente cheio, como mostrado na Figura 16.

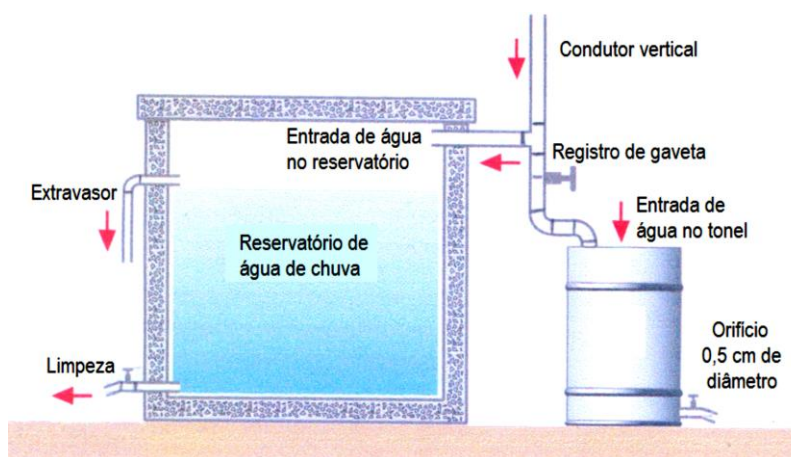
Figura 16 – Dispositivo de descarte pelo princípio do fechamento hídrico



Fonte: Andrade Neto, 2003

Quando este tanque estiver completamente preenchido (com a água de qualidade inferior), o restante do fluxo de água, agora bem mais limpa, segue automaticamente para o reservatório de acumulação. No fim da precipitação, o minitanque retém os primeiros milímetros de chuva, e precisa ser esvaziado por meio de uma tubulação de descarga, para que possa funcionar no próximo evento chuvoso (ANDRADE NETO, 2003). A Figura 17, ilustra outra configuração para dispositivo seguindo o princípio do fechamento hídrico.

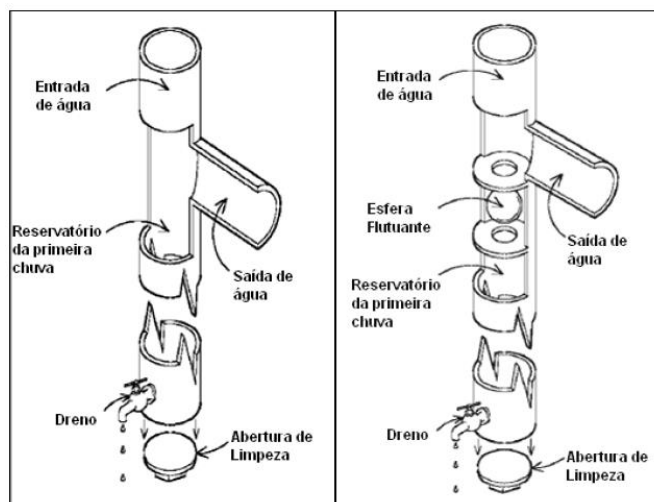
Figura 17 – Outra configuração de dispositivo de descarte por fechamento hídrico



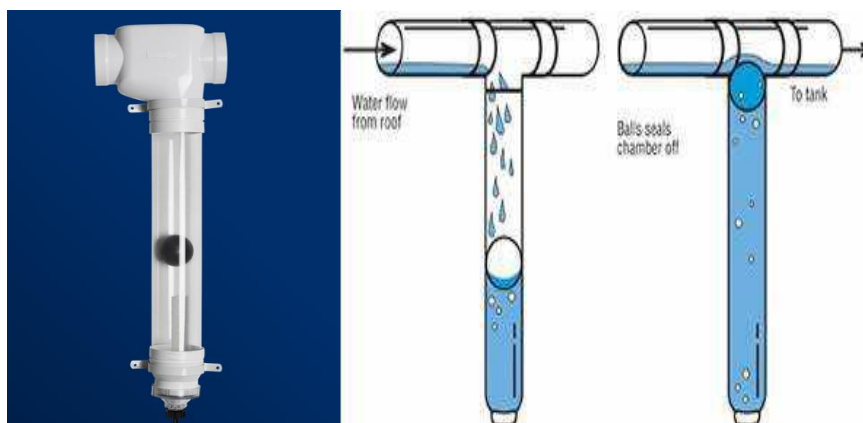
Fonte: Dacach, 1990

Hagemann (2009) apresenta outro exemplo de dispositivo que funciona pelo princípio do fechamento hídrico, presente no trabalho do Texas Water Development Board – TWDB (2005). Ao contrário do modelo de Andrade Neto (2003), não se usa um minitanque para armazenar a água que vai ser descartada, e sim um tubo de PVC dimensionado exatamente para o volume desejado (Figura 18).

Figura 18 – Modelo de dispositivo de descarte da TWDB



Fonte: Adaptado de TWDB, 2005

Figura 19 – Modelo de dispositivo de descarte da *Rain Harvesting*

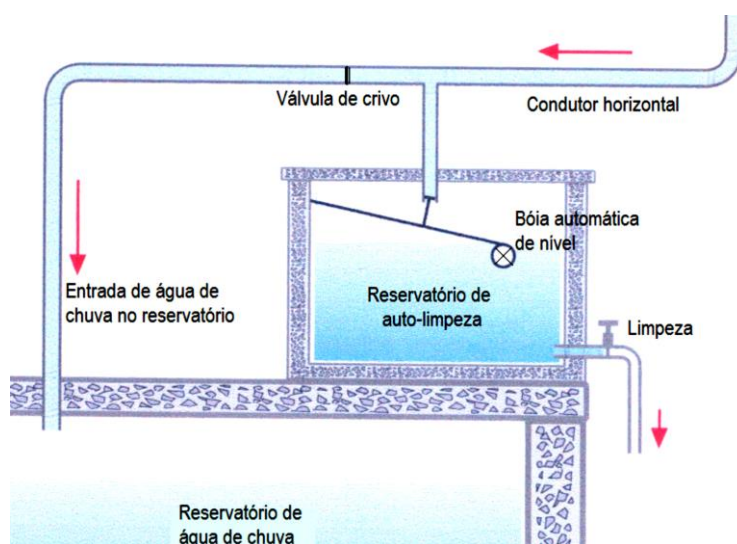
Fonte: Rain Harvesting, 2023

Quando esse tubo se enche, a água é desviada para conduto principal, que a leva até o reservatório final. Uma adaptação desse modelo, também vista na Figura 18, conta em seu interior, com uma válvula esférica flutuante que vai subindo até obstruir a entrada do tubo, de modo que o fluxo de água passa a ser encaminhar para o reservatório final. Em ambos os casos, sempre que a chuva cessa, esse dispositivo precisa ser aberto na sua extremidade inferior, a fim de esvaziá-lo e prepará-lo para a próxima chuva (HAGEMANN, 2009). Semelhante a esse modelo do tubo de PVC com válvula esférica, encontra-se no mercado o aparelho da empresa australiana *Rain Harvesting*, que funciona basicamente pelo mesmo mecanismo, como mostrado na Figura 19.

Outra configuração para dispositivo de descarte é o reservatório de autolimpeza com torneira boia (Figura 20). Trata-se de um tanque com uma boia em seu interior. O tanque vai sendo preenchido até que atinge certo nível pré-estabelecido no qual a boia interrompe a entrada de água. Dessa maneira, o restante do fluxo segue diretamente para o reservatório final (HAGEMANN, 2009).

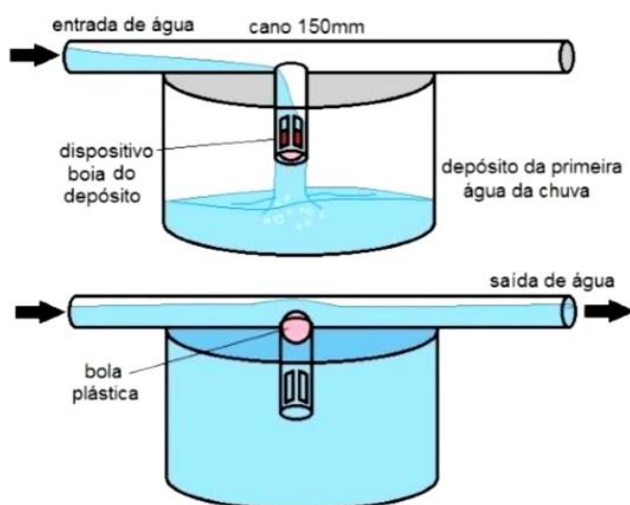
Um modelo semelhante está mostrado na Figura 21. A única diferença é que em vez de uma torneira boia, esse utiliza uma esfera flutuante com diâmetro maior que o da entrada do reservatório, conseguindo assim, obstruí-la (RODRIGUES, 2017).

Figura 20 – Modelo de dispositivo de descarte com torneira boia



Fonte: Dacach, 1990

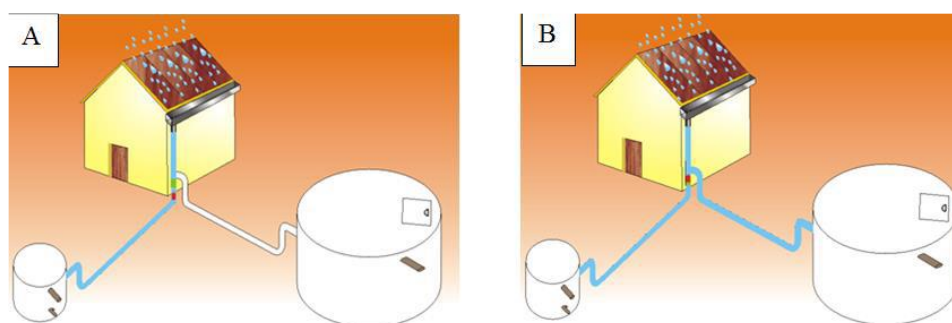
Figura 21 – Modelo de dispositivo de descarte com esfera flutuante



Fonte: Oliveira et al., 2012

É importante destacar uma tecnologia social desenvolvida pelo Centro de Educação Popular e Formação Social – CEPFS, que também funciona de forma similar ao mecanismo da válvula esférica flutuante. Essa tecnologia utiliza um minireservatório para comportar os dois primeiros milímetros de chuva, e garrafas PET para fazer a vedação necessária (ARAÚJO, 2015).

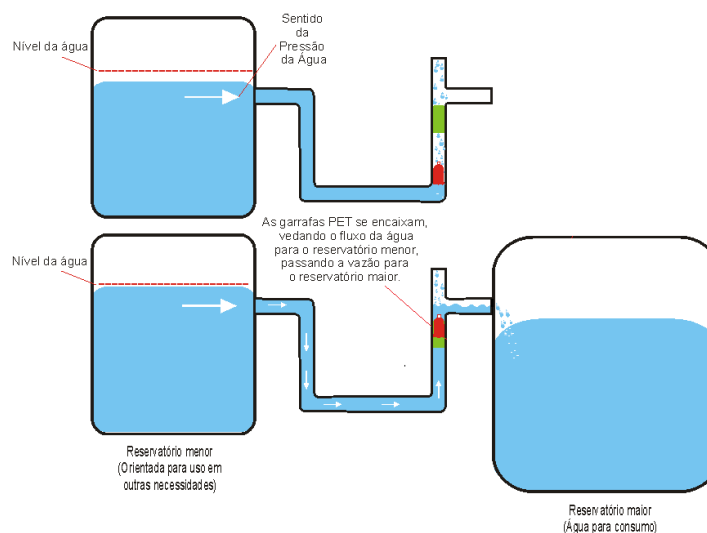
Figura 22 – Modelo de dispositivo de descarte da CEPFS



(a) água se direcionando para o minireservatório (b) água se direcionando para o reservatório de armazenamento

Fonte: <https://cepfs.org.br/>

Figura 23 – Esquema de funcionamento do dispositivo de descarte da CEPFS



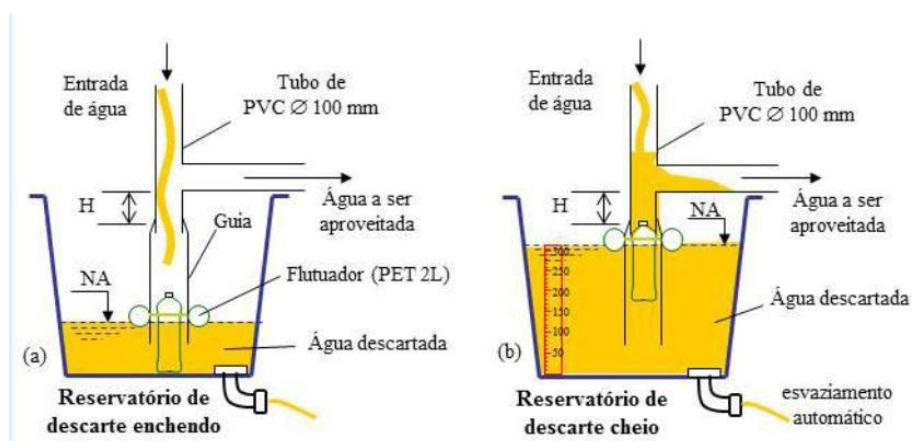
Fonte: Araújo, 2015

Para o sistema funcionar, é preciso montar a tubulação como apresentado na Figura 22, com uma abertura que direciona a água para o minireservatório de descarte (abertura 1) e outra abertura para o reservatório de acumulação (abertura 2). Na abertura 1, coloca-se uma garrafa PET de 2 litros sem gargalo e fundo, e no joelho da tubulação é inserida uma garrafa PET fechada de 1 litro. Desse modo, quando todo volume do minireservatório é preenchido, a garrafa

PET de 1 litro move-se em direção à outra garrafa. Ao se encontrarem acontece a vedação, desviando o fluxo de água para o reservatório de acumulação (ARAÚJO, 2015). A Figura 23 ilustra melhor esse procedimento.

