

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA - UNIFOR-MG
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
FÁBIO HENRIQUE MARTINS

SISTEMAS DE FILTRAGEM DE ÁGUA PLUVIAL EM RESIDÊNCIAS

FORMIGA-MG

2018

FÁBIO HENRIQUE MARTINS

SISTEMAS DE FILTRAGEM DE ÁGUA PLUVIAL EM RESIDÊNCIAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do UNIFORMG, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Tiago de Moraes Faria Novais

FORMIGA-MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UNIFOR-MG

M386 Martins, Fábio Henrique.
Sistemas de filtragem de água pluvial em residências / Fábio
Henrique Martins. – 2018.
66 f.

Orientador: Tiago de Moraes Faria Novais.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-
Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Sistemas de filtragem. 2. Aproveitamento de água. 3. Tratamento
de água pluvial. I. Título.

CDD 628.364

Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária
Rosana Guimarães Silva – CRB 6-3064

Fábio Henrique Martins

SISTEMAS DE FILTRAGEM DE ÁGUA PLUVIAL EM RESIDÊNCIAS.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do UNIFORMG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Tiago de Moraes Faria Novais

BANCA EXAMINADORA

Tiago de Moraes Faria Novais

Prof. Dr. Tiago de Moraes Faria Novais

Orientador

Mariana Del Hoyo Somas

Profa. Esp. Mariana Del Hoyo Somas

UNIFORMG

Aline Pereira Macedo

Aline Pereira Macedo

Engenheira Civil

Formiga, 26 de novembro de 2018.

Dedico esta monografia, de modo muito especial, aos meus pais por todo apoio e condições dadas as quais contribuíram significativamente para obtenção deste novo título. A todos os familiares e amigos que acreditam em meu potencial e de um modo carinhoso a minha namorada pelo incentivo e paciência na minha ausência.

AGRADECIMENTOS

"É o esforço constante e determinado que quebra a resistência, e varre todos os obstáculos." (Claude M. Bristol)

E é mais fácil transpor os obstáculos da caminhada quando outras pessoas compartilham conosco o anseio da realização do que se almeja.

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por me abençoar com muita saúde e vontade de buscar sempre novos conhecimentos e poder compartilhar com as pessoas de meu convívio.

De modo especial, venho publicamente agradecer a todos meus familiares que fazem jus a palavra família pela união dos membros em todos os momentos. São pilares fundamentais na construção de meu caráter, de minhas conquistas e do meu ser.

São muitos os obstáculos diários os quais nos fazem refletir e são nestes momentos em que grandes amigos desempenham papéis importantes em nossa vida. Agradeço a todos eles por estarem sempre comigo, por me estenderem a mão nas dificuldades e por compartilhar minhas alegrias.

Nada é possível sozinho. Há sempre alguém nos incentivando e dando força para seguir em frente, para ficar acordado e estudar um pouco mais, para fazer minhas tarefas e não desanimar jamais. Este alguém é minha namorada Camilla que não mede esforços para me ajudar. Obrigado.

Aos meus entes queridos que não habitam mais este mundo, mas que estarão sempre em meu coração com seus ensinamentos de humildade e simplicidade.

“Deus é capaz de transformar tua vida. O impossível ele fará, porque és precioso aos seus olhos. E se tiveres a coragem e a loucura de acreditar então irás provar que Ele pode muito mais”

(Pe. Fábio de Melo)

“Não é sobre tudo que o seu dinheiro é capaz de comprar e sim sobre cada momento, sorriso a se compartilhar. Também não é sobre correr contra o tempo pra ter sempre mais porque quando menos se espera a vida já ficou pra trás [...]”

(Ana Vilela)

RESUMO

Tendo em vista a quantidade inferior de água potável em relação à água não potável no planeta, é extremamente importante buscar e desenvolver alternativas que amenize a escassez, reduza o desperdício e que faça um reuso desta água que é tão importante para a vida humana. Este trabalho busca conscientizar e destacar a importância de aproveitar melhor o consumo de água em residências através da captação de águas da chuva pois a mesma deveria substituir o uso de água potável para trabalhos externos evitando o desperdício de água tratada, trazendo também benefícios financeiros e servindo como exemplo para a sociedade investir cada vez mais em sistemas sustentáveis. Desta forma, a presente revisão bibliográfica tem como principal objetivo, a análise dos métodos de filtragem e tratamentos complementares em sistemas de captação de água pluvial em residências no Brasil. Embora a água da chuva possa ser coletada de muitas superfícies, os sistemas de coleta no telhado são mais comumente usados, pois a qualidade da água da chuva colhida é geralmente limpa após a instalação e manutenção adequadas. A área efetiva do telhado e o material usado na construção do telhado influenciam a eficiência da coleta e a qualidade da água. A captação de água da chuva em áreas urbanas e rurais oferece vários benefícios, incluindo fornecimento de água suplementar, aumento dos níveis de umidade do solo para vegetação urbana, aumento do lençol freático através de recarga artificial, mitigação de inundações urbanas e melhoria da qualidade das águas subterrâneas. Em casas e prédios, a água da chuva coletada pode ser usada para irrigação, descarga de banheiro e lavanderia. Com filtragem e tratamento adequados, a água da chuva coletada também pode ser usada para banhos.

Palavras chave: Sistemas de filtragem. Aproveitamento de água. Tratamento de água pluvial

ABSTRACT

In view of the lower quantity of drinking water in relation to non-potable water on the planet, it is extremely important to seek and develop alternatives that ease scarcity, reduce waste, and reuse water that is so important to human life. This work seeks to raise awareness and highlight the importance of better use of water consumption in homes through rainwater harvesting because it should replace the use of drinking water for external work, avoiding the waste of treated water, also bringing financial benefits and serving as an example for society to invest more and more in sustainable systems. In this way, the present bibliographic review has as main objective, the analysis of filtration methods and complementary treatments in pluvial water abstraction systems in residences in Brazil. Although rainwater can be collected from many surfaces, roof collection systems are most commonly used because the quality of rainwater collected is usually clean after proper installation and maintenance. The effective area of the roof and the material used in the roof construction influence the efficiency of the collection and the quality of the water. Rainwater harvesting in urban and rural areas offers a number of benefits, including supplementary water supply, increased soil moisture levels for urban vegetation, rising groundwater through artificial recharge, urban flood mitigation, and improved water quality. groundwater. In homes and buildings, collected rainwater can be used for irrigation, toilet discharge, and laundry. With proper filtration and treatment, collected rainwater can also be used for bathing.

Keywords: Filtration systems. Water use. Rainwater treatment

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Desperdício de água tratada no Brasil.....	17
Figura 2 – Recursos hídricos do Brasil	18
Figura 3 – Causas e efeitos da urbanização sobre as inundações urbanas	22
Figura 4 – Interação entre os sistemas.....	23
Figura 5 – Fluxograma operacional do sistema de aproveitamento de águas pluviais ...	29
Figura 6 – Sistemas de captação de águas pluviais	39
Figura 7 – Componentes do sistema de captação de água de chuva.....	40
Figura 8 - Área de captação de chuva no telhado	42
Figura 9 – Cálculo do Volume de água de chuva ou pluvial	43
Figura 10 – Calha e tubulação.....	44
Figura 11 – Exemplo de descarte da primeira água por câmara vertical	44
Figura 12 - Esquema de funcionamento de um filtro Vortex Wisy	48
Figura 13 - Filtro Frogmouth distribuído.....	49
Figura 14 – Filtro 3P Rainus	50
Figura 15 - Filtro para aplicação no reservatório e exemplo de aplicação	51
Figura 16 - Filtros mecânico pré-tanque	52
Figura 17 - Equipamento de filtragem microscópica	53
Figura 18 - Filtro de desinfecção	55
Figura 19 - Reservatório superficial para uso doméstico	56
Figura 20 – Sistema de captação e armazenagem subterrâneo de água pluvial simples	57
Figura 21 - de sucção usada para bombear água dos reservatórios.	58
Figura 22 - Evolução da perda de carga em um meio filtrante em relação ao tempo.	59