Dalsasso e Guedes (2017) desenvolveram um estudo utilizando um dispositivo de descarte semelhante ao modelo do CEPFS. Esse dispositivo possui um sistema flutuante guiado (Figura 24), construído com tubos de PVC e garrafas PET de 2 litros. Durante o funcionamento, à medida que o nível de água no reservatório de descarte aumentava, o sistema flutuante subia até obstruir a entrada e desviar o fluxo de água. Essa obstrução acontecia depois de alguns minutos de chuva, a depender da vazão. Os autores constataram que ao descartar as primeiras águas, houve decaimento na taxa de coliformes totais e matéria orgânica e ausência de *E. coli* na água aproveitada.

Figura 24 – Modelo experimental de dispositivo de descarte



Fonte: Dalsasso e Guedes, 2017

No Brasil, o grupo de pesquisa do Laboratório de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, desenvolveram um instrumento de desvio automático, denominado DESVIUFPE, que é confeccionado a partir de tubos e conexões de PVC, com uma montagem rápida e simples que não deixa de garantir estanqueidade ao sistema, como apresentado na Figura 25 (ARAÚJO, 2015).

Durante a montagem do dispositivo, é preciso dimensionar corretamente a quantidade de tubos, que é proporcional ao tamanho da área de captação e ao volume de água que se pretende descartar. Ainda, é imprescindível que todos os tubos tenham o mesmo comprimento, para que possam ser devidamente interligados pelos “tês” e inserir uma torneira de passagem que tem a função de esvaziar o sistema (OLIVEIRA; MARTINS, 2020).

Figura 25 – Dispositivo de descarte DESVIUFPE



Fonte: Araújo, 2015

O funcionamento do DESVIUFPE é baseado no princípio do fecho hídrico combinado com o princípio dos vasos comunicantes. À medida que o telhado é lavado pela chuva, a água é encaminhada para os tubos verticais do dispositivo. Quando eles ficam totalmente preenchidos, a água de melhor qualidade começa a ser direcionada para a cisterna. No momento em que a precipitação é finalizada, deve-se abrir a torneira de passagem para esvaziar o sistema. Geralmente, os sistemas desse tipo são dimensionados para comportar 1 litro de água chuva por metro quadrado do telhado, isso sem considerar as perdas ocasionadas por evaporação, a parcela que é absorvida pelo material das telhas e o que venha a cair fora das calhas (SILVA, T., 2018).

Devido a sua simplicidade e eficiência, alguns estudos buscaram avaliar como o DESVIUFPE atuava no descarte dos primeiros milímetros de chuva. Lima (2012) instalou esse dispositivo em uma residência da zona rural do município de Pesqueira – PE. Partindo das análises feitas, o autor concluiu que o descarte proporcionado pelo dispositivo foi capaz de reduzir os parâmetros de turbidez em 63%, cor em 67%, coliformes totais em 94% e *Escherichia coli* em 100%.

Silva, T. (2018) avaliou indicadores microbiológicos utilizando o modelo padrão do DESVIUFPE e uma versão modificada do mesmo. A autora comparou a qualidade da água desviada pelos dispositivos com a água que chegava à cisterna, para observar a eficácia desses em atenuar a presença de micro-organismos na água armazenada. Em relação à remoção de

coliformes totais, o DESVIUFPE apresentou 86,6% e o DESVIUFPE Modificado apresentou 83,3%. Já para *E. coli*, os valores foram de 95,1% e 94,4%, respectivamente. Com isso, percebe-se que tanto o DESVIUFPE quanto sua versão modificada foram bastante eficazes.

Araújo (2015) comparou a água desviada por três modelos diferentes de dispositivo, com a água que chegava ao reservatório final, a fim de atestar a remoção microbiológica. Os modelos foram: o de fecho hídrico, o com boia e o DESVIUFPE. Para a remoção de coliformes totais, o autor obteve 100% com o primeiro modelo, 99,99% com o segundo e 99,52% com o terceiro. Em se tratando de remoção de *E. coli*, os percentuais foram de 100%, 100% e 99,23%, respectivamente.

4.2.4. Tratamento

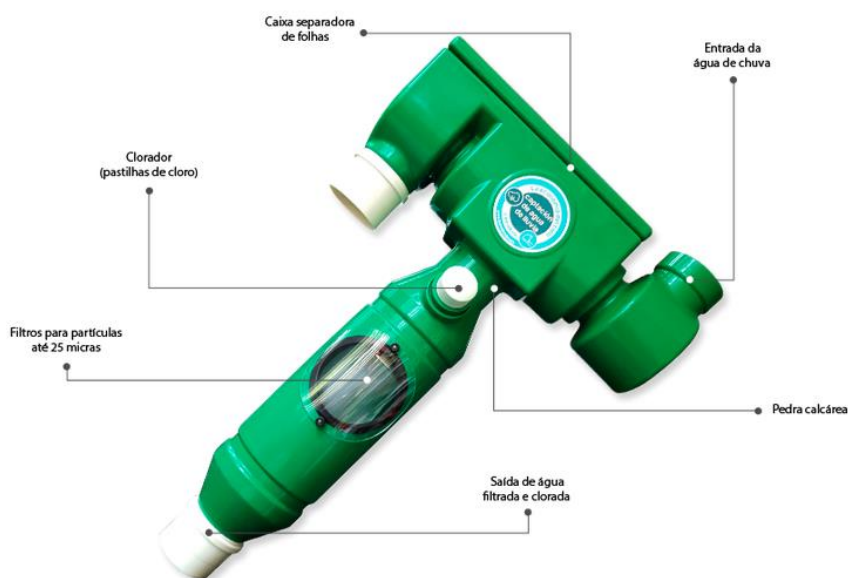
A água de chuva captada começa a ter sua qualidade melhorada assim que passa pela filtragem de materiais grosseiros presente nas calhas e condutores. Em seguida, ocorre outro processo de melhora pela utilização do dispositivo de descarte dos primeiros milímetros, que elimina uma elevada quantidade de micro-organismos e outros contaminantes. A etapa de tratamento, propriamente dita, só ocorre se for inserido no sistema de aproveitamento, o mecanismo de filtração, acompanhado ou não, da desinfecção (RODRIGUES, 2017).

Os padrões de qualidade da água podem ser analisados por meio de parâmetros microbiológicos e físico-químicos, presentes em legislações e normas nacionais, como a Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde, a Resolução nº 274 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a NBR 15.527/2019 da ABNT, que tratam dos limites aceitáveis a depender de cada uso requerido. Além disso, também é possível considerar as recomendações internacionais da *World Health Organization* (WHO), para se ter uma outra perspectiva na análise e avaliação da qualidade.

A escolha do sistema de tratamento adequado depende da qualidade que se pretende alcançar para o determinado uso requerido da água de chuva coletada. Normalmente, para usos em edificações, podem ser empregados tratamentos menos complexos como a sedimentação, filtração granular e desinfecção com cloro ou radiação ultravioleta. Todavia, existem mecanismos que geram altos níveis de qualidade, ainda que não sejam muito comuns de serem utilizados, como: coagulação e floculação com produtos químicos, sedimentação acelerada, filtração em camada dupla, sistema de oxidação avançada ou processos de membrana (ANA, 2005). Alguns desses procedimentos serão tratados mais adiante nesse trabalho.

Um interessante equipamento comercial que pretende reunir as etapas de tratamento de águas pluviais (descarte, filtração e desinfecção) de forma simples e a baixos custos, é o denominado Chove Chuva, mostrado na Figura 26. O aparelho é instalado diretamente em um condutor vertical. Segundo informações do fabricante, assim que entra no equipamento, a água passa por um cilindro de aço vazado (dentro da caixa separadora de folhas) que faz a filtração de materiais grosseiros, ao mesmo tempo em que descarta cerca de 20% dessa água. A parcela aproveitável de melhor qualidade, segue para as outras partes do Chove Chuva, entrando em contato com uma pedra calcária para correção do pH e logo em seguida com um clorador de pastilhas para desinfecção. Antes de ser coletada, a água ainda passa por um filtro de 0,025mm de malha para reter as partículas mais finas (RODRIGUES, 2017).

Figura 26 – Equipamento “Chove Chuva”



Fonte: Chove Chuva, 2016

Ao analisar a qualidade da água coletada, Rodrigues (2017) observou que o aparelho não foi eficaz em entregar uma água potável, pois não atingiu a ausência de coliformes totais e termotolerantes em 100% das amostras e não deixou um residual de cloro suficiente na água tratada. Dessa forma, verifica-se que o equipamento, trabalhando sozinho, garante apenas o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis.

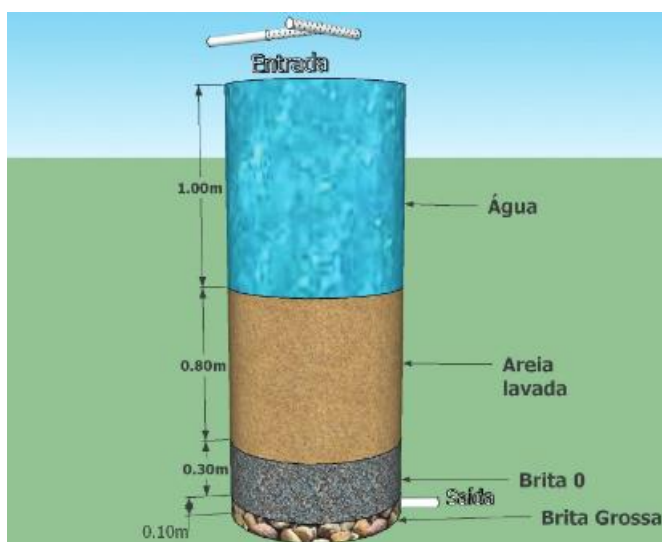
4.2.4.1. Filtração

A filtração é uma importante etapa de tratamento que consiste na passagem da água através de um meio filtrante que atua removendo diversos tipos de impurezas como partículas suspensas, coloidais e micro-organismos. Essa remoção ocorre à medida que as substâncias vão

se alojando nos poros do elemento filtrante, até chegar no nível em que o fluxo de água é praticamente interrompido. Esse momento determina o fim da operação, também conhecido como fim da carreira de filtração. Atualmente, a filtração já está bem disseminada e com um elevado potencial de aplicabilidade nos sistemas de tratamento (BASTOS, 2007).

Os filtros de leito granular (Figura 27) são compostos basicamente por uma camada filtrante, uma camada suporte e um sistema de drenagem para coleta do volume filtrado. Como elemento filtrante, é muito comum utilizar areia ou carvão antracito, organizados em camadas simples, duplas ou até triplas. Para a camada suporte, utiliza-se pedregulhos ou seixos rolados, com diâmetros de 2 a 50mm e uma massa específica superior a 2500 kg/m^3 (BRINCK, 2009; HIRT; SANTOS, 2011).

Figura 27 – Exemplo de vista interna de um filtro granular



Fonte: Leal, 2012

A camada filtrante é o componente principal no processo de filtração e por isso deve-se conhecer as características granulométricas dos materiais escolhidos para compor a mesma. É por meio dos ensaios de granulometria que se define o tamanho e a distribuição dos grãos do material, resultando na elaboração da curva de distribuição granulométrica (SILVA, 2015). Ruoso Junior et al. (2010) discorrem que quando do dimensionamento de um filtro é imprescindível que se defina a vazão antes de escolher o material filtrante. Se a areia for muito fina, dificultando o fluxo, pode causar um entupimento e transbordamento do filtro. Caso a areia seja muito grossa, o filtro pode não alcançar a eficiência desejada para reter as partículas sólidas.

Existem diferentes maneiras de classificar a filtração. Uma delas diz respeito ao comportamento do fluxo, podendo ser ascendente ou descendente. A filtração ascendente é aquela em que o fluxo é no sentido de baixo para cima, ou seja, primeiro a água passa pela camada filtrante mais grossa e depois pela mais fina. Já na filtração descendente acontece o oposto (SILVA, 2015).

Outra forma de classificar a filtração é definir se ela é lenta ou rápida. Tratando primeiro dos filtros lentos, esses se caracterizam principalmente por apresentarem baixas taxas da filtração, da ordem de 3 a 9 m³/m²/dia, combinando o mecanismo de retenção de partículas com tratamento biológico (BASTOS, 2007). A areia utilizada neles é mais fina e isso faz com que as partículas sólidas se acumulem no topo do leito da camada filtrante, formando uma camada microbiológica conhecida como biofilme. Essa camada é constituída por diversos micro-organismos, como: bactérias, fungos, protozoários e até larvas de insetos aquáticos. Ela demora um certo tempo para se formar, por volta de 20 a 30 dias de operação. Quando a água passa pelo biofilme já formado, as impurezas ficam retidas e começam a ser metabolizadas pelos micro-organismos presentes. Esse tipo de filtração possui uma ótima eficiência na remoção de coliformes totais e termotolerantes, com cerca de 90 a 99% de redução bacteriana (BRINCK, 2009).