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Classificação das águas doces	32
Tabela 2 – Parâmetros da Legislação para água de consumo humano	33
Tabela 3 – Qualidade da água de acordo com o local de coleta.....	36
Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritos e não potáveis.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 JUSTIFICATIVA.....	14
4 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	15
5 DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL	16
6 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	18
7 SUSTENTABILIDADE	19
8 URBANIZAÇÃO.....	21
9 IMPACTOS POR MAU GERENCIAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL	22
10 PROGRAMA DE USO RACIONAL E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	25
10.1 REUSO DA ÁGUA	25
10.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	27
10.3.1 Aproveitamento de Água Pluvial no Brasil	29
10.3.2 Aproveitamento de Água Pluvial no Mundo	30
10.3.3 Legislação e normas brasileiras	30
11 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL	34
11.1 Turbidez	34
11.2 Cor	35
11.3 Qualidade da água para uso não potável.....	35
11.4 Potencial Hidrogenio da água para uso não potável	37
11.5 Parâmetros para uso não potável.....	37
12. ANÁLISE ECONÔMICA	38
13 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL	39
13.1 Área de captação.....	42
13.2 Calhas e tubulações.....	43
13.3 Dispositivo de descarte	44
13.4 Filtros ou grades	45
13.4.1 Filtros mais utilizados.....	46
13.4.2 Filtro mecânico de pré-tanque	51
13.4.3 Filtração microscópica	53

13.4.4 Filtro de carbono	54
13.4.5 Filtro de desinfecção.....	54
13.5 Tanques e reservatórios	55
13.5.1 Reservatórios superficiais.....	55
13.5.2 Reservatórios subterrâneos.....	57
13.6 Bombas	58
14 LAVAGEM DOS FILTROS	58
15 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

Por se tratar de um recurso essencial e insubstituível aos seres vivos, a água é sempre motivo de preocupação e discussão em todo o mundo devido ao seu recurso finito e sua escassez em algumas regiões.

Com a crescente urbanização da população, algumas regiões começam a sofrer com a escassez de água para consumo humano. De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas, a população que hoje é de 7,6 bilhões de pessoas pode alcançar 11,2 bilhões já em 2100 (ONU, 2017), o que aumentará ainda mais a necessidade de consumo de água.

Fontes alternativas de fornecimento são uma das soluções para o problema de escassez de água nas residências por se tratar de um recurso simples, barato e obter uma qualidade muito boa de água em relação a outros recursos. Diante deste cenário, o reuso da água e o aproveitamento da água pluvial surge como apoio ao abastecimento de água para uso não potável.

A água da chuva utilizada para fins não potáveis é coletada em telhados, e após filtragem normalmente é usada em descargas de banheiros, rega de jardins, lavagem de uniformes e equipamentos, contribuindo para a diminuição do consumo de água seja residencial, comercial ou industrial. Um sistema de filtragem bem elaborado para água pluvial pode, portanto permitir uma economia no consumo de água potável, redução de alagamentos, enchentes e racionamento de água ajudando na preservação dos recursos hídricos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar e especificar os sistemas de filtragem de águas pluviais para residências e apresentar de forma descritiva a importância do aproveitamento das águas de chuvas.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os sistemas de filtragem existentes no mercado e quais os mais indicados para utilização em residências.
- Descrever as possibilidades e benefícios da captação de águas pluviais para residências.
- Detalhar as possíveis opções de utilização das águas pluviais após filtragem

3 JUSTIFICATIVA

Normalmente em residências, o abastecimento de água é realizado por operadoras de saneamento básico através da captação e tratamento de águas fluviais ou poços artesianos.

O consumo de água humano nas residências requer água potável e por isso a utilização das operadoras de distribuição e de poços tornam-se extremamente importantes por se tratar de uma água de boa qualidade e própria para consumo humano. No entanto não é somente a água potável que se faz necessário em uma residência. Em alguns casos pode estar usando-se água não potável como, por exemplo, para descarga dos aparelhos sanitários, limpeza dos pisos, carros e utensílios além de irrigação de plantas e jardins.

Devido ao consumo excessivo de água no planeta surge um grande desafio em propor métodos eficazes de reaproveitamento de água ou até mesmo a captação de outros recursos. Sob esta ótica, o uso de filtros para promover processos de filtragem da água pluvial pode garantir que as residências reaproveitem este tipo de água, sendo possível manter reservatórios destinados ao uso externo por vários meses.

4 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

De acordo com Favretto (2016, p.17) conforme citado por Sautrchúk (2004) a disponibilidade de água potável é um problema antigo e o cenário futuro não é nada satisfatório. A sua escassez está atribuída em alguns casos ao aumento da população, distribuição geográfica inadequada, desperdício, ilegalidade na utilização, poluição e degradação de mananciais o que compromete o desenvolvimento e crescimento de gerações futuras.

Embora a maior parte da superfície do planeta seja coberta por água, quando se trata de disponibilidade para consumo humano os dados são alarmantes. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006) cerca de 97,5% da água disponível é salgada e somente 2,5% corresponde a fração de água doce.

A pequena fração de água doce está distribuída entre geleiras (68,9%), aquíferos subterrâneos (29,9%), umidade do solo (0,9%) e o restante constituído de água superficial representada por rios e lagos que correspondem a (0,3%) (MMA, 2005).

Estamos tão acostumados com a presença de água em nosso cotidiano que não nos damos conta de sua importância apenas na sua falta. Note que a maior parte das células de nosso corpo possui água, sendo que os vegetais e animais precisam dela para viver (MAGALHÃES, 2018).

5 DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL

Cerca de 12% da água doce distribuída em todo o planeta está localizada no Brasil. Devido a sua grande dimensão territorial e uma reserva florestal gigante, o país detém grande quantidade de recursos hídricos que inclui conjunto de rios, lagos e aquíferos. Entretanto o Brasil apresenta enormes problemas com o desperdício de água por falta de conscientização, fiscalização e incentivos (TODA MATERIA, 2018).

São várias as ações que resultam no desperdício de água, como por exemplo as mais simples ao deixar uma torneira aberta, demora ao tomar banho e lavar carro com a mangueira aberta, mas de acordo com Aur (2017) a segunda maior causadora de desperdício de água doce disponível é a indústria por falta de reuso de água, lançamento de resíduos e efluentes não tratados nos rios.

Altamariano (2004) destaca alguns pontos que contribuem para conhecimento e conscientização quanto a água potável:

- Cerca de 70% do corpo humano consiste em água.
- Aproximadamente 34.000 pessoas morrem diariamente em consequência de doenças relacionadas com a água; e 65% das internações hospitalares no Brasil se devem a doenças de veiculação hídrica.
- O abastecimento e saneamento adequados reduzem a mortalidade infantil em 50%. Uma pessoa sobrevive apenas uma semana sem água.
- Mulheres e crianças em muitos países em desenvolvimento viajam em média de 10 a 15 km todos os dias para obter água.
- As perdas de água na rede de distribuição no Brasil variam de 30% a 65% do total aduzido e aproximadamente 1,4 milhões de litros de água são necessários para produzir um dia de papel para imprensa mundial.
- Um tomate contém 95% de água e 9.400 litros de água são necessários para produzir quatro pneus de carro.
- Uma pessoa necessita de no mínimo cinco litros de água para beber e cozinhar, e 25 litros para higiene pessoal. Uma família média consome cerca de 350 litros de água por dia no Canadá, 20 litros na África, 165 litros na Europa e 200 litros no Brasil.

Embora o Brasil tenha uma população maior concentrada no sudeste são nas regiões Norte e Nordeste que se destacam as maiores porcentagens de desperdícios de água potável no país (FIG.1).

Figura 1 – Desperdício de água tratada no Brasil

Por estados**Maior desperdício**

Amapá 76,5

Roraima 59,7

Sergipe 59,3

Menor desperdício

Distrito Federal 27,3

Goiás 28,8

Rio de Janeiro 30,8

Por região

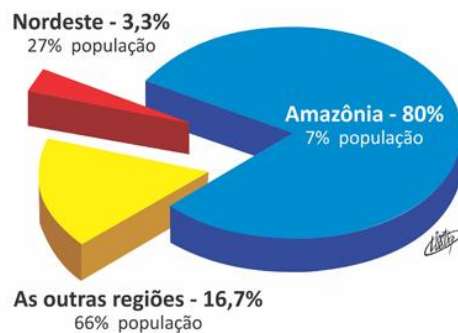
Fonte: Adaptado de: SINS/MINISTÉRIO DAS CIDADES (2013)

6 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Devido a grande quantidade territorial do país, de acordo como Itamaraty (2018), o Brasil detém 12% das reservas de água doce do planeta, perfazendo 53% dos recursos hídricos da América do Sul. Grande parte das fronteiras do País é definida por corpos d'água – são 83 rios fronteiriços e transfronteiriços, além de bacias hidrográficas e de aquíferos. As bacias de rios transfronteiriços ocupam 60% do território brasileiro.

Embora o Brasil apresente grande quantidade de água doce em relação aos demais, Ghisi, (2006), diz que o país sofre com a escassez de água em algumas regiões por estar irregularmente distribuída. Nota-se que onde há maior quantidade de água a demanda é menor em relação a porcentagem de população e onde há uma concentração maior da população há menos recursos de água.(FIG. 2.).

Figura 2 – Recursos hídricos do Brasil



Fonte: MSCIENTÍFICA (2015)

7 SUSTENTABILIDADE

O termo “sustentável” é originado do latim *sustentare* (sustentar; defender; favorecer, apoiar; conservar, cuidar) e pode ser definido, conforme o Relatório de Brundtland¹ (1987), como “a capacidade de suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas”. Com isso é possível entender que, a sustentabilidade implica na capacidade de atendimento às necessidades do presente, sem comprometer o futuro (JACOBI, 2003).

Captar e tratar água de chuva são práticas muito difundidas em países como a Austrália e Alemanha, aonde há incentivos e novos sistemas estão sendo criados permitindo resultados de água com boa qualidade de maneira simples e ótimo custo-benefício. A utilização de água de chuva traz várias vantagens segundo Silveira (2008, p. 12):

- Redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento da mesma;
- Evita a utilização de água potável onde esta não é necessária, como por exemplo, na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos, etc;
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial na grande maioria dos telhados, e o retorno do investimento ocorre a partir de dois anos e meio;
- Faz sentido ecológica e financeiramente não desperdiçar um recurso natural escasso em toda a cidade, e disponível em abundância todos os telhados;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios;
- Encoraja a conservação de água, a autossuficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade.

¹ Relatório, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, faz parte de uma série de iniciativas, anteriores à Agenda 21, as quais reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e que ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas. O relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes.

Na definição de Colaço (2008), a sustentabilidade é uma nova forma de analisar e reestruturar as interações entre os grupos humanos e o meio natural, observando as interações simultâneas que ocorrem entre esses dois meios. O autor destaca ainda que:

A existência de mudanças é inevitável. Estas devem ocorrer num processo de renovação permanente com a inovação e criação de sistemas sociais que estejam aptos para reconhecer os sinais ou os sintomas de insustentabilidade e ter a capacidade de reagir a estes sinais de modo a que possam efetuar-se as adaptações requeridas pelo sistema (recursos naturais) para corrigir tais disfunções, sempre com o objetivo de alcançar um desenvolvimento mais sustentável (COLAÇO, 2008, p. 19).

Neste sentido, Giansanti (1998) afirma que o desenvolvimento sustentável pode ser definido como uma capacidade que as sociedades têm de se sustentarem de forma autônoma, produzindo riquezas e bem-estar utilizando recursos e potencialidades próprios.

8 URBANIZAÇÃO

A urbanização é um fator que tem gerado grande impacto ambiental, para os ecossistemas, o solo, a água, modificando os ambientes e as paisagens. Segundo Bertrand (1995) A paisagem é uma porção do espaço combinada por elementos que reagem uns sobre os outros fazendo da mesma um conjunto indissociável sempre em evolução.

Nas bacias mais urbanizadas, especialmente nos países em desenvolvimento, o uso urbano costuma ser o principal responsável pela poluição orgânica dos rios, devido ao lançamento constante de efluentes sanitários de residências e empresas praticamente sem tratamento (VARGAS, 1999).

Em muitas regiões o crescimento da urbanização exige um aumento de várias atividades, em algumas a má distribuição de água tem trazido dificuldades para esse processo de desenvolvimento. Segundo Mancuso e Santos (2003, p.9) tem sido uma alternativa importante para o controle da distribuição das demandas de água e para evitar sua escassez. As análises dos fatores que causam esses impactos mostram quais dos mesmos podem afetar como por exemplo a qualidade da água que está sendo substituída pela água reciclada.

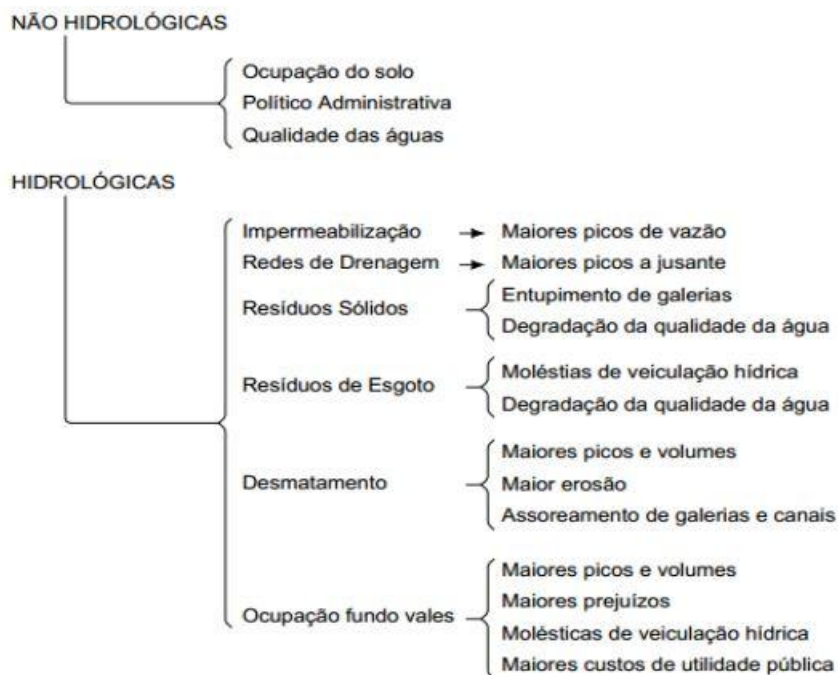
Ainda segundo Mancuso e Santos (2003, p.29) A infraestrutura inadequada dos centros urbanos e o crescimento populacional trouxeram alguns outros problemas aos ecossistemas, como a poluição das águas por lançamentos de efluentes industriais, esgotos domésticos e diversos outros tipos de resíduos. A compactação do solo, não permite que as águas pluviais se infiltrem no lençol freático com facilidade, assim o solo sofre pela falta de água subterrânea e o que seria potável e para uso da população vai direto para os rios.

“As disponibilidades de água doce não são ilimitadas. É indispensável preservá-las, controlá-las e, se possível, crescê-las. Como consequência da explosão demográfica e do rápido aumento das necessidades na agricultura e na indústria moderna, os recursos hídricos constituem objeto de uma demanda crescente. Não poderemos satisfazer essa demanda, nem elevar o nível de vida, se cada um de nós não considerar a água um bem precioso, que é necessário preservar e utilizar racionalmente (DERISIO, 2000).

9 IMPACTOS POR MAU GERENCIAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL

A drenagem de águas pluviais tem por objetivo conduzir o que pode ser transformado em água potável, muito importante para o uso da população, empresas, indústrias, agronegócios, etc; Porto (2012 apud PORTO,1995 ,p.07) faz a análise desse processo como “um conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos que as populações estão sujeitas conforme FIG. 3, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável”.