Uma dificuldade operacional de filtros lentos é que para obter uma operação eficiente, eles precisam que a água seja introduzida com baixa turbidez, pois valores mais elevados desse parâmetro podem ocasionar carreiras de filtração mais curtas, com necessidade de limpezas mais frequentes (DI BERNARDO, 1993). Posto isso, percebe-se a importância dos dispositivos de descarte dos primeiros milímetros comporem o sistema de aproveitamento, pois eles reduzem consideravelmente a turbidez e a quantidade de sólidos em suspensão da água de chuva a ser filtrada.

A técnica de limpeza mais usada é a da raspagem manual, apenas na superfície da camada filtrante onde se encontra o biofilme. Pode-se também, agitar os primeiros centímetros da camada de areia para que os materiais presos no meio filtrante se desprendam e possam ser devidamente coletados. (SOUZA, 2012; FREITAS, 2017). A utilização de manta sintética não tecida sobre o topo da camada de areia pode facilitar o processo de limpeza. Ao inserir a manta, o biofilme vai se desenvolvendo na própria manta até que se atinja o fim da carreira de filtração. Uma vez terminada, precisa-se apenas retirá-la de dentro do filtro, lavá-la e recolocá-la para que possa agir na próxima carreira de filtração (PATERNIANI; CONCEIÇÃO, 2004).

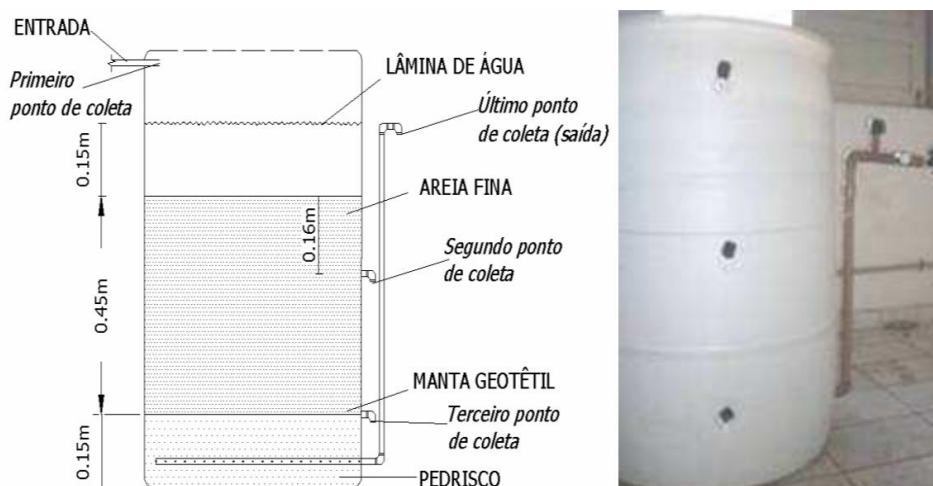
Os filtros rápidos, por sua vez, operam em taxas de filtração muito mais altas quando comparadas com os filtros lentos, da ordem de 120 a 300 m³/m²/dia (HIRT; SANTOS, 2011). O processo de purificação ocorre principalmente pelo acúmulo de partículas sólidas nos vazios do material granular, pois devido às altas taxas de fluxo, torna-se difícil da camada biológica se formar. A limpeza é feita através da retrolavagem, na qual se insere água e ar comprimido no sentido contrário ao fluxo de funcionamento do filtro (BRINCK, 2009).

No tocante a água de chuva, diversos estudos já foram desenvolvidos com a finalidade de avaliar o desempenho dos filtros em tratar essas águas que são captadas pelos sistemas de aproveitamento.

Bastos (2007) montou um sistema de captação provido de dois filtros lentos verticais e lâmpadas ultravioleta. Dando ênfase a etapa de filtração, o estudo verificou que houve eficiência em termos de remoção de partículas coloidais e em suspensão, pois os teores de turbidez da água filtrada foram quase sempre menores que 2,0NTU. Além disso, os coliformes totais foram removidos em cerca de 70%. Para os coliformes termotolerantes, os percentuais foram de cerca de 90%. A remoção mais eficiente foi a do grupo *E. coli*, apresentando um percentual de 100%.

Souza (2011) captou água de chuva no telhado de um protótipo de habitação social. A filtração se realizava por um sistema piloto constituído de um filtro lento cilíndrico de polipropileno (Figura 28). A filtração lenta ocorreu em uma taxa de 1,27m³/m²/dia e foi eficiente no tratamento de micro-organismos, com remoção média de 88,7% para *E. coli*, 94% para coliformes totais e 91,6% para bactérias heterotróficas.

Figura 28 – Filtro lento de polipropileno



Fonte: Souza, 2011

Zipf et al. (2013) utilizaram uma casa modelo que contava com sistema de coleta e armazenamento de água de chuva dotado de dispositivo de descarte e instalação piloto de tratamento. O filtro lento consistia em um suporte cilíndrico de PVC rígido, com um tampão e uma placa de acrílico para sustentar o material. Ainda foi inserida uma manta geotêxtil envolvendo as duas camadas e no topo da camada de areia. O filtro lento promoveu uma ótima remoção de coliformes totais e termotolerantes, mas não atingiu o nível de ausência na saída da água filtrada. Quanto aos parâmetros de cor aparente e turbidez, a remoção desses só foi suficiente para usos menos restritivos, indicando a necessidade de aumentar a maturidade do biofilme ou de acrescentar uma etapa de desinfecção.

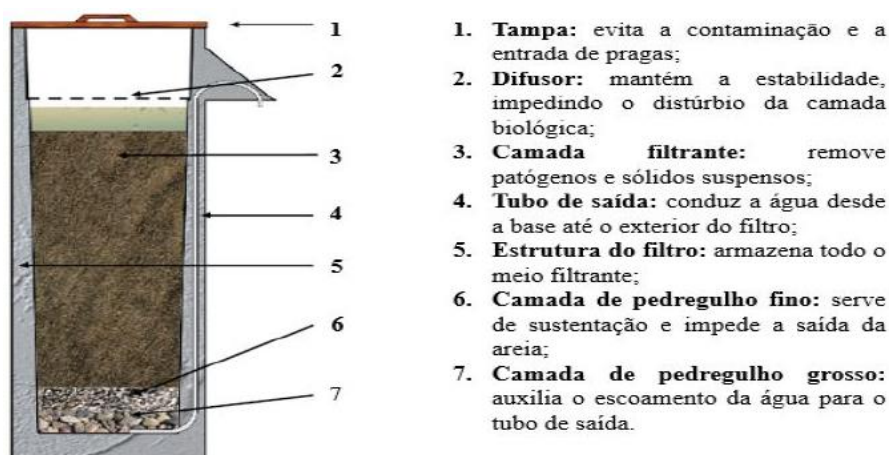
Silva (2015) utilizou um aparato experimental que captava a água da chuva que incidia em um telhado de fibrocimento. O processo de filtração, esse ocorreu por meio de um filtro de PVC de camada tripla. Os resultados do estudo mostraram que a filtração promoveu a remoção de diversos parâmetros, como: cor (22,4%), turbidez (28,6%), DQO (66,7%), amônia (50,0%), nitrito (23,1%), nitrato (37,0%), fosfato (95,1%) e sulfato (41,7%). Em relação aos parâmetros microbiológicos, o autor afirmou que o tratamento os reduziu para valores inferiores aos limites de detecção.

4.2.4.1.1. Filtro Lento Domiciliar

Basicamente, o filtro lento domiciliar (FLD) é uma versão em escala reduzida do filtro lento convencional. Ele foi criado por David Manz na década de 1990 na Universidade de Calgary no Canadá, com o objetivo de atender eficientemente comunidades mais desfavorecidas de países em desenvolvimento. Apresenta maior facilidade na construção e manutenção, custos mais reduzidos e a possibilidade de operar em fluxo intermitente, se comparado com a versão convencional (MANZ, 2004).

A estrutura do FLD também é semelhante ao filtro lento (Figura 29). O corpo deve ser feito de materiais apresentem boa resistência e impermeabilidade, mas que ao mesmo tempo sejam acessíveis. A camada filtrante utiliza areia como material constituinte e a camada suporte utiliza pedregulho. O sistema de saída consiste em conexões hidráulicas que tornam possível retirar a água filtrada diretamente, ou encaminha-la para um reservatório (ANDREOLI, 2020).

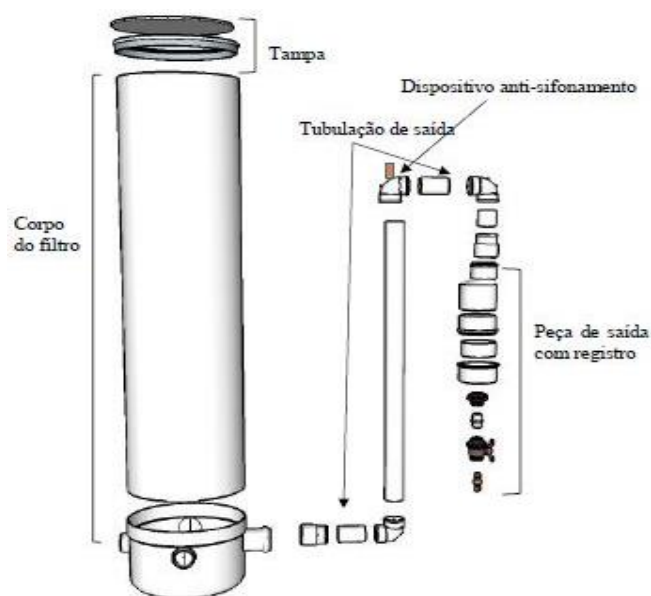
Figura 29 – Estrutura de um filtro lento domiciliar



Fonte: Adaptado de CAWST, 2010

Maciel (2018) descreveu em seu trabalho o processo de montagem de um FLD acessível, utilizando peças de PVC. Para o corpo do filtro, foi utilizado um tubo de PVC de 250mm com um comprimento de 100cm. Na extremidade desse tubo, uma caixa sifonada serviu como fundo. A tubulação de saída é montada colando-se peças e pedaços de tubulação, todas com 40mm de diâmetro. Para montagem da peça saída com registro, o autor utilizou as seguintes peças: conjunto CAP, adaptador, nípel roscável, redução excêntrica 70X50mm, luva 75mm e o registro. É preciso também inserir um dispositivo anti-sifonamento para evitar a ocorrência do efeito de sifão. Esse esquema de montagem está ilustrado na Figura 30.

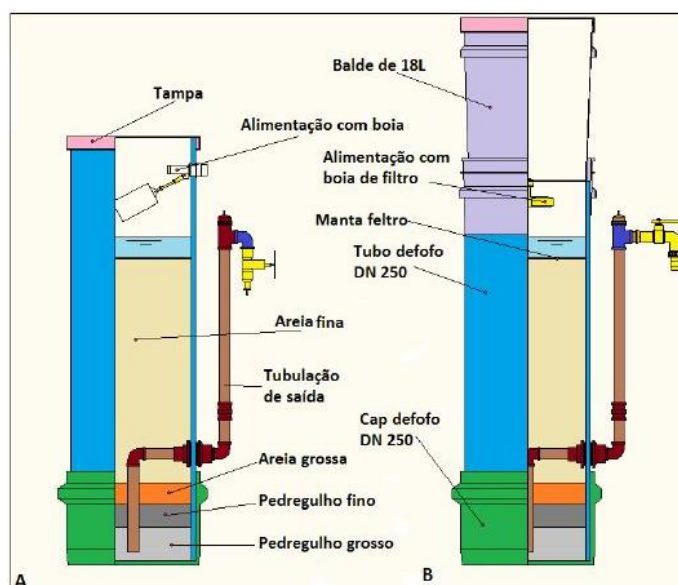
Figura 30 – Esquema de montagem do FLD de PVC



Fonte: Maciel, 2018

Acerca do regime de operação do FLD, é importante destacar que existem dois modos distintos: intermitente ou contínuo. No intermitente, o filtro é alimentado diariamente em intervalos pré-determinados, ou seja, são feitas pausas entre as adições de água bruta, sendo recomendado um tempo de 1 a 48h de intermitência. No modo contínuo, o filtro recebe um fluxo constante de água bruta, proveniente de uma caixa d'água acima dos filtros ou por bombeamento direto (ANDREOLI, 2020; OLIVEIRA 2021). Na Figura 31 é possível observar a diferença dessas duas configurações.

Figura 31 – Exemplo de montagem de filtros em regime intermitente e contínuo



(a) intermitente (b) contínuo

Fonte: Andreoli, 2020

Melo Neto (2022) avaliou um filtro lento domiciliar operando em fluxo intermitente. Era dotado de boia de filtro para controlar o nível de água. Terminada a filtração, os parâmetros físico-químicos se mantiveram dentro dos limites permitidos pela legislação vigente e pelas recomendações da World Health Organization (WHO). Contudo, devido a aumentos na turbidez, picos de cor aparente e altos teores de sílica, verificou-se que ocorreu lixiviação do meio filtrante, principalmente, nas duas primeiras semanas de operação.