Figura 3 – Causas e efeitos da urbanização sobre as inundações urbanas



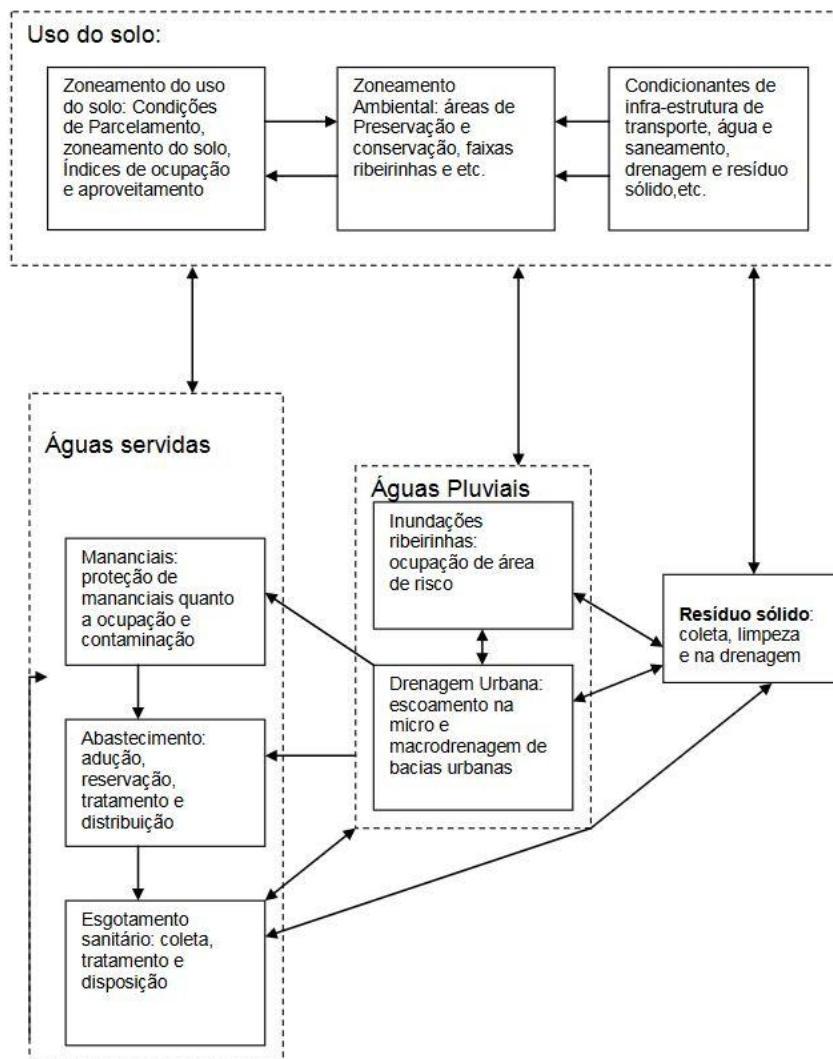
Fonte: PORTO (1995)

Segundo Sarabia, (2013) a urbanização deixa o solo impermeabilizado, dificultando a infiltração da água e o escoamento subterrâneo, assim com a chuva rapidamente acontecem os alagamentos. Por isso a necessidade do planejamento urbano, para evitar problemas para a população e para o meio ambiente gerados pela urbanização (PORTO, 1995). Assim a drenagem das águas pluviais trará melhorias na saúde, no meio ambiente, no tráfego além de economia na manutenção de vias, etc.

Montenegro e Tucci, (2005) explicam que grande quantidade da água que abastece o País não é devolvida aos rios após tratada, ou seja, maior parte dela volta como esgoto, deixando ainda mais escassa a quantidade de água potável que seria utilizada e aumentando os problemas ambientais pelo esgoto sem tratamento, no trecho a seguir explicam que os impactos “[...] tem sido gerados por conta da falta de uma gestão integrada do uso do solo e da infraestrutura. Isso é ainda mais marcante quando relacionado com a infraestrutura da água no meio urbano” (MONTENEGRO; TUCCI, 2005). Tais problemas têm aumentado a proliferação de doenças e trazido graves consequências para o meio ambiente.

Abaixo a FIG 4 faz uma análise da distribuição da água.

Figura 4 – Interação entre os sistemas



Fonte: MONTENEGRO E TUCCI (2005)

As atividades industriais aumentam a concentração dos poluentes nas águas, alterando a sua diluição. “[...] o uso inadequado de adubos químicos e agrotóxicos na agricultura irrigada também contribui para a poluição dos lençóis freáticos por nitratos, bem como para a contaminação dos rios por metais pesados, através do escoamento pluvial” (VARGAS, 1999).

Em um estudo feito por Vargas (1999) explica-se que as águas pluviais nos meios urbanos têm relação com a urbanização, o saneamento ambiental e o ciclo d’água. No caso da urbanização a impermeabilização do solo e o alto consumo de água e produção de esgotos, trouxeram pontos negativos. O saneamento busca a qualidade de vida no meio urbano. E o ciclo d’água é o que tem tido atenção do poder público para tentar minimizar os efeitos da urbanização promovendo a interação da mesma ao saneamento.

10 PROGRAMA DE USO RACIONAL E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

Muitos programas relacionados a preservação e consumo racional da água são criados em todo o mundo e não é diferente no Brasil. Em âmbito nacional, é divulgado o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, de responsabilidade do Governo Federal, com intuito de promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços dos sistemas (PNCDA, 2006).

Tomaz (2001) define o uso racional da água com quatro principais objetivos.

- Reduzir a demanda de água;
- Melhorar os uso de água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma;
- Implantar práticas e tecnologias para economizar água;
- Informar e conscientizar os usuários.

Muitas são as ações para redução de água, como por exemplo detectar e repara vazamentos, programas educativos, substituição de equipamentos convencionais por equipamentos modernos capazes de economizar água e estudos para aproveitamento de água pluvial e reuso das águas cinzas. De acordo com Tomaz (2001) podem as medidas de redução podem ser convencionais ou não. As convencionais tratam de reduzir a pressão nas redes de reciclagem, reutilização da água, reparos e manutenção dos vazamentos de distribuição. Por outro lado as medidas não convencionais são utilização de águas cinzas e de águas pluviais bem como vasos sanitários com câmara de compostagem (muito utilizado nos EUA) e dessalinização (TOMAZ, 2001).

10.1 REUSO DA ÁGUA

Segundo Hespanhol (2007), a água é um recurso renovável que, quando reciclada através de sistemas naturais, torna-se um recurso limpo e seguro. Embora a água seja poluída ela pode ser recuperada e reusada para inúmeros fins. Os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança e custos associados é que definirão a qualidade e objetivo de reuso. Possibilidades do reuso dependem das características, condições e fatores locais.

Mancuso (2007), diz que se a água é utilizada, uma ou mais vezes, em atividade humana, configura-se reuso de água.

_ **Reuso indireto não planejado da água:** ocorre quando a água utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita as ações naturais do ciclo hidrológico (diluição e autodepuração).

_ **Reuso indireto planejado da água:** ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de água superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reuso indireto planejado da água pressupões que exista também um controle sobre eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outro efluente que também atendam ao requisito de qualidade de reuso objetivado. (MANCUSO, 2007, p. 403).

Para Hespanhol (2007), o reuso de água é classificado em duas grandes categorias: potável e não potável:

Reuso Potável

- Reuso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- Reuso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Reuso Não Potável

- Reuso não potável para fins agrícolas: é feita a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais etc., e plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais.
- Reuso não potável para fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processos, para utilização em caldeiras etc.
- Reuso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais etc.

- Reuso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reuso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.
- Reuso para manutenção de vazões: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando a uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.
- Aqüicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando à obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.
- Recarga de Aquíferos subterrâneos: é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta, pela injeção sob pressão, ou de forma indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

O Reuso Planejado da Água é parte da Estratégia Global para a Administração da Qualidade da Água, proposta pelo Programa das Nações Unidas para o meio Ambiente e pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2005). Esta estratégia almeja alcançar a proteção da saúde pública, a manutenção da integridade dos ecossistemas e o uso sustentável da água.

10.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O aproveitamento de águas pluviais teve início por volta de 3000 anos a.C. no Oriente Médio. Há 2750 anos a.C. na Mesopotâmia, utilizavam-se águas pluviais (TOMAZ, 2003). Atualmente, esta prática vem se tornando cada vez mais comum em países como Alemanha, Japão, Canadá, Índia, China e recentemente também no Brasil.

Segundo Carvalho (2010), na Alemanha, a população e as autoridades públicas estão apoiando ativamente o aproveitamento de água de chuva. Além disso, o governo alemão está incentivando a economia de água potável para gerações futuras e novas indústrias por meio de apoio financeiro, oferecendo financiamentos para a construção de sistemas de captação de água pluvial. O mesmo acontece na Califórnia e Japão em relação aos financiamentos para quem aproveitar a água da chuva.

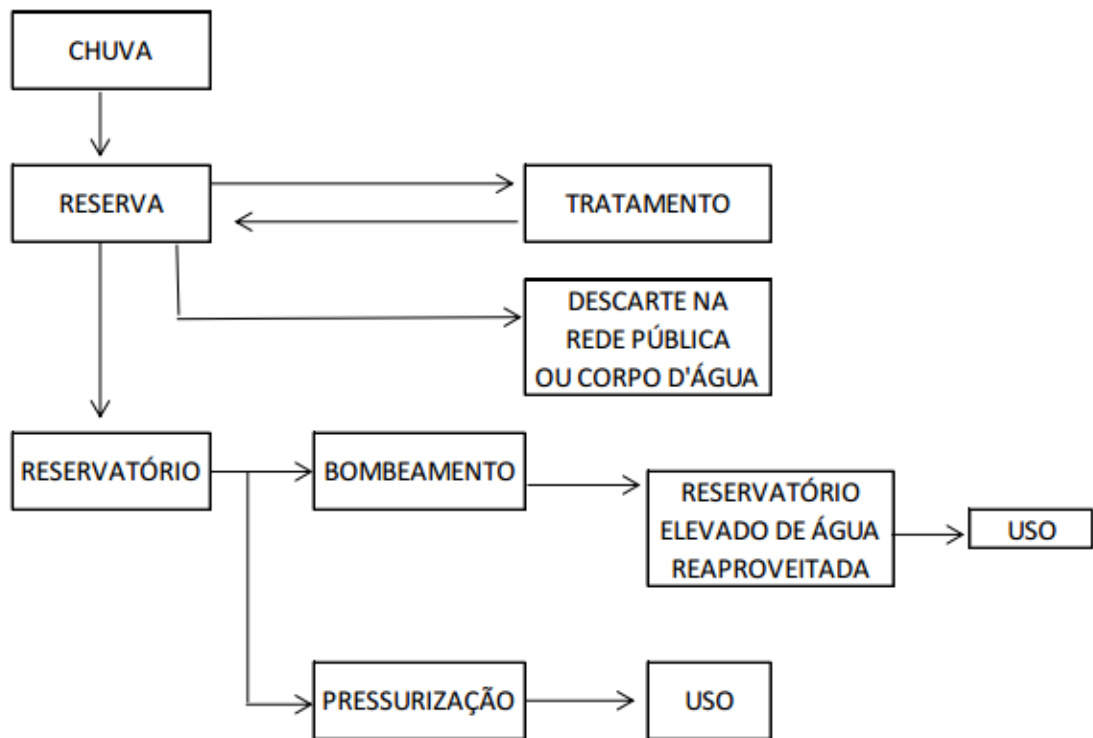
Em geral, esses sistemas são implantados com o objetivo de evitar a sobrecarga no sistema de coleta unitário, de esgoto sanitário e água pluvial, abastecer lago artificial e utilizar ainda para fins não potáveis. Desta forma, obtém-se uma redução da vazão de água pluvial introduzida no sistema de esgoto sanitário, evitando enchentes e, conseqüentemente, problemas de saúde pública além de trazer economia na utilização de água potável (MAY, 2004). Porém, em alguns lugares trata-se de uma medida necessária frente à escassez de água potável.

Muitas são as vantagens da utilização de águas pluviais: utiliza estruturas existentes nas edificações (telhados, lajes e rampas); baixo impacto ambiental; água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento; complementa o sistema convencional; reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público (SIMONI et al., 2004).

Para análise da viabilidade de implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais é importante levar em consideração a precipitação, a área de captação de água e também a demanda de água. Um sistema de coleta e aproveitamento de água de pluvial de maneira geral consiste na captação da água da chuva que cai sobre os telhados ou lajes da edificação. A água é levada até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas (TOMAZ, 2003).

Na FIG. 5 é demonstrado um fluxograma operacional de aproveitamento de água da chuva.

Figura 5 – Fluxograma operacional do sistema de aproveitamento de águas pluviais



Fonte: TOMAZ (2003)

10.3.1 Aproveitamento de Água Pluvial no Brasil

No Brasil, até aproximadamente 20 anos atrás existiam poucas experiências de aproveitamento de água pluvial. Hoje, já existe no país a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, que é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto (ACBMAC, 2007).

Em São Paulo, especificamente na cidade de Guarulhos, algumas empresas utilizam água de chuva. Segundo Thomaz (1993), uma indústria de tingimento de tecidos realiza água da chuva captada em um telhado de 1500m² e é armazenada em um reservatório subterrâneo de 370m³.

Já em Blumenau, um sistema de aproveitamento de água pluvial foi instalado em um hotel com 569,50 m² de área de cobertura (área de captação). O volume da cisterna utilizada é 16.000 litros. Uma estimativa aponta que este hotel economiza em torno de 684.000 litros de água anuais. (BELLA CALHA, 2007).

10.3.2 Aproveitamento de Água Pluvial no Mundo

Segundo Tomaz (2003) há registros históricos que indicam a utilização de água da chuva pela humanidade há milhares de anos. Existem muitas cisternas escavadas em rochas anteriores a 3.000 a.C, utilizadas para reservatório de água pluvial. Em Israel, um dos exemplos mais conhecidos, é a famosa fortaleza de Masada, com dez reservatórios escavados na rocha, tendo 40 milhões de litros total de capacidade. No México, há cisternas ainda em uso, que datam antes da chegada de Cristóvão Colombo à América (TOMAZ, 2003).

Nos países desenvolvidos, como a Alemanha, órgãos públicos apoiam o aproveitamento de água de chuva. Além disso, o governo alemão incentiva a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais oferecendo financiamentos e apoio financeiro, pois desta forma está contribuindo para economia de água para suprir futuras gerações. (GROUP RAINDROPS,2002).

Um dos países que mais se preocupam com sistemas de aproveitamento de água pluvial é o Japão. Como exemplo, Tóquio, por regulamento do governo metropolitano, é obrigatório que todos os prédios com área construída maior que 30.000 m² ou que utilize mais de 100 m³ por dia de água para fins não potáveis, reciclem a água de chuva. Além disso, para minimizar eventos de enchentes, devem ser construídos reservatórios de água de chuva em áreas de terrenos maiores de 10.000 m² ou em edifícios que tenham mais que 3.000 m² de área construída (TOMAZ, 2003).

Países como Estados Unidos, Austrália e Cingapura também estão passos a frente desenvolvendo pesquisas sobre o assunto. Em 1992, implantou-se um sistema de uso de água de chuva no Aeroporto de Chagi, em Cingapura para descarga dos banheiros (GROUP RAINDROPS, 2002).

10.3.3 Legislação e normas brasileiras

No Brasil existe instrumentos e instituições de defesa dos Recursos Hídricos: a Constituição Federal(1988), o Código de Águas, e como destaque, a Lei de nº 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Lei nº 9.433/1997 conhecida como a Lei das Águas, institui a Política de Recursos Hídricos, cujos fundamentos são:

- a) A água é um bem de domínio público de uso do povo. O Estado concede o direito de uso da água e não de sua propriedade. A outorga não implica alienação parcial das águas, mas o simples direito de uso;
- b) Usos prioritários e múltiplos da água. O recurso tem de atender a sua função social e a situações de escassez. A outorga pode ser parcial ou totalmente suspensa, para atender ao consumo humano e animal. A água deve ser utilizada considerando se projetos de usos múltiplos, tais como: consumo humano, dessedentação de animais, diluição de esgotos, transporte, lazer, paisagística, potencial hidrelétrico, etc. As prioridades de uso serão estabelecidas nos planos de recursos hídricos;
- c) A água como um bem de valor econômico. A água é reconhecida como recurso natural limitado e dotado de valor, sendo a cobrança pelo seu uso um poderoso instrumento de gestão, onde é aplicado o princípio de poluidor-pagador, que possibilitará a conscientização do usuário. A Lei nº 9.433/97 no artigo 22 informa que “os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de seus recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados”. Isso pressupõe que os valores obtidos com a cobrança propiciarão recursos para obras, serviços, programas, estudos, projetos na bacia;
- d) A gestão descentralizada e participativa. A bacia hidrográfica é a unidade de atuação para implementação dos planos, estando organizada em Comitês de Bacia. Isso permite que diversos agentes da sociedade opinem e deliberem sobre os processos de gestão de água, pois, nos comitês, o número de representantes do poder público, federal, estadual e municipal, está limitado em até 50% do total.

Sobre Águas Pluviais, o Decreto nº 24.643/34, em seu Capítulo V, artigo 103, estabelece que: “As Águas Pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário”. Porém, não é permitido desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas possam se aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos, além de desviar essas águas de seu curso natural para lhes dar outro curso, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las. Para o uso da água é necessário observar a Resolução do CONAMA nº 357/2005, em que o uso é dividido em classes com seus respectivos usos permitidos. (TAB. 1).