A limpeza do FLD é feita da mesma maneira do filtro lento convencional, ou seja, mediante a raspagem superficial do topo da camada filtrante. É essa raspagem que promove a renovação do biofilme (MELO NETO, 2022). Esse biofilme retém e permite o desenvolvimento de diversos micro-organismos patógenos e, por conta disso, todos aqueles responsáveis por

realizar o manejo dessa camada devem fazê-lo de maneira bastante cuidadosa, evitando o contato direto com esse material que é um potencial causador de doenças (MACIEL, 2018).

4.2.4.1.2. Manta Geotêxtil

O processo de filtração de água ainda pode receber algumas modificações em seu funcionamento. Uma delas é a introdução de camadas de manta geotêxtil no meio filtrante. Esse tipo de manta é composto por diferentes polímeros, principalmente o poliéster e o polipropileno, o que configura a ela as características de ser permeável, fina, flexível e com resistência química e mecânica (LIMA, 2003).

Os tipos de geotêxtil (tecidos, não tecidos e tricotados) variam de acordo com o processo de combinação de fibras durante a fabricação. Os geotêxteis não tecidos, mais utilizados na filtração, são produzidos por meio da deposição aleatória de fibras em uma esteira rolante. Eles possuem uma estrutura mais complexa, quando comparado com os outros dois tipos, pois atuam como um meio tridimensional e não como uma simples interface (SCHUJMANN, 2010; FREITAS, 2003). O uso desses geotêxteis como meio filtrante resulta em uma menor espessura do filtro, se comparado à areia, e em uma maior facilidade de instalação e manutenção, devido às suas características controladas e regulares de produtos industriais (VERTEMATTI, 2004).

No Brasil, a utilização das mantas geotêxteis ainda se concentra na filtração de água dos sistemas de abastecimento, sendo ainda pouco presentes no tratamento de água de chuvas. Paterniani (1991) aplicou manta não tecida no topo da camada de areia em filtros de abastecimento de água. O sistema filtrante alcançou uma maior retenção de impurezas, com carreiras de filtração durando até cerca de 3,6 vezes mais. Além disso, observou-se que não havia desgaste ou deterioração dos geotêxteis mesmo com mais de três anos consecutivos de uso, mostrando serem materiais de alta resistência e durabilidade. Ferraz (2001) avaliou o uso de geotêxteis como camada suporte de um filtro lento ascendente e constatou que isso não piorou a qualidade da água de abastecimento que foi filtrada.

4.2.4.2. Desinfecção

Entende-se por desinfecção, a etapa do processo de tratamento que consiste em inativar, ou até mesmo destruir, os organismos causadores de doenças que ainda podem estar presentes na água, para que se possa proteger e prevenir a população de se contaminar com doenças de veiculação hídrica (BASTOS, 2007).

Segundo Bastos (2007), a desinfecção pode ocorrer por dois meios distintos: agentes físicos ou agentes químicos. Quanto aos agentes físicos, eles podem ser o calor úmido, vapor de água, incineração, radiações ionizantes, luz do sol, filtração em membranas e radiação ultravioleta. Já os agentes químicos podem caracterizar-se pela aplicação de compostos fenólicos, álcoois, halogênios, metais pesados, cloro, dióxido de cloro, ozônio e outros. Dentre todos esses, destacam-se aqueles que são mais utilizados, como os processos de cloração, ozonização e radiação ultravioleta.

Além disso, esses agentes físicos e químicos trabalham de forma distinta para tornar a água livre de micro-organismos patogênicos. No processo físico, ocorre predominantemente a interferência na biossíntese e no crescimento. No processo químico, ocorre a ruptura da parede celular por meio da oxidação e difusão no interior das células, interferindo na atividade celular dos organismos (AGUIAR, 2000).

Existem diversos fatores que acabam influenciando o nível de eficiência de um processo de tratamento por desinfecção, tais como: as características próprias, a dose e o tempo de contato do desinfetante utilizado; as características da água, como turbidez, pH, e a presença de compostos orgânicos e inorgânicos na mesma; além do quanto dispersado homogeneamente esse desinfetante estará na massa líquida (PIZZOLATTI, 2007).

4.2.4.2.1. Desinfecção por Cloração

O cloro é o agente desinfetante mais comumente utilizado no tratamento de água. Isso se deve ao fato de ser facilmente encontrado no mercado a preços não tão elevados e de deixar um residual que protege o sistema de distribuição. Ele pode ser encontrado tanto em sua forma sólida, o hipoclorito de cálcio, como também nas suas formas líquida, o hipoclorito de sódio, e gasosa, o cloro elementar (Cl_2). Dentre elas, a forma mais eficiente é a gasosa, que é bastante utilizada nas grandes estações de tratamento, estando armazenado sob a forma líquida em cilindros de aço pressurizados (RICHTER, 2009).

No Brasil, a norma NBR 15.527 (ABNT, 2019a) estabelece que logo após o tratamento por cloração, deve estar presente na água um valor entre 0,5 a 2,0 mg/L de cloro residual livre, quantidade essa, que é reforçada pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021). Essa portaria ainda acrescenta que é obrigatório manter uma quantidade mínima de cloro residual, cerca de 0,2mg/L, em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e também nos pontos de consumo.

O mecanismo do cloro no processo de desinfecção da água ocorre com a oxidação que ele provoca nos micro-organismos patogênicos, impedindo também que novos organismos venham a se desenvolver dentro de um determinado período após a aplicação, por conta de seu efeito residual (PÁDUA, 2006). Além disso, Richter (2009) acrescenta que o cloro também é útil na remoção de componentes como os sulfetos, ferro e manganês.

Contudo, o cloro pode entrar em contato com inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água, levando a formação de subprodutos como os trihalometanos (THM), ácidos haloacéticos e halocenotas, que são prejudiciais à saúde humana e estão relacionados com doenças cancerígenas (DANIEL, 2001). Além disso, apesar de ser um desinfetante bastante eficaz, o cloro não é tão efetivo na eliminação de alguns protozoários transmitidos pela água contaminada, como o *cryptosporidium* e a *giárdia* (SANTOS, 2018).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), destaca algumas vantagens e desvantagens na prática da cloração. Vantagens como: atua na oxidação de ferro e manganês; promove remoção da cor, sabor e odor; apresenta efeito residual e biocida; e é um método prático e de baixo custo. Já as desvantagens são: formação de subprodutos nocivos à saúde; tem eficiência reduzida em pH mais elevado; se a dosagem não for corretamente aplicada, pode deixar a água com odor e sabor indesejado; sua forma gasosa é corrosiva e necessita de instalações especiais; e sua forma de hipoclorito de sódio, também é corrosiva e degrada-se quando exposto à luz (PIZZOLATTI, 2007).

Para o tratamento de águas pluviais coletadas por sistemas de aproveitamento, Souza et al. (2016) destacam o uso do clorador flutuante (Figura 32). Esse equipamento possui um formato que permite sua flutuação e é dotado de uma cavidade que comporta as pastilhas de cloro, assim, é capaz de aplicar o cloro em dosagens previamente controladas na água que se encontra dentro do reservatório de acumulação. As dosagens e a necessidade de reposição dessas pastilhas devem ser verificadas nos manuais de instrução do fabricante.

Figura 32 – Clorador flutuante



Fonte: Nautilus, 2023

Outros equipamentos também cumprem a função de adicionar cloro na água bruta: o clorador de pastilhas (Figura 33) e a bomba dosadora de cloro (Figura 34). O clorador de pastilhas consiste em um conjunto de peças de tubulação, geralmente em PVC, que forçam a água a passar por um depósito de pastilhas de cloro e posteriormente se encaminhar para o reservatório. A bomba dosadora permite que uma dosagem de cloro previamente determinada seja adicionada a água por meio de programador horário ou diretamente na tubulação, quando a água é recalçada para um reservatório superior. Vale destacar que existem bombas com sistemas inteligentes, que aferem constantemente a concentração de cloro livre na água e dessa forma comandam o início ou interrupção das dosagens de cloro a depender da necessidade (MICROAMBIENTAL, 2021)

Figura 33 – Exemplos de cloradores de pastilhas



Fonte: (a) Globalfiltros, 2023 (b) Snatural Ambiente, 2023 (c) Embrapa, 2014 (d) Nautilus, 2019

Figura 34 – Bomba dosadora de cloro



Fonte: Exatta, 2021

4.2.4.2.2. Desinfecção por Radiação Ultravioleta

Devido à geração de subprodutos potencialmente prejudiciais à saúde humana que o cloro promove quando reage com compostos orgânicos, fez com que surgisse a procura por desinfetantes alternativos que reduzissem ou até não gerassem esses subprodutos. Dentre as opções de novos métodos para desinfecção, está a radiação ultravioleta (SOUZA et al., 2000).

A radiação ultravioleta (ou UV) é definida como a parte do espectro eletromagnético que se situa entre a luz visível e os raios X. Ela pode ser dividida de forma arbitrária em três bandas, a UV-A correspondente aos comprimentos de onda de 315 a 400nm, a UV-B de 280 a 315nm e a UV-C de 100 a 280nm. Essa radiação, pode ser emitida de forma natural pelo sol, mas só chega à Terra majoritariamente na forma de UV-A, pois as radiações do tipo UV-B e UV-C são significativamente absorvidas pela camada de ozônio presente na atmosfera do planeta e impedidas de atingir a superfície. Por isso, o emprego de radiação ultravioleta nos processos de desinfecção fica dependente de fontes artificiais de UV (AGUIAR, 2000).

Um sistema que utiliza a radiação UV para desinfecção é composto por lâmpadas do tipo arco de mercúrio, equipamento de acionamento e reator. Existem duas configurações para esse reator, podendo ser de contato ou de não contato. Nos reatores de contato, as lâmpadas ficam imersas em água e precisam ser inseridas em tubos de quartzo, com intuito de reduzir o resfriamento causado pela água. Já nos reatores de não contato, as lâmpadas ficam suspensas externamente em relação a um condutor transparente que serve para conduzir a água dentro do sistema (BASTOS, 2007). Exemplos de modelos de reatores UV são mostrados nas Figuras 35 e 36.

Figura 35 – Modelo de reator ultravioleta para desinfecção de água



Fonte: Cubos, 2021

Figura 36 – Modelo de reator ultravioleta em aço inox



Fonte: Oficina da Água, 2017

As lâmpadas são geralmente comercializadas em dois modelos, a de baixa pressão e a de média pressão. As lâmpadas de baixa pressão emitem cerca de 85% de sua energia com comprimento de onda na ordem de 254nm, que é considerada a radiação com o efeito germicida mais eficiente e efetivo, pois é ela que as células dos micro-organismos mais absorvem. Além disso, elas são mais baratas e fáceis de adquirir no mercado. Entretanto, as lâmpadas de média pressão possuem maior intensidade, que garante uma capacidade de penetração maior, tornando o processo de desinfecção mais rápido. Por outro lado, elas geram um consumo muito elevado de energia e operam em temperatura mais altas (BASTOS, 2007; USEPA, 1999).

A ação desinfetante da radiação ultravioleta consiste em danos fotoquímicos nos ácidos nucleicos (DNA e RNA) das células dos micro-organismos presentes na água a ser tratada, ou seja, ocasionam uma interferência na biossíntese e na reprodução celular. Desse modo, ocorre apenas a inativação dos patógenos, pois esses organismos ao invés de morrerem, ficam apenas impedidos de se reproduzir e multiplicar (AGUIAR, 2000; SANTOS, 2018).

Bastos (2007) aponta diversas vantagens que estimulam o crescente uso dessa tecnologia. Dentre eles, a desinfecção UV é efetiva na inativação de vírus, bactérias e protozoários, sem gerar efeitos residuais que prejudiquem a saúde humana. Trata-se de um processo físico, onde não há geração, manuseio, transporte ou estoque de produtos químicos, tóxicos ou corrosivos. É também uma tecnologia de fácil operação, necessita de menos espaço que outros métodos e tem um tempo de contato menor em relação a outros tipos de desinfetantes.

Entretanto, existe um efeito indesejado que pode ocorrer durante o processo de desinfecção com uso de radiação UV, conhecido como fotorreativação. Esse mecanismo acontece quando células danificadas utilizam enzimas específicas para se recuperar dos danos

causados ao seu DNA, caso tenham recebido doses consideradas como subletais (MELO NETO, 2022; DANIEL, 2001).

No dimensionamento das instalações de desinfecção, a dose de radiação é uma variável muito relevante, definida como o produto entre a intensidade e o tempo de exposição (SILVA et al., 2018). Para ser letal, a dose é dependente de certos parâmetros físico-químicos da água, como turbidez (<5 UT), sólidos suspensos ($<10\text{mg/l}$), concentração de ferro ($<0,3\text{mg/l}$) e dureza ($<120\text{mg/l}$) (WISBECK et al., 2011). Ademais, é preciso considerar que cada micro-organismo reage de forma diferente quando expostos à radiação, ou seja, existe uma dose específica para cada um (SILVA, 2015).

Outras variáveis que interferem na eficiência do mecanismo de inativação dos patógenos são: a turbidez, a concentração de sólidos e matéria orgânica em suspensão na água. Isso acontece quando a luz ultravioleta incidente não consegue penetrar perfeitamente no meio líquido devido a presença de muitas partículas em suspensão, que acabam servindo de proteção aos micro-organismos. Já outros parâmetros como pH, temperatura e alcalinidade não chegam a interferir no processo (DANIEL, 2001).