Tabela 1 – Classificação das águas doces

CLASSE	USOS PERMITIDOS
Especial	<ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; • à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; • à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
1	<ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; • à proteção das comunidades aquáticas; • à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; • à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; • à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	<ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; • à proteção das comunidades aquáticas; • à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; • à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; • à Aqüicultura e à atividade de pesca.
3	<ul style="list-style-type: none"> • ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; • à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • à pesca amadora; • à recreação de contato secundário; • à dessedentação de animais.
4	<ul style="list-style-type: none"> • à navegação; • à harmonia paisagística.

Fonte: CONAMA (2005).

Conforme o Ministério da Agricultura os parâmetros para a água de abastecimento industrial são realizadas análises físico-químicas, como pH, Cloretos, Matéria Orgânica, Dureza, Sólidos dissolvidos totais, Turbidez e para microbiológicas Coliformes a 45°, Coliformes a 35° e bactérias heterotróficas, conforme o Decreto nº 30.691 de 1952 e TAB. 2 (BRASIL, 2011).

Tabela 2 – Parâmetros da Legislação para água de consumo humano

Parâmetro	Limite	Referência
pH	6,0 a 9,0	Portaria nº 2914 de 2011 – Ministério da Saúde
Turbidez	5,0 UT	
Aspecto	Límpido	
Alcalinidade	-	
Dureza	500 mg/L	
Cloretos	250 mg/L	
Matéria orgânica	Máx. 2,0 mg/L	Decreto nº 30.691 de 1952
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	Portaria nº 2914 de 2011 – Ministério da Saúde
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL	

Fonte: Ministério da Saúde (2011)

11 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

Quando se trata de qualidade de água pluvial, diversas condições são pertinentes, entre elas acentua a proximidade com regiões com grande poder industrial e por queima de combustível fóssil. Nestas áreas, a chuva em contato com as partículas poluentes a torna ácida (COELHO, 2007).

Outro dado importante que reflete na qualidade da água da chuva é a existência de matéria orgânica e inorgânica sobre a superfície de captação. Tais materiais podem conter agentes tóxicos e biológicos causadores de doenças nos seres humanos através do contato com a água. (Tomaz, 2003).

Ainda segundo Tomaz (2003), superfícies de captação contribuem diretamente na qualidade da água pluvial. Gramados, por exemplo, age com função de filtro natural o que melhora consideravelmente a qualidade da água

A pureza da água pluvial deve ser examinada em três diferentes estágios de captação: Nos primeiros milímetros de chuva, na água já no reservatório e na água pós filtragem (HIRT e SANTOS, 2011).

Frequência de chuva é outra razão que afeta as características da água. Quanto menos chuva maior será a quantidade de impurezas no ar e quanto mais chuva mais qualidade a água terá (TOMAZ, 2003).

Devido aos inúmeros parâmetros de qualidade existentes para diversos fins, apenas os parâmetros mais relevantes serão apresentados a seguir.

11.1 Turbidez

A turbidez é um parâmetro que identifica se há presença de partículas de tamanhos grosseiros até os coloides suspensas na água. Areia, argila e microorganismos são os principais responsáveis pela turbidez da água. Deste modo, quanto menor a turbidez mais eficiente será o processo de desinfecção da água. (DEMAE, 2018).

A turbidez resulta em uma água opaca pelo grau de interferência da passagem de luz (SPERLING, 2005).

A unidade de medida desse parâmetro é a uT (unidade de Turbidez). Quanto maior o grau de interferência à passagem de luz, maior será a uT.

A existência de partículas provoca dispersão e absorção da luz, o que cria uma aparência nebulosa, indesejável e potencialmente perigosa, pois pode ocultar a presença de microrganismos patogênicos ou compostos tóxicos (RICHTER, 2009).

11.2 Cor

De acordo com Richter e Neto (1991), a água pura é ausente de cor.

A coloração da água ocorre devido à existência de sólidos dissolvidos de origem natural, matéria orgânica, ou antropogênica, como resíduos industriais e esgoto doméstico (VON SPRELING, 2005).

A água pura é ausente de cor e sua unidade de medida é a unidade Hazen (uH) (RICHTER e AZEVEDO NETO, 1991).

Segundo Spreling (2005) Quando além da cor, a água apresentar uma parcela de turbidez, denomina-se cor aparente. Em caso de centrifugação e parte desta cor for removida tem-se a cor verdadeira:

Quando se tem uma solução, a intensidade da cor é proporcional à concentração de moléculas absorventes de luz. A absorvância é a capacidade intrínseca dos materiais em absorver radiações em frequência ou comprimento de onda específicos. A medida da luz absorvida permite analisar a concentração de um soluto em uma solução (HARRIS, 2001)

11.3 Qualidade da água para uso não potável

A adoção de práticas de manutenção e limpeza do sistema de captação de água pluvial, a inserção de grades e filtros e o descarte dos primeiros momentos de chuva, contribuem para a qualidade da água que será armazenada. Outros equipamentos podem ser adotados para melhorar a qualidade da mesma, entretanto, dependerá da finalidade de utilização da água, pois poderá acarretar na inviabilidade do sistema em função de custos investidos (FAVRETTO, 2016)

O local de instalação do sistema de captação pode colaborar com a qualidade da água e no uso recomendado para a mesma (MAESTRI, 2003). Ainda de acordo com Hespanhol (2007) “diversos fatores influenciam a qualidade da água da chuva e

dentre estes se destacam: a localização geográfica da área de captação (proximidade do oceano, áreas urbanas ou rurais), a presença de vegetação, a presença de carga poluidora e a composição dos materiais que formam o sistema de captação e armazenamento (telhados, calhas e reservatório)”.

O Grau de poluição do ar bem como a limpeza do sistema de captação determinam a variação da qualidade de água da chuva.

Tomaz (2003) comenta que em áreas muito urbanizadas e nos polos industriais, sobretudo por causa dos poluentes presentes no ar, como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NOX) ou ainda chumbo, zinco e outros, acarretam alterações nas concentrações naturais da água de chuva.

GROUP RAINDROPS (2002) apud SILVA (2007) apresentam no TAB. 3 as aplicações da água conforme o local de captação e sua qualidade.

Tabela 3 – Qualidade da água de acordo com o local de coleta.

Grau de qualidade	Local de coleta da chuva	Observações
A	Telhados (locais não ocupados por pessoas ou animais).	Lavar banheiros, regar plantas, pode ser destinada para o consumo humano se purificada.
B	Telhados (Locais frequentados por pessoas e animais).	Somente para usos não potáveis (lavar banheiros, regar plantas), após pequeno tratamento, não pode ser destinada para beber.
C	Terraços e áreas impermeabilizadas; Áreas de estacionamento.	É necessário tratamento mesmo para usos não potáveis.
D	Estradas; Vias férreas elevadas.	Mesmo para usos não potáveis, necessita de tratamento.

Fonte: GROUP RAINDROPS, 2002 apud SILVA, 2007

11.4 Potencial Hidrogenio da água para uso não potável

O parâmetro pH (potencial hidrogeniônico) representa a concentração de íons hidrogênio H⁺ devido a sólidos e gases dissolvidos. Indica grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água em uma faixa de 0 (caráter ácido) a 14 (caráter alcalino). O valor 7 indica pH neutro (VON SPERLING, 2005).

Segundo Sperling (2005) conhecer pH é importante em diversas etapas do tratamento de água. Se este estiver baixo caracteriza corrosividade e agressividade nas águas e em caso de valores próximo a 14, possibilita a formação de incrustações em tubulações.

11.5 Parâmetros para uso não potável

A água de chuva, se não tratada, não deve ser usada para fins potáveis o que a torna imprópria para consumo humano (TOMAZ, 2003). Entre os fins não potáveis, que não exigem características de qualidade que atendam aos padrões de potabilidade definidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), destacam-se: lavagem de carros, calçadas e ruas, rega de jardins, irrigação de lavoura e descarga de dejetos. Para estes fins, a NBR 15527 (ABNT, 2007) define o padrão de qualidade para utilização de águas pluviais conforme (TAB. 4)

Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritos e não potáveis

Parâmetros	Análise	Valor
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ou < 5,0 uT, para usos menos restritivos
Cor aparente	Mensal	< 15 uH
pH	Mensal	6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: ABNT (2007).

12. ANÁLISE ECONÔMICA

De acordo com Favretto (2016) além das questões ambientais, o potencial econômico do aproveitamento da água da chuva é um fator importante a ser verificado e analisado pois é com estes dados que será definido a viabilidade financeira de implantação do sistema de filtragem de água pluvial.

Favretto (2016) ainda diz que “a análise econômica é baseada em uma estimativa de custos resultantes da implementação de todo o sistema: materiais e equipamentos, mão de obra e custos de energia elétrica devido a necessidade de bombeamento da água”.

Outro quesito que deve ser mensurado e que influenciará na decisão do investimento, é a determinação dos custos relativos ao consumo de água potável proveniente do abastecimento público, não considerando o aproveitamento de água pluvial. Este consumo é analisado através da tarifa da água da concessionária responsável pelo abastecimento local (FAVRETTO,2016)

A composição do custo da tarifa de água é proveniente 3 variáveis:: custos de operação e manutenção, custos econômicos e efeitos ambientais (OECD, 2010).

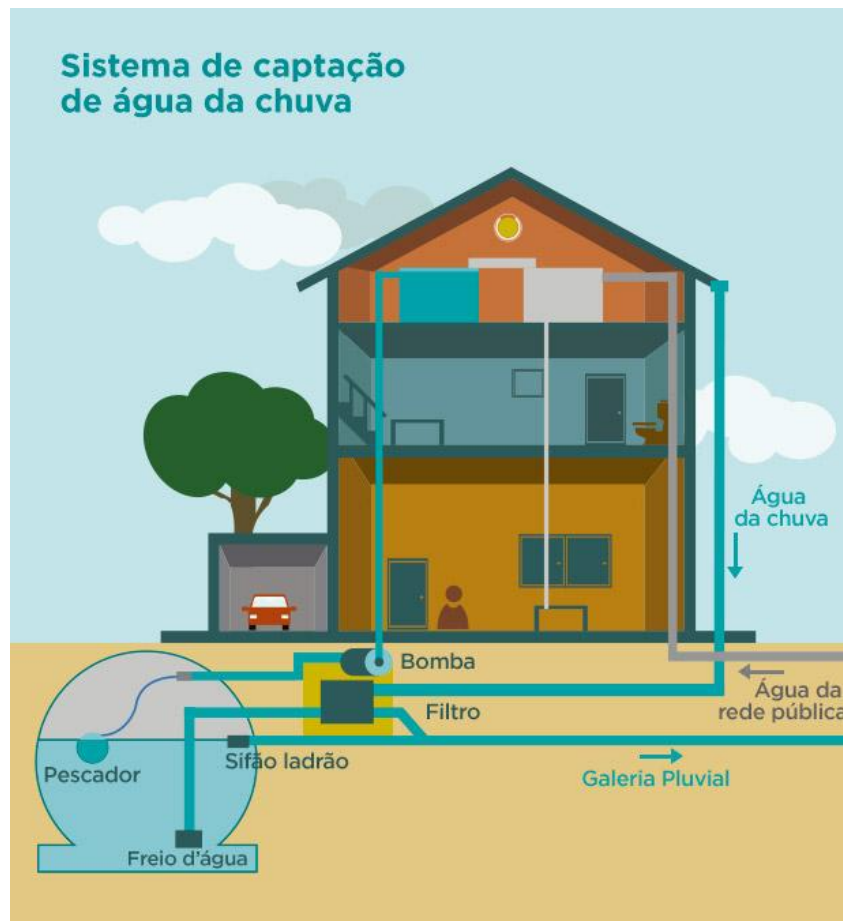
Dornelles (2012) relata que esta composição é o somatório dos custos de operação e manutenção, custos causados pelo aumento dos conflitos do uso da água e pela degradação de sua qualidade, por possíveis efeitos das alterações climáticas e pela má gestão dos recursos hídricos.

Segundo Favretto (2016) diante deste cenário, é previsto que a tarifa de água aumente gradativamente em virtude dos fatores comentados e, concomitantemente prevê-se estímulo e incentivo da implementação de sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva, através da redução do tempo de retorno do investimento.

13 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

O sistema de captação da água pluvial conforme FIG. 6 pode ser classificados como de simples ou complexas instalações podendo conter inúmeros tipos de dispositivos. Os sistemas simples propõe fundamentalmente três elementos: precipitação, condutos horizontais e verticais e reservatório de armazenamento. Já os sistemas complexos, indicados para empreendimentos de grande porte, necessitam de assistência profissional, investimentos e reservatórios maiores ou interligados para armazenar grandes volumes de água (WATERFALL, 2002).

Figura 6 – Sistemas de captação de águas pluviais

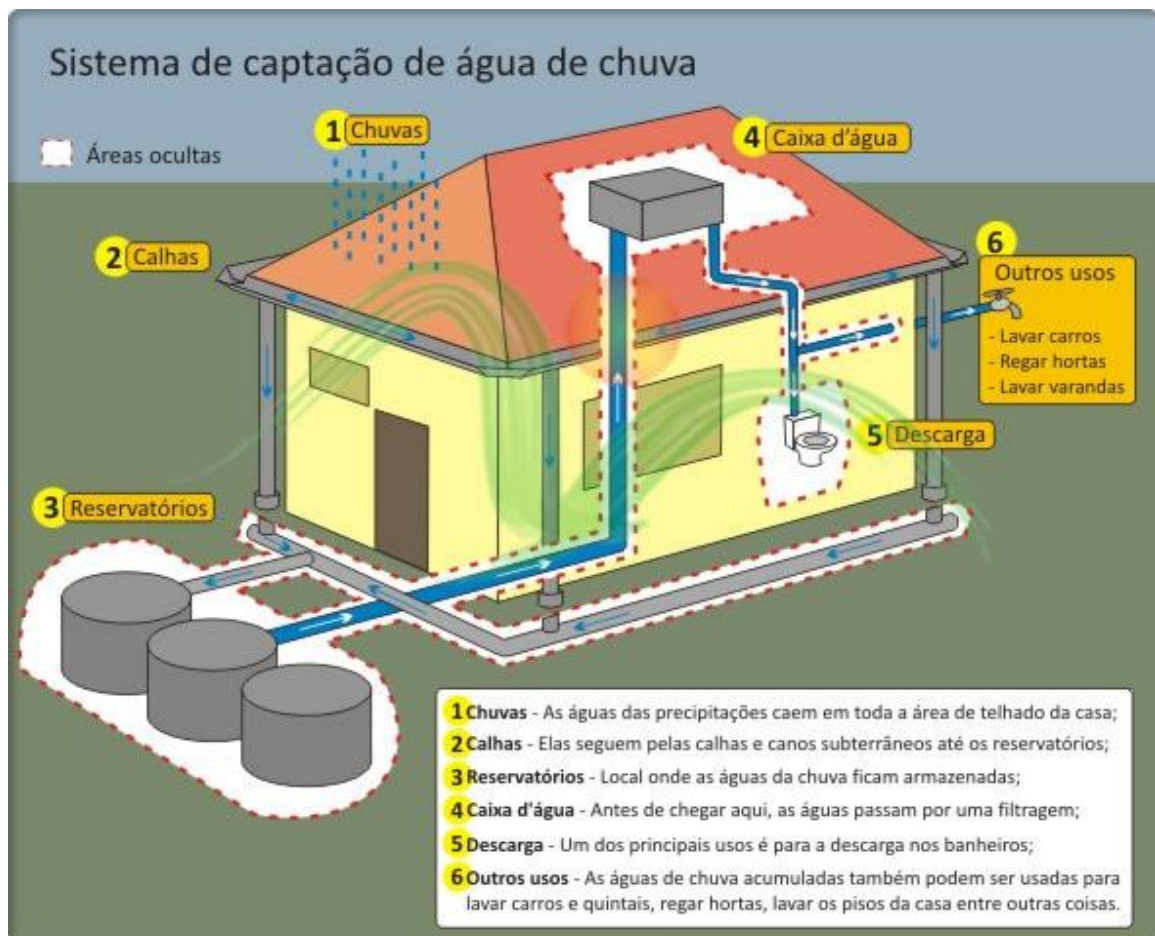


Fonte: Gedore (2016)

A viabilidade de implantação do sistema deve ser avaliada com base nos fatores econômicos, condições ambientais e climatológicas. Para Cilento (2009), o mais importante do sistema de captação de águas pluviais é a estrutura da superfície de captação e o reservatório de armazenamento. Já para Tomaz (2003),

os fatores mais importantes são a precipitação do local, área de captação e a demanda. A interligação das estruturas ocorre através de condutos horizontais (calhas) e verticais (canos), grades, filtros e caixa de armazenamento da primeira chuva, quando necessário. O sistema poderá trabalhar por gravidade ou através da inserção de bombas para realizar a condução da água para outros reservatórios conforme apontado na (FIG. 7)

Figura 7 – Componentes do sistema de captação de água de chuva



Fonte: ECOVILA CLAREANDO, (1999)

Usada como fonte alternativa de consumo, a água de chuva é mencionada por Mierzwa et. al (2007), Seeger et al. (2007), May (2004), Kobiyana et al. (2002), Tomaz (2003), como um agente atenuador da escassez de água, mesmo para usos não potáveis.