É preciso lembrar ainda que nesse método não há formação de residual ou subprodutos. Por conta disso, necessita-se adicionar algum outro desinfetante que gere residual para manter a qualidade da água no sistema. No Brasil, a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021) determina a adição de cloro após a desinfecção UV, justamente para garantir a presença de residual.

Nesse contexto, a desinfecção com uso de radiação UV configura-se como uma tecnologia de aplicação crescente, que vem sendo aprimorada. Bastos (2007) trabalhou com um reator de PVC, utilizando uma lâmpada de baixa pressão com potência de 8W, fixada paralelamente ao fluxo da água. Constatou-se que usando a radiação UV, apresentou boa eficiência na inativação de coliformes totais e *E. coli* na ordem de 100%.

Pizzolatti (2007), por sua vez, utilizou um reator constituído por uma câmara de aço inox e uma lâmpada germicida de 25W (Figura 37). A dose aplicada por esse reator foi de 40 mJ/cm^2 . Observando os resultados obtidos, confirmou-se que o método UV de tratamento realmente não deixa residual na água, mas que removeu totalmente os coliformes totais e *E. coli*.

Figura 37 – Sistema com reator UV com câmara de aço inox

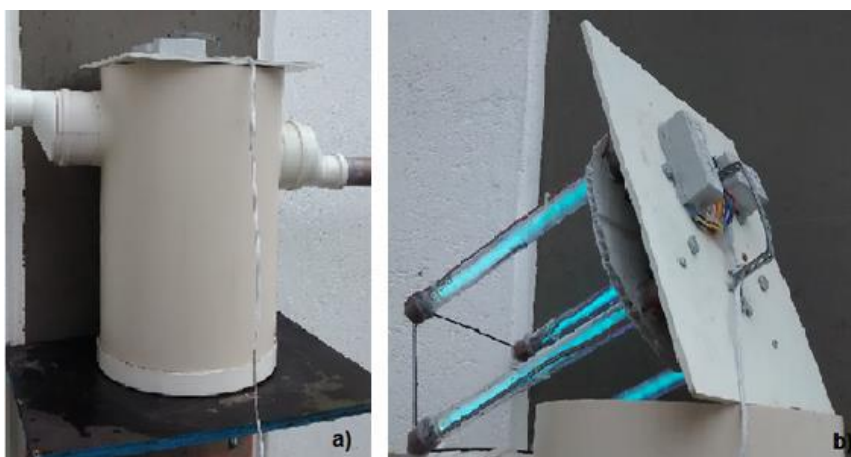


Fonte: Pizzolatti, 2007

Wisbeck et al. (2011) realizaram coletas simultâneas de água em duas regiões industriais de Joinville – SC, tanto de precipitação direta como de escoamento de telhas de cimento amianto. Essas amostras foram submetidas a uma dose de radiação de $9,2 \text{ mWs/cm}^2$, durante 60s de exposição em uma vazão de $0,04 \text{ L/s}$. A inativação dos coliformes totais e termotolerantes foi de 100% para ambos os tipos de água coletadas. Além disso, não houve recrescimento desses micro-organismos no tempo de 72h em que essas amostras tratadas foram estocadas. Após o tratamento, apenas se verificou a presença de bactérias do tipo heterotróficas.

Silva (2015) trabalhou com um sistema de captação e tratamento de água de chuva. O tratamento consistia em um filtro ascendente e um reator UV. Ele construiu seu reator UV utilizando uma caixa de gordura cilíndrica de PVC e quatro lâmpadas germicidas (8W cada) ligadas em série, fixadas na tampa dessa caixa de gordura (Figura 38). Elas trabalharam em contato direto com a água de chuva, recebendo uma dose de radiação de 684 mWs/cm^2 . De acordo com os resultados, conclui-se que os parâmetros físico-químicos analisados para água pluvial ficaram dentro dos padrões exigidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (vigente à época). Os valores de micro-organismos foram reduzidos para menos que o limite de detecção do método de análise desses parâmetros.

Figura 38 – Reator UV utilizando caixa de gordura cilíndrica de PVC



Fonte: Silva, 2015

Santos (2018) utilizou um reator UV constituído de um tubo PVC de 100mm de diâmetro com uma lâmpada tubular de 30W. Analisou-se a eficiência do sistema de tratamento de água pluvial a partir de diferentes tipos de vazões, classificadas em mínima, média e máxima. Para os coliformes totais, houve remoção de 80% na vazão máxima e 100% nas vazões média e mínima, pois nelas o tempo de exposição à radiação era maior, já que as vazões são mais lentas. Além disso, todos os padrões físico-químicos analisados, para as vazões média e mínima, ficaram dentro dos limites estabelecidos pela NBR 15.527/2007 (vigente à época).

Melo Neto (2022) optou por utilizar um reator UV de um modelo comercial, aplicando uma dose média de 30 mWs/cm². O autor analisou a eficiência da desinfecção UV em água de chuva que já havia passado por um filtro lento, e observou uma remoção total de risco microbiológico em 87,5% das amostras e 12,5% delas apresentaram apenas um risco baixo. Além disso, não detectou recrescimento por fotorreativação ou recuperação no escuro em nenhuma das amostras.

4.2.4.2.3. Desinfecção por Ozonização

O ozônio (O₃) é definido como sendo a forma alotrópica e de alta energia do elemento oxigênio. É um gás instável, de coloração azulada e com elevada solubilidade em água. Tem um alto poder oxidante e pode ser considerado como o germicida mais eficiente que se conhece (RICHTER; NETTO, 2003).

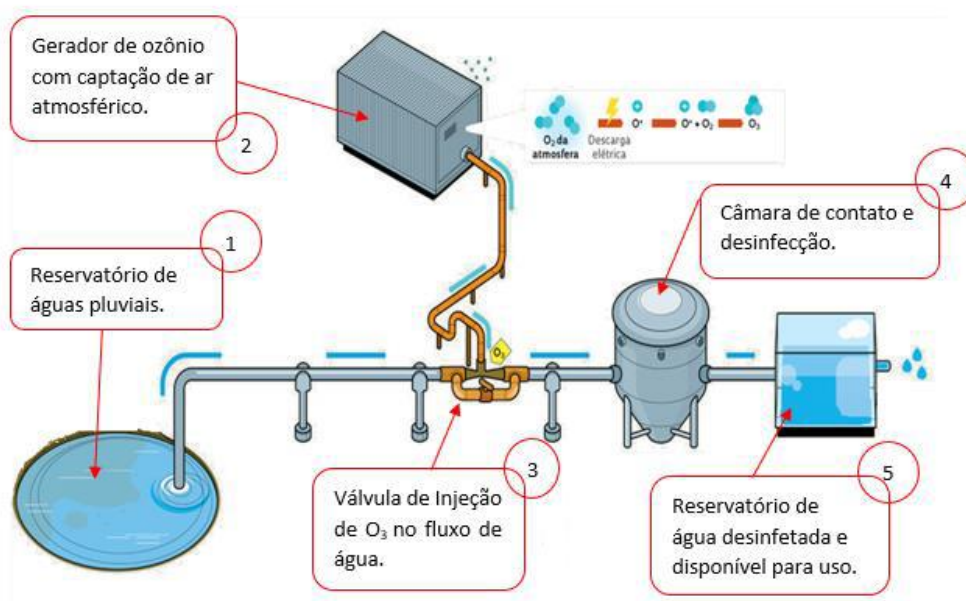
O tratamento de água utilizando o ozônio como meio desinfetante foi desenvolvido no século XVIII, quando se observou que este gás tinha uma grande capacidade de eliminar micro-organismos nas estações de tratamento (PEVIDE; MONTONI, 2019). A partir daí, o método

da ozonização começou a se expandir pelo mundo todo, principalmente na produção de água potável no continente europeu. Nos Estados Unidos, ele está sendo cada vez mais aplicado como um pré-oxidante, em substituição ao processo de pré-cloração (LOPES et al., 2013).

A eficiência do ozônio, comparado com a de outros tipos de desinfetantes, chega a ser 20 vezes maior. Ele é muito mais solúvel em água e age de forma mais rápida e letal na neutralização das células de micro-organismos causadores de doenças. Além disso, seu poder de oxidação é tão alto que supera o cloro, ficando atrás apenas do flúor. Tudo isso faz com que a ozonização seja um tratamento crescente e promissor na direção de potabilizar água de chuvas (PEVIDE; MONTONI, 2019; SILVA, 2018).

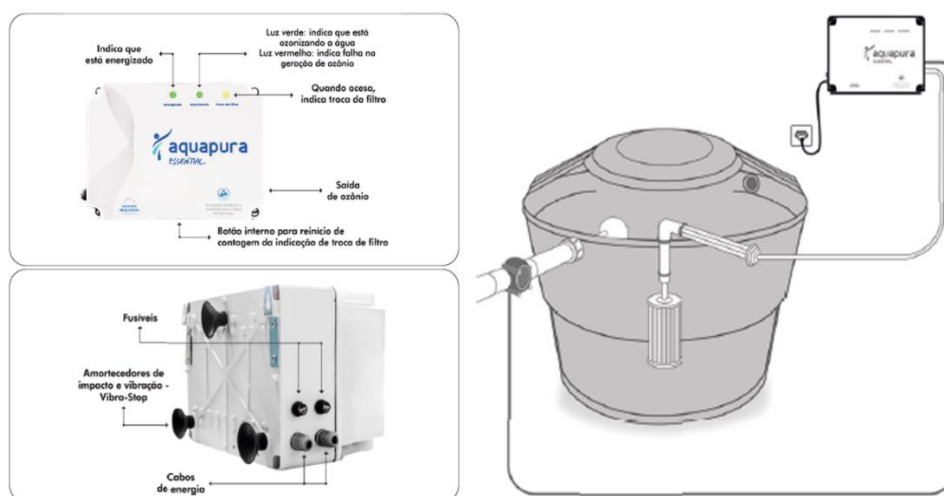
No sistema de tratamento, o gerador de ozônio é acoplado a uma bomba de ar comprimido que injeta, de forma contínua, uma solução gasosa rica em pequenas bolhas de ar saturadas de ozônio na água presente no reservatório (PEVIDE; MONTONI, 2019). O esquema de uma possível configuração de unidade de tratamento de água de chuva com ozonização está apresentada na Figura 39. A empresa Panozon possui uma linha de geradores de ozônio para purificação de água, conhecida como Aquapura. O sistema é automatizado por um algoritmo que aciona a geração desse gás a partir da entrada da água no reservatório. A Figura 40 apresenta essa tecnologia.

Figura 39 – Esquema adaptado de tratamento de água de chuva com gerador de ozônio



Fonte: Brasil Ozônio, 2017

Figura 40 – Gerador de ozônio “Aquapura”



Fonte: Panozon, 2023

Chiang et al. (1999) apud Silva (2018) entende que é de extrema importância atentar para forma como o ozônio é aplicado na água, pois isso interfere proporcionalmente no desempenho do tratamento. De modo que, quanto menor forem as bolhas aplicadas, mais lentamente elas vão percorrer e permanecer em contato com o meio aquoso. Com isso, um sistema funcionando de forma mais eficiente acaba requerendo uma menor quantidade de ozônio e reduz os custos de produção.

Dentre as capacidades positivas da ozonização, pode-se destacar que o O_3 é capaz de matar diversos tipos de micro-organismos como bactérias, vírus, fungos. Ele também consegue oxidar compostos orgânicos, óleos e outros metais pesados, além de possuir alta reatividade contra poluentes e agrotóxicos. Atua na remoção de cor, odor e excesso de substâncias como ferro, manganês e enxofre. Somado a isso, ainda desinfecta a água sem deixar resíduos, pois o oxigênio puro é o único subproduto desse processo (PEVIDE; MONTONI, 2019).

Entretanto, também existem características negativas. Uma delas é que se utilizado em dosagens pequenas, a ozonização pode não ser suficiente para remover os micro-organismos. O O_3 não produz residual e não permanece por muito tempo na água, podendo haver uma recontaminação após a etapa desinfecção. Outro ponto, é que esse método ainda não tem tantos estudos e acaba se tornando complexo quando comparado com outros tipos de tratamento. Além disso, o custo inicial de implantação pode ser bastante oneroso, pois como o O_3 é corrosivo e reativo, os tanques, tubulações e válvulas precisam ser compostos de materiais mais resistentes, como o aço inoxidável. (ZARPELON; RODRIGUES, 2002; SILVA, 2018).

4.2.4.2.4. Desinfecção Solar

Em regiões afastadas ou em áreas com ocorrência de estiagens prolongadas, fica inviável introduzir tecnologias de tratamento de água que demandam fontes de energia ou produtos químicos, com custos consideráveis de operação e manutenção. Nesse caso, a desinfecção solar se destaca como uma boa alternativa, já que é capaz de realizar um tratamento no ponto de uso, garantindo, sob determinadas condições, uma segurança microbiológica da água a ser consumida (CARVAJAL, 2015).

O funcionamento do método SODIS consiste em armazenar água em garrafas plásticas transparentes do tipo PET. Preenchidas completamente, essas garrafas devem ser dispostas horizontalmente sobre alguma superfície, expostas ao sol durante seis horas ininterruptas, aproveitando o maior pico de insolação que vai das 9h da manhã até as 16h da tarde. É importante que se verifique se o fechamento hermético das garrafas não está danificado e garantir que no decorrer do dia não incida sombra sobre elas (EAWAG/SANDEC, 2005; SILVA, 2004).

Carvajal (2015) discorre que o SODIS apresenta alguns aspectos desfavoráveis, tais como: torna-se viável apenas em águas relativamente limpas, com baixo teor de turbidez; atua apenas na eliminação de micro-organismos, não sendo efetivo com compostos químicos; não possui efeito residual podendo causar reativação microbiana; o volume de água tratada é relativamente pequeno; e depende das condições climáticas, pois não é eficiente em casos de ausência de luz e baixas temperaturas.

Buscando tornar o SODIS mais eficiente, o Instituto Mexicano de Tecnologia de Água – IMTA desenvolveu um concentrador solar (Figura 41) construído com materiais simples e de fácil aquisição, como placas de madeira revestidas com papel alumínio ou chapas de aço, com capacidade para desinfetar 3 garrafas ao mesmo tempo. Através de estudos, o IMTA obteve resultados satisfatórios usando o concentrador, de modo que foi possível inativar os coliformes totais quase totalmente com apenas 4 horas de exposição ao sol. Enquanto que, sem o concentrador, foi preciso 6 horas para alcançar o mesmo nível de inativação (HERRERA, 2003; SILVA, 2004).

Figura 41 – Formas de exposição das garrafas do SODIS



(a) exposição sobre superfície, à esquerda (b) exposição no concentrador solar, à direita

Fonte: (a) Carvajal, 2015 (b) Silva, 2004

Sommer et al. (1997) apud Silva (2004), estudaram um funcionamento alternativo para o concentrador solar. Ao invés de comportar as garrafas, o concentrador iria funcionar com fluxo contínuo, com auxílio de uma válvula termostática que se abre apenas quando a temperatura da água chega a 50°C. Além disso, essa água já aquecida e tratada passa por um trocador de calor, no intuito de pré-aquecer a água bruta que ainda vai passar pelo concentrador.

No Brasil, existem estudos que visaram testar o desempenho da metodologia SODIS no tratamento de água. Silva (2004) desenvolveu uma instalação piloto, na qual foram utilizadas garrafas PET incolores provenientes de reuso, colocadas em um concentrador solar. As garrafas ficaram expostas durante 6 horas, com algumas dispostas no concentrador solar e outras não. Assim, foi possível concluir que o concentrador de fato torna o sistema SODIS mais eficiente e que se deve ter cuidado para que o tempo de exposição e a temperatura sejam adequados para evitar o recrescimento de micro-organismos.

Pereira et al. (2014) submeteram amostras de água de chuva à 2 e 4 horas de exposição. Em ambos os períodos, constatou-se de que houve uma queda significativa em praticamente todos os grupos de bactérias, menos nas bactérias gram positivas. Desse modo, para uma completa eliminação desses micro-organismos, é preciso que o sistema SODIS atinja temperaturas em torno de 70 a 80°C.

Carvajal (2015) avaliou o desempenho do método SODIS na desinfecção de amostras de três pontos distintos: água de chuva coletada em telhado, água de poço freático e água

armazenada em reservatório superior. Foi construída uma estrutura com base de madeira acoplada a uma superfície de zinco que serviu para comportar as garrafas que seriam expostas por 6 horas contínuas, mais especificamente no período das 10h às 16h. Os resultados atestaram reduções de *E. coli* variando entre 98,79% a maiores que 99,99% e para coliformes totais variando entre 99,38% a 99,99%, ambas reduções relacionadas à água de chuva. Observou-se também que não houve recrescimento de *E. coli* e coliformes totais durante 24 e 48h após o término da exposição nas amostras de água pluvial. Assim, tendo por base as diretrizes da OMS, constatou-se que para água de chuva, havia baixo risco de contaminação por doenças de origem fecal.

Nesse contexto, como a tecnologia SODIS precisa que água seja retirada manualmente das cisternas para ser disposta em garrafas PET, não se consegue fazer com que a água chegue diretamente aos pontos de consumo por um fluxo contínuo. Dessa forma, esse não é um método praticável em edificações, pois essas adotam um sistema em que a água chegue diretamente aos pontos de uso, sem interferência dos usuários. Restringindo o uso apenas para regiões afastadas ou em áreas com ocorrência de estiagens prolongadas.

4.2.5. Reservatório de Acumulação ou Armazenamento

O reservatório (ou cisterna) de acumulação ou armazenamento é a última etapa do sistema de aproveitamento antes da água de chuva ser distribuída para os pontos de utilização. Ele pode ser o componente mais oneroso, variando geralmente de 50 a 85% em relação ao custo total, por isso, se não for bem projetado pode inviabilizar a implantação do sistema. Os reservatórios podem ser compostos por diversos materiais, sendo os mais comuns: concreto, fibra de vidro, PVC, chapas de aço, alvenaria de tijolos, ferrocimento, polipropileno, entre outros (THOMAS, 2004; LIMA, 2012). Aqueles de fibra de vidro e alvenaria são mais destinados para comportar volume menores que 30m³, já aqueles em PVC e concreto armado destinam-se para armazenar grandes volumes (EMBRAPA, 2005).

Os reservatórios de concreto tanto podem ser construídos no local como podem ser pré-fabricados. Devido à presença de cálcio em sua composição, eles promovem a vantagem de possibilitar a redução da acidez da água, mas ainda sendo necessário revesti-lo por dentro para evitar contaminação. A desvantagem desse sistema, entretanto, é a tendência ao aparecimento de fissuras e vazamentos, principalmente se eles foram enterrados em terrenos argilosos. Os reservatórios de ferrocimento, por sua vez, são construídos utilizando, essencialmente, malhas de aço espaçadas cobertas com argamassa de cimento. A utilização desse tipo de material

implica em baixos custos e fácil aquisição dos produtos necessários, fazendo com que esse tipo de cisterna seja bastante usado em países em desenvolvimento (TWDB, 2005).

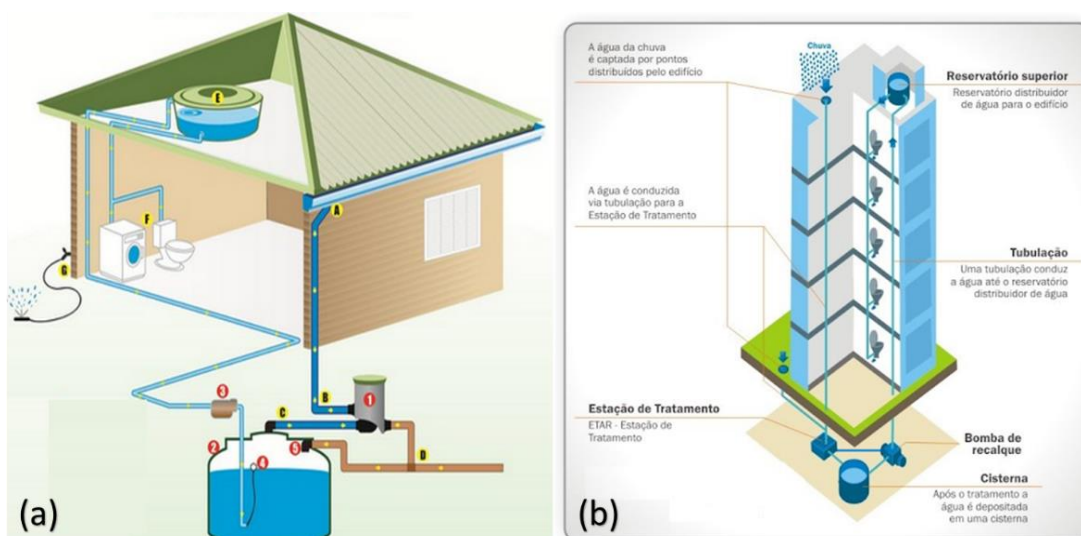
Outra opção para o armazenamento de água de chuva são os reservatórios de fibra de vidro ou polipropileno. Esse tipo de cisterna é bastante prático por ser amplamente comercializado com diferentes opções de volumes, além de possuírem uma ótima durabilidade. Tem-se ainda os reservatórios de chapa de aço galvanizado, que consistem em paredes laterais em chapa de aço apoiadas em uma base de concreto armado. Muito utilizados na Austrália, esse tipo de cisterna conta ainda com uma cobertura levemente convexa feita de telhas também de aço galvanizado (LISBOA, 2011).

Andrade et al. (2017) estudaram a aplicabilidade de uma tecnologia alternativa para a construção de reservatórios utilizando ardósia. A construção da cisterna consistiu basicamente em uma parede formada por placas de ardósia de 6cm de espessura sobre uma laje circular de concreto armado, e uma cobertura de telhas em chapa de aço galvanizado. Comparando com outros tipos de materiais, os autores concluíram que o custo para executar o reservatório de ardósia é duas vezes menor que os de concreto ou fibra de vidro, e que ele é mais durável que o de fibrocimento, por exemplo. Além de que a utilização de ardósia não compromete a qualidade da água armazenada, sendo uma alternativa viável para os sistemas de aproveitamento.

A instalação de reservatórios pode configurar a eles a condição de serem enterrados, semienterrados, apoiados ou elevados. Os enterrados ou semienterrados necessariamente dependem de bombeamento mecânico ou manual. Os apoiados, por ficarem na superfície dos terrenos, demandam um espaço com área livre e talvez não precisem de bombeamento. E dependendo da edificação, é possível ainda que o reservatório seja colocado logo abaixo do telhado, distribuindo a água por gravidade (ANNECHINI, 2005).

Além disso, o sistema pode ser organizado apresentando apenas reservatório superior, apenas reservatório inferior ou utilizando a combinação de ambos. Essa última, é semelhante ao sistema de distribuição de água potável em uma edificação, ou seja, o reservatório inferior bombeia a água de chuva para o superior e em seguida ela é distribuída por meio de barrilete e colunas de alimentação (SILVA, 2010). A Figura 42 ilustra a configuração utilizando dois reservatórios.

Figura 42 – Exemplos de concepções com reservatório inferior e superior

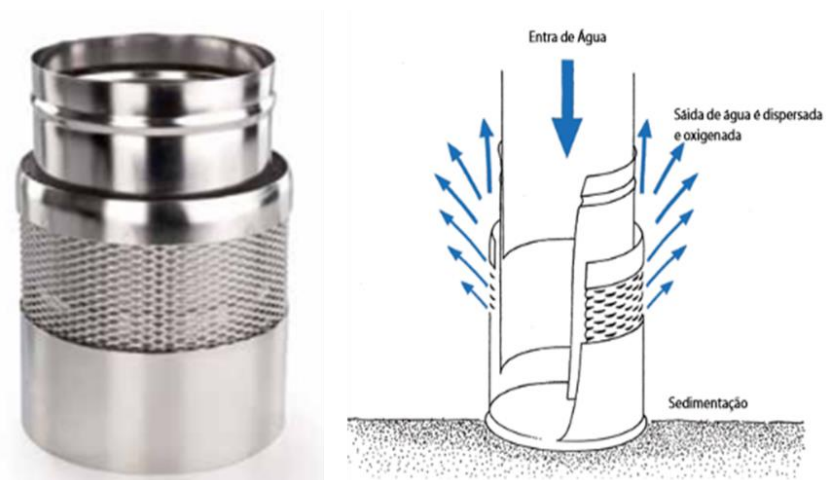


Fonte: (a) Ecoeficientes, 2016 (b) EPEC, 2022

No que concerne ao dimensionamento dos reservatórios, é de suma importância que haja uma compatibilidade entre a produção (oferta de água armazenada) e a demanda. A norma NBR 15.527/2007 apresentou em seu anexo diferentes métodos passíveis de utilização, sendo eles: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Todos esses, precisam receber dados de entrada que são comumente as séries históricas, a demanda a ser atendida, o tamanho da área de captação e a eficiência requerida para o sistema (SILVA, 2010).

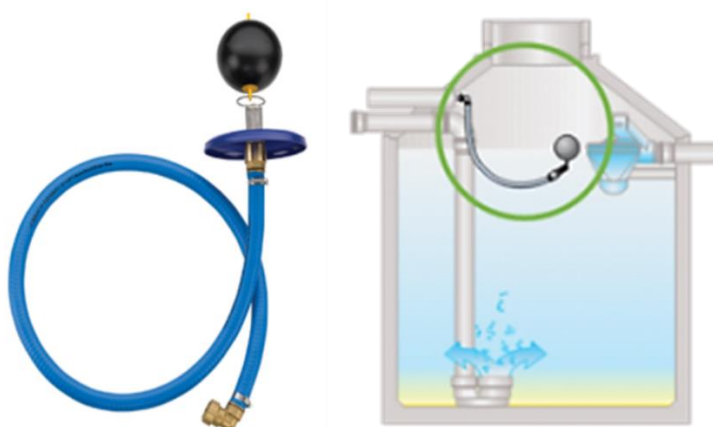
Segundo a NBR 15.527/2019, os reservatórios precisam apresentar alguns componentes como extravasor, dispositivo de esgotamento, inspeção e ventilação. Deve-se buscar também minimizar o efeito de turbilhonamento, que causa a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes, e garantir que a água armazenada seja retirada a 15cm abaixo da superfície (ABNT, 2019a). Em razão disso, pode-se equipar as cisternas com alguns dispositivos. O freio d'água é um deles (Figura 43), que tem a função de fazer com que a água que adentra ao reservatório seja amortecida e não movimente o material já sedimentado. Existem também o conjunto de sucção flutuante (Figura 44), que concentra a retirada de água sempre próxima da superfície e o sifão extravasor (Figura 45) que impede a penetração de gases vindos da rede de drenagem e bloqueia a entrada de animais (ANDRADE et al., 2009).

Figura 43 – Exemplo de modelo de freio d'água



Fonte: Aquastock, 2013

Figura 44 – Exemplo de conjunto flutuando de sucção



Fonte: 3P Technik, 2023

Figura 45 – Exemplo de sifão extravasador



Fonte: <https://www.ecoracional.com.br/eco-extravasor-100-mm>

Annechini (2005) acrescenta ainda que os reservatórios devem ser providos de um sistema “anti-falha”, ou seja, um dispositivo que possibilite a entrada de água potável na cisterna de água de chuva em situações de precipitação irregular ou até mesmo períodos de estiagem, objetivando que a demanda não deixe de ser atendida nesses momentos críticos. Nesse caso, é importante observar que o contrário não ocorra, ou seja, que a água de chuva não consiga adentrar no sistema de potável, evitando o que se conhece por conexão cruzada.

É preciso também que medidas e cuidados importantes sejam feitos na prática para garantir a segurança e qualidade da água de chuva armazenada. ANA (2005) elenca alguns deles:

- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos e manter a tampa de inspeção sempre fechada;
- Colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasor, para evitar a entrada de pequenos animais;
- Realizar a limpeza anual do reservatório e submeter a qualidade da água distribuída a um monitoramento programado.
- Projetar o reservatório de armazenamento com declividade no fundo na direção da tubulação de drenagem, para facilitar a limpeza;
- Assegurar que a água coletada seja utilizada somente para fins não-potáveis e colocar placas indicativas de água não potável junto das torneiras de acesso geral;
- Pintar de cor diferenciada as linhas de coleta e de distribuição de águas pluviais, para evitar a possibilidade de ocorrência de conexão cruzada com o sistema de distribuição de água potável;

Existem no mercado modelos de reservatório conhecidos como cisternas verticais modulares. A característica modular permite conectar mais de um exemplar para aumentar a capacidade de armazenamento do sistema, de acordo com a necessidade do usuário e a disponibilidade de espaço. São geralmente feitas de polietileno e estão disponíveis em vários modelos com diferentes volumes, como mostrado na Figura 46. O modelo de cisterna da fabricante TecnoTri ainda permite acoplar um filtro multifuncional que conta com uma barreira antifolhas, um decanter para descartar as primeiras águas, um filtro fino de tela e um clorador (Figura 47).

Figura 46 – Cisternas verticais modulares



Fonte: Tecnotri, 2020

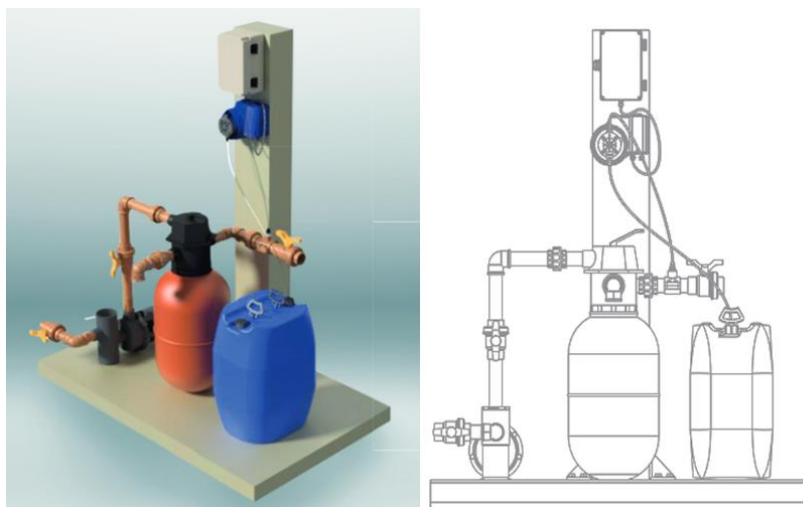
Figura 47 – Filtro multifuncional



Fonte: Tecnotri, 2020

É importante destacar também uma tecnologia conhecida como skid de água de chuva (Figura 48). Trata-se de um sistema automatizado composto por bomba centrífuga, boias de acionamento, filtro de areia, bomba dosadora de cloro e painel de controle. Por meio de uma boia elétrica instalada na cisterna de água bruta, a bomba do skid encaminha a água ao filtro de areia, e em seguida passa pela dosagem de cloro líquido. Por fim, essa água já tratada vai direto para o reservatório de armazenamento (FIBRATEC, 2021).

Figura 48 – Skid de tratamento de água pluvial



Fonte: Fibratec, 2021

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como principal objetivo discorrer sobre os aspectos legais e tecnológicos de um sistema de aproveitamento de água de chuva em edificações. Sendo assim, foi feito um levantamento das leis e normativas existentes no âmbito jurídico brasileiro, a fim de detectar como se configura atualmente o avanço da legislação acerca do tema. Além disso, esse estudo buscou explicar sobre o funcionamento de um sistema desse tipo, abordando as etapas e os processos envolvidos, assim como as tecnologias passíveis de serem utilizadas no avanço dessa alternativa sustentável.

Com respeito à esfera federal, constatou-se que apesar de existirem diversos projetos de lei em tramitação, não há de fato uma legislação voltada especificamente para disciplinar de que modo deve ser feito o aproveitamento das águas pluviais que forem captadas nas edificações. Em nível federal as leis que se aproximaram de abordar a temática foram a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Lei Nacional de Saneamento Básico. Contudo, ambas abordam o assunto de modo superficial. Com relação às normativas, destacam-se duas normas da ABNT, a NBR 15.527/2019 e a NBR 16.783/2019.

Nas duas outras esferas, estadual e municipal, observou-se que existem diversas leis que versam sobre essa temática, inclusive a partir de diferentes perspectivas. Algumas delas tratam da criação de um programa ou política estadual de aproveitamento de águas pluviais, enquanto que outras discorrem, por exemplo, sobre a obrigatoriedade de implementar essa prática em prédios públicos, escolas ou até em empresas prestadores de serviços de lavagem de veículos. Apesar disso, nota-se que essas inúmeras leis apenas determinam que o aproveitamento deve ser realizado, mas acabam não indicando quais os aspectos técnicos básicos a serem seguidos.

Vale salientar que durante a realização do levantamento, em alguns dos estados não foram encontradas leis que abordassem o aproveitamento das águas pluviais, dentre eles: Ceará, Minas Gerais, Pará e Sergipe. O mesmo aconteceu também com algumas das capitais brasileiras, como por exemplo: Aracajú, Belém, Belo Horizonte, Cuiabá, Macapá, Natal, Palmas, Porto Velho, Rio Branco, São Luís, Teresina.

Acerca do sistema de aproveitamento de águas pluviais propriamente dito, verificou-se que a literatura conta com diversos estudos que buscaram entender e avaliar seu funcionamento, investigando, por exemplo, como cada componente do sistema contribui para que a água das chuvas que foi coletada chegue até o destino final pretendido, ou seja, até os usuários.

A área de captação é o componente inicial do processo e recebe diretamente o volume precipitado. O material do qual ela é composta e o seu tamanho determinam quanto desse volume vai ser encaminhado para o restante do sistema. As calhas e os condutores, geralmente metálicos ou de PVC, cumprem a função de transportar a água até os outros componentes. Os dispositivos de descarte dos primeiros milímetros e as unidades de tratamento (filtração ou desinfecção) são essenciais para remover quase todas as impurezas e os micro-organismos presentes na água de chuva, podendo assim adequá-la para os usos finais requeridos (não potável ou potável). Por fim, o elemento final do sistema é o reservatório de armazenamento, e a partir dele é feita a distribuição para os pontos de consumo.

É possível concluir que prática de captação de água de chuva destinada ao aproveitamento nos usos não potáveis, ou até mesmo potáveis (salvo com o devido tratamento), configura-se como uma das práticas sustentáveis imprescindíveis para auxiliar na solução de problemas relacionados à escassez de recursos hídricos ou à ocorrência de enchentes urbanas nas grandes cidades. No entanto, para que esse tipo de tecnologia seja amplamente difundido e implementado, tornando-se futuramente um hábito comum na sociedade, ainda é preciso um empenho maior na criação de leis e normas técnicas mais específicas que determinem diretrizes, parâmetros, métodos e procedimentos referente aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Além disso, é de extrema importância que o incentivo à conscientização ambiental ajude a superar a preocupação acerca da rentabilidade financeira e dos custos iniciais que alguns dos prováveis usuários têm inicialmente quando passam a considerar a possibilidade de utilizar um sistema desse tipo.

Ademais, encontram-se no mercado diferentes tipos de tecnologias passíveis de serem empregadas nesse tipo de sistema. Dentre eles pode-se citar os telhados verdes, os diferentes modelos de filtros autolimpantes para materiais grosseiros, as diversas configurações para dispositivos de descarte (princípio do fechamento hídrico, com torneira boia, com vasos comunicantes, entre outros), filtros lentos com material filtrante granular, aparelhos com diferentes mecanismos de cloração (clorador flutuante, clorador de pastilhas e bombas dosadoras de cloro), reatores de radiação ultravioleta, geradores de ozônio e cisternas modulares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil – Informe 2012. Brasília: ANA, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Conservação e reuso da água em edificações. Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; Sindicato das Indústrias de Construção Civil do Estado de São Paulo. São Paulo: FIESP; ANA; SindusCon, 2005.

AGUIAR, A. M. S. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com cor e turbidez moderadas. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, R. H. Casa Eficiente: Uso Racional da Água. v.3, Florianópolis-SC, 2009.

ANDRADE, M. A. N., LISBOA, M. B.; LISBOA, H. D. M. Reservatório de ardósia para sistemas de aproveitamento de água de chuva. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 3, p 563-570. 2017.

ANDRADE NETO, C. O. Aproveitamento imediato da água de chuva. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), v. 1, n. 1, p. 73-86, 2013.

ANDRADE NETO, C. O. Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 4º, 2003, Juazeiro-BA. Anais eletrônicos...Juazeiro-BA: ABCMAC, 2003.

ANDREOLI, Fernando César. Filtros lentos de areia em escala domiciliar como alternativa de tratamento de águas subterrâneas com risco microbiológico em comunidades isoladas. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

ANNECHINI, K. P. V. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ARAÚJO, L. F. Construção e avaliação do desempenho de distintos dispositivos de desvios das primeiras águas de chuva na remoção de microrganismos patogênicos. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos. Rio de Janeiro, 2019a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 16783: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, 2019b.

BASSO, A. Cobertura verde como sistema de reaproveitamento de água da chuva e águas servidas. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

BASTOS, F. P. Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

BONA, S. C. Aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis no Edifício D do Campus 2 do Politécnico de Leiria. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, 2020.

BRASIL. Portaria Nº 888 do Ministério da Saúde, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2021.

BRINCK, N. C. P. Avaliação do tipo de material filtrante no comportamento hidráulico de filtros rápidos de camada profunda no tratamento de águas de abastecimento. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BUDEL, M. A. Estudo comparativo da qualidade de água de chuva coletada em cobertura convencional e em telhado verde. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

CARVAJAL, R. A. R. Desinfecção solar da água: avaliação da técnica “SODIS” aplicada a águas de chuva, poço e manancial superficial, nas condições climáticas de verão na região de Porto Alegre, RS. Dissertação (Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

CASTRO, A. S. Uso de Pavimentos Permeáveis e Coberturas Verdes no Controle Quali-Quantitativo do Escoamento Superficial Urbano. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CHIANG, P. C. et al. Modeling an ozone bubble column for predicting its disinfection efficiency and control of DBP formation. *Chemosphere*, v. 39, n. 1, p. 55-70, 1999.

COHIM, E.; GARCIA, A. P.; KIPERSTOK, A. Captação de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2007.

COSTA, A. Limites de aplicabilidades para sistemas automáticos de descarte de água de chuva: estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

CUNHA, A. P. S. R. Experimento Hidrológico para Aproveitamento de Águas de Chuva Usando Coberturas Verdes Leves (CVL). Universidade de São Paulo (USP). Escola de Engenharia de São Carlos – EESC. Departamento de Hidráulica e Saneamento - SHS. Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas. São Carlos, 2004.

DACACH, N.G. Saneamento Básico. Rio de Janeiro-RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1981.

DALSASSO, R. L.; GUEDES, T. L. Proposta de um sistema automático de descarte de água de chuva: estudo de caso. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 099–106, 2017.

DANIEL, L. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Cap. 2. ABES-PROSAB. Rio de Janeiro, RJ, 2001.

DIAS, A. P. Água – Procedimentos economizadores de água, aproveitamento de águas pluviais, gestão das águas visando sustentabilidade em planejamento urbano e construções. In: Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro – SEA – e Governos Locais pela Sustentabilidade – ICLEI (eds). Teoria e Prática em Construções Sustentáveis no Brasil. Projeto CCPS, 2010. Rio de Janeiro, 2010.

DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. Rio de Janeiro: ABES, 1993.

EAWAG/SANDEC. Desinfección Solar del Agua - Guia de Aplicación, Cochabamba, Bolívia. p80. 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Seminário: Planejamento, Construção e Operação de Cisternas para Armazenamento da Água da Chuva. Concórdia – SC, 2005.

FARRENY, R., et al. Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality assessments in Spain. Water Research, v. 45, p. 3245-3254, 2011.

FERRAZ, C. F. Influência na redução da espessura da camada suporte na eficiência da filtração lenta com uso de mantas sintéticas não tecidas para águas de abastecimento. 1991. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. Considerações Sobre a Aplicação do Telhado Verde Para Captação de Água de Chuva em Sistemas de Aproveitamento Para Fins Não Potáveis. In: ENCONTRO NACIONAL, 4.; ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., São Paulo, 2007. Anais... São Paulo, 2007.

FIBRATEC. Skid de água da chuva. Fibratec, 2021. Disponível em: < <https://fibratec.com.br/produto/skid-de-agua-da-chuva/>>. Acesso em: 20 maio 2023.

FREITAS, B. L. S. Filtros lentos em escala domiciliar como alternativa de tratamento de águas com alto risco microbiológico em comunidades isoladas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

FREITAS, R. A. S. Comportamento de geotêxteis como filtro em resíduos – fosfogesso e lama vermelha. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GOMES, L. S. Aproveitamento de águas pluviais para uso pessoal. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2017.

HAGEMANN, S. E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HENEINE, M. C. Cobertura Verde. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

HERRERA, A. G., Desinfección Solar Del Agua, IMTA – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mexico, 2003.

HIRT, B. F.; SANTOS, D. S. Avaliação da filtração de águas pluviais para uso não potável. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V. Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 110 p., 2005.

LIMA, J. C. A. L. Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

LIMA, M. M. Desempenho de diferentes tipos de mantas sintéticas não tecidas na filtração da água para irrigação localizada. 2003. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

LISBOA, M. B. Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água de chuva. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

LOPES, W. R. R.; OLIVEIRA, R. M. S.; SERRA, J. C. V. Avaliação comparativa entre métodos de desinfecção empregando cloro e ozônio de águas destinadas ao abastecimento de pequenas comunidades. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 11, p. 463-472, 2013.

LUNA, Y.H.D.M.; SANTANA, N.C.B.; JUNIOR, R.H.A.; JUNIOR, G.B.A. Qualidade da água de chuva em São João Pessoa: estudo comparativo com diversos padrões de qualidade conforme os usos pretendidos para água em edificações residenciais. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologia Ambientais- GESTA, v.2, n.1, p.53-68, 2014.

MACIEL, P. M. F. Filtração lenta domiciliar como alternativa de tratamento de água em comunidades isoladas: eficiências com e sem controle de nível da água e aceleração do amadurecimento. 2018. 267 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

MAGRI, M. E.; FENELON, F. R.; GHISLENI, J. L. A.; ROSSETO, T. S.; PHILIPPI, L. S. Avaliação da Eficiência e Viabilidade de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva em Escala Residencial, para Lavação de Roupas e Usos Correlatos. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - SILUBESA, 13., Anais... Belém - PA, 2008.

MANZ, D.H. New Horizons for Slow Sand Filtration. In: The Eleventh Canadian National Conference and Second Policy Forum on Drinking Water and The Biennial Conference of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water, Promoting Public Health Through Safe Drinking Water, April 3-6, Calgary, Canada, p.682-692. 2004.

MARINHO, F. J. L.; UCHOA, T. R.; LEITE, S. F.; AGUIAR, R. L.; NASCIMENTO, A. S. Dessalinizador solar associado a coletor de águas de chuvas para fornecer água potável. Enciclopédia Biosfera, [S. l.], v. 11, n. 20, 2015.

MELO NETO, M. G. Sistema de captação e tratamento de águas pluviais para fins de consumo humano em comunidades rurais: filtração lenta em escala domiciliar e desinfecção por radiação ultravioleta. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

MICROAMBIENTAL. Bomba dosadora ou clorador de pastilha, qual é o mais adequado para desinfetar seu sistema de água. Microambiental, 2021. Disponível em: <<https://microambiental.com.br/monitoramento/bomba-dosadora-ou-clorador-de-pastilha-qual-e-o-mais-adequado-para-desinfetar-seu-sistema-de-agua/>>. Acesso em: 18 maio 2023.

MORAN, A., HUNT, B., JENNINGS, G. A North Carolina Field Study to Evaluate Greenroof Runoff Quantity, Runoff Quality and Plant Growth, 2004. Disponível em: <http://www.epa.gov/region8/greenroof/documents/3.4_Hunt-Moran_monitoring.pdf> Acesso em: 19 abr. 2023.

OLIVEIRA, C. L. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no município do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

OLIVEIRA, D. N.; MARTINS, M. J. Estudo da viabilidade do sistema DESVIUFPE de aproveitamento de águas da chuva implantado em uma residência de Juiz de Fora – MG. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Doctum, Juiz de Fora, 2020.

OLIVEIRA, M. A. Filtro de areia para o manejo da água de chuva. Dissertação (Mestrado Profissional Interdisciplinar Saúde, Sociedade e Ambiente) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.

OLIVEIRA, M. Filtros lentos domiciliares para tratamento de água da chuva para fins de consumo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

ONU – Organização das Nações Unidas. Coping With Water Scarcity. 2008. Disponível em: <https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/2006_unwater_coping_with_water_scarcity_eng.pdf>. Acesso em 09 maio 2023.

PÁDUA, V., L., FERREIRA, A., C., S., Introdução ao tratamento de água in: Abastecimento de águas para consumo humano, organizado por Heller L. & Pádua V. L., Ed. UFMG, Belo Horizonte, 2006.

PATERNIANI, J. E. S. Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração em areia de águas de abastecimento. 1991. 245 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

PATERNIANI, J. E. S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z. DA. Eficiência da Pré-Filtração e Filtração Lenta no Tratamento de Água para Pequenas Comunidades. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v. 1, p. 17–24, 2004.

PEREIRA, L. A.; VIEIRA, P. F.; BRITO, L. T. L.; GAVA, C. A. T. Avaliação de tratamento simplificado da água de cisterna: desinfecção solar (SODIS) para consumo humano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 2014, Feira de Santana. Água de chuva: segurança hídrica para o século XXI. Feira de Santana:

Universidade Estadual de Feira de Santana: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014.

PETERS, R. M. Potencial de Uso de Fontes Alternativas para Fins Não Potáveis em uma Unidade Residencial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PEVIDE, H. C.; MONTONI, L. F. Tratamento de água de chuva com ozônio. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2019.

PIZZOLATTI, B. S. Avaliação dos métodos de desinfecção: cloração e radiação ultravioleta, com a finalidade de utilização da água de chuva em uma residência. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. Rede cooperativa de pesquisas. Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando à redução do consumo de água e da infraestrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas. UFES, UFSC, UNICAMP IPT, 2006.

RICHTER, C. A. Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. Tratamento de Água: Tecnologia atualizada. Ed. Edgard Bluncher Ltda. 5ª reimpressão. São Paulo, 2003. 332p.

RODRIGUES, A. B. F. Avaliação de um sistema comercial de tratamento de água de chuva. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

RUOSO JUNIOR, H.; KEMERICH, P. D. C.; RIGHES, A. A. Filtro de areia para água da chuva com fluxo reverso. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v.7, n.1, p.083 - 098, 2010.

SANTOS, F. R. Tratamento da água de chuva por radiação ultravioleta usando energia fotovoltaica. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

SAVI, A. C.; TAVARES, S. F. Telhados verdes: uma análise da influência das espécies vegetais na retenção de água de chuva. Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 50-67, out. 2018.

SCHUJMANN, O. S. Estudo da viabilidade de utilização de geotêxteis não tecidos para filtração da água da chuva. Monografia apresentada ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SEMPRE SUSTENTÁVEL. Projeto Experimental do Filtro de Água de Chuva de Baixo Custo Modelo Auto-Limpante: Manual de Construção e Instalação, 2014. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/filtro-de-agua-de-chuva.htm>>. Acesso em: 12 maio 2023.

SILVA, A. P. H. Caracterização e tratamento de águas pluviais visando seu aproveitamento em edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

SILVA, A. R.; BORJA, P. C. Aproveitamento de água de chuva no Brasil: avanços e limitações dos aspectos legais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, da ABES, 29., São Paulo, 2017. Anais... São Paulo, 2017.

SILVA, C. M.; SOUSA, V.; CARVALHO, N. V. Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 94, p. 21–34, 2015.

SILVA, D. F. R. Aproveitamento de água de chuva através de um sistema de coleta com cobertura verde: avaliação da qualidade da água drenada e potencial de economia de água potável. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SILVA, F. A. Aproveitamento da água da chuva após tratamento por filtração ascendente e radiação ultravioleta. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SILVA, G. C. O. Qualidade da água de chuva no município de Cuiabá e seu potencial para o aproveitamento em usos não potáveis nas edificações. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

SILVA, M. J. M. Desinfecção de água utilizando energia solar (SODIS): inativação e recrescimento bacteriano. Dissertação (Mestrando em Saneamento e Ambiente) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVA, T. T. S. Análise da influência da deposição seca e dispositivo de desvio sobre a qualidade da água de chuva. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2018.

SIRVINKAS, Luís Paulo. Tutela Penal do Meio Ambiente e breves considerações atinentes a lei nº 9.605/98. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

SOMMER, B., MARIÑO, A., SOLARTE, Y., SALAS, M. L., DIEROLF, C., VALIENTE, C., MORA, D., RECHSTEINER, R., SETTER, P., WIROJANAGUD, W., ALARMED, H., AL-HASSAN, A., WEGELIN, M.; SODIS - an emerging water treatment process, *Journal of Water Suply: Research and Technology - Aqua*, v. 46, n3, p. 127 – 137, 1997.

SOUZA, B. J.; SARTORI, L.; DANIEL, A. L. Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação UV. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, 2000.

SOUZA, F. H. Influência do diâmetro efetivo do meio filtrante em filtros lentos retro laváveis. 44 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SOUZA, J. F., FRAGUAS NETO, M. R., SOUZA, M. A. S., VENEU, D. M. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. *Revista Eletrônica Teccen*, v. 9, n. 1, p. 35-46, jan/jun. 2016.

SOUZA, V. C. Avaliação da qualidade da água de chuva em Maceió (AL) coletada em telhados: tratamento através de filtração lenta e possíveis utilizações. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

TEEMUSK, A., MANDER, U., Rainwater Runoff Quantity and Quality Performance from a Greenroof: The Effects of Short-Term Events, *Ecol. Eng*, 2007. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/ecoleng>>. Acesso em: 19 abr. 2023.

TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; CARVALHO, K. Q.; BEZERRA, S. M. C.; GHISI, E. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 135-155, abr./jun. 2017.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD - TWDB. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. 3ed. Austin, 2005.

THOMAS, T. et al. Bacteriological quality of water in DRMH. IN: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, 10., 2001, Manheim. Proceedings... Germany, 2001.

THOMAS, T. Choosing rainwater tanks for the Sertão. 2004. Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/pubs/rwh.html>>. Acesso em: 25 abr. 2023.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água da Chuva: Para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2005.

TUCCI, C. E. M. Gestão de águas pluviais urbanas. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank, UNESCO, 2005.

VASCONSELOS, L. F. Captação de Água de Chuva para uso domiciliar: Estudo de caso. Universidade Católica de Goiás - Departamento de Engenharia - Engenharia Ambiental, Goiânia, 2007.

VERTEMATTI, J. C. Manual Brasileiro de Geossintéticos, Edgard Blücher, São Paulo, 2004.

VIEIRA, C. C. Aproveitamento de águas pluviais: Influência do volume de descarte e da filtração na qualidade da água. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

VIEIRA, J. Coleta e estratégia simplificada de tratamento de água de chuva para fins não potáveis com ênfase no uso industrial. Monografia (Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP. Considerações para o Aproveitamento de Águas Pluviais - Programa De Uso Racional Da Água – PURA, 2011. Disponível em: <<http://www.pura.usp.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2023.

U. S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Wastewater Technology Fact Sheet: Ultraviolet Disinfection. EPA/832/F-99/064, Office of Water, Washington, D.C., 1999.

WAGNER, F. Existem leis para aproveitar a água da chuva. RW Engenharia, 2015. Disponível em: <<https://rwengenharia.eng.br/leis-para-aproveitar-a-agua-da-chuva/>>. Acesso em: 13 maio 2023.

WISBECK, E.; SANDRI, E. K.; SOARES, A. L. M.; MEDEIROS, S. H. W. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 16, n. 4, p. 337–342, out. 2011.

ZARPELON, A.; RODRIGUES, E. M. Os trihalometanos na água de consumo humano. Sanare. Revista técnica da Sanepar, v. 17, n. 17, p. 20-30. 2002.

ZERBINATTI, O. E.; SOUZA, I. U. L.; PEREIRA, A. D.; SILVA, A. B.; REINATO, R. A. O. 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, 2011.

ZIPF, M. S.; KNOP, B.; PINHEIRO, I. G.; VALLE, A. B. Avaliação da influência do descarte da primeira água de chuva, do tratamento por filtro lento e da altura da camada filtrante na qualidade da água de chuva. Revista de Estudos Ambientais, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 31-43, jan/jul. 2013.