Diversos autores relatam o valor benéfico da instalação dos sistemas de captação de águas pluviais para redução de alagamentos, mas para Tucci (2007), o

aproveitamento de água de chuva pode ser útil como fonte de abastecimento de água não potável, mas afirma que pouco ajuda no controle de alagamentos.

O sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais tem sido prática cada vez mais adotada por se tratar de medida que resulta em razoável economia no dia a dia da edificação. Além disso, pode contribuir para a retenção das águas de chuva, reduzindo seu impacto imediato no sistema hidrográfico e conseqüentemente diminuindo o risco de enchentes, que paralelamente também reduz o volume de água a ser tratada (HAGEMANN, 2009).

Em geral, esses sistemas são implantados com o objetivo de evitar a sobrecarga no sistema de coleta unitário, de esgoto sanitário e água pluvial, abastecer lagos artificiais e utilizar ainda para fins não potáveis. Desta forma, obtém-se uma redução da vazão de água pluvial introduzida no sistema de esgoto sanitário, evitando enchentes e, conseqüentemente, problemas de saúde pública além de trazer economia na utilização de água potável (MAY, 2004).

Muitas são as vantagens da utilização de águas pluviais: Utiliza estruturas existentes nas edificações (telhados, lajes e rampas); baixo impacto ambiental; água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento; complementa o sistema convencional; reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público (SIMONI et al., 2004).

Segundo Lee et al. (2000) o sistema de coleta de chuva através da superfície de telhados é considerado mais simples e, na maioria das vezes, produz uma água de melhor qualidade se comparado aos sistemas que coletam água de superfícies no solo.

Os materiais dos telhados podem variar: telha cerâmica, de fibrocimento, de zinco, de aço galvanizado, de plástico, de vidro, de acrílico, ou mesmo, de concreto armado ou manta asfáltica. Revestimentos de menor absorção de água, ou seja, com um escoamento de superfície maior, minimizam as perdas, portanto maior eficiência (HAGEMANN, 2009).

Alguns cuidados que devem ser tomados com a área de captação, como a limpeza frequente e a remoção de materiais que possam ficar depositados sobre o telhado tais como poeira, folhas, galhos e fezes de animais, com intuito de minimizar a contaminação e manter a qualidade da água coletada (UNEP, 2002).

Para a captação da água de chuva é necessário que o sistema apresente calhas e condutores verticais para o direcionamento da água da chuva do telhado ao

reservatório. Segundo UNEP (2002) os materiais mais utilizados são policloreto de vanila (PVC), plástico ou outro material que seja inerte. Como o pH da chuva tende a ser baixo pode haver corrosão quando forem utilizados condutos de metal.

Os materiais mais utilizados são: tela de arame, nylon, PVC e aço galvanizado. Assim como os telhados e calhas, estes dispositivos também precisam ser limpos periodicamente, e para estes componentes conforme a NBR 15.527 (ABNT, 2007) recomenda limpeza trimestral, já que a falta de manutenção pode obstruir a passagem de água e conseqüentemente a sua chegada ao reservatório.

13.1 Área de captação

Segundo Santos, (2010) “A área de captação, conforme FIG. 8 é a superfície onde a chuva que será coletada irá cair. Geralmente são os telhados das edificações, áreas impermeáveis sob a superfície do solo, como, estacionamentos, calçadas e pátios”. Santos, (2010) ainda diz que é mais interessante captar a água nos telhados por apresentar melhor qualidade por não haver tráfego de pessoas e veículos. Diz também que é vantajoso porque na maioria dos casos o sistema funciona totalmente por gravidade tornando o projeto mais simples e acessível.

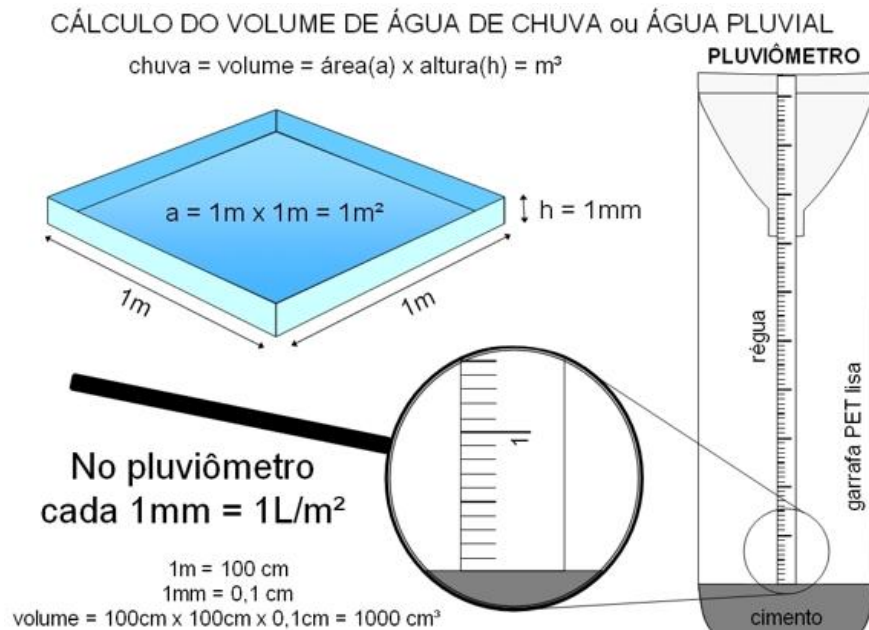
Figura 8 - Área de captação de chuva no telhado



Fonte: Sustentável (2018)

Com a informação da área de captação do telhado e o registro de chuva de um pluviômetro exemplificado na FIG. 9, podemos calcular quanto de água o telhado foi capaz de coletar. Para isso, basta multiplicar a área do telhado pelos milímetros de chuva registrados no pluviômetro. O resultado será sempre em litros (Aproveitamento, [20..]).

Figura 9 – Cálculo do Volume de água de chuva ou pluvial



Fonte: Sustentável (2018)

13.2 Calhas e tubulações

De acordo com Santos, (2010) são os componentes conforme FIG. 10 que recolhem a chuva da área de captação do telhado através da calha e a transportam até o reservatório por meio de tubulações. Para que o sistema de calhas e tubulações funcione perfeitamente é necessário dimensioná-los levando em consideração a quantidade prevista de precipitação de água no telhado e também a sua inclinação até o condutor vertical.

Figura 10 – Calha e tubulação



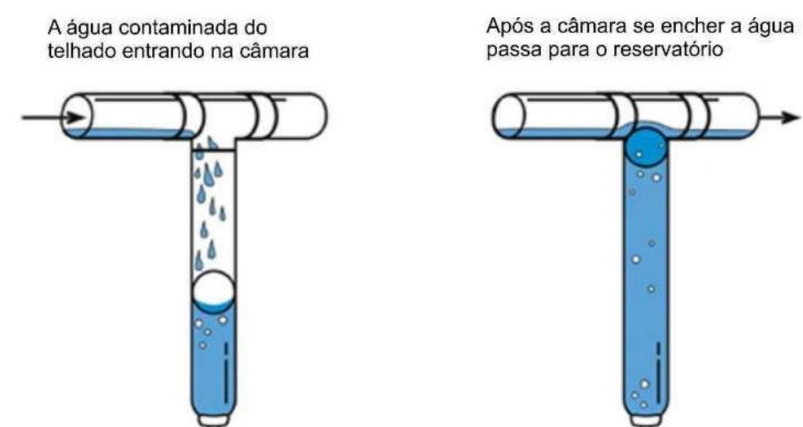
Fonte: Sustentável (2018)

Há no mercado diversos modelos e materiais de calhas que adaptam ao sistema. Assim como as superfícies de captação, é importante se assegurar de que estes condutores sejam livres de chumbo ou qualquer outro tratamento que possa contaminar a água (SANTOS, 2010).

13.3 Dispositivo de descarte

Conforme ANA/FIESP & SindusCon-SP, 2005 *apud* Gonçalves (2006), são inúmeras técnicas de descarte da primeira chuva. A FIG. 11 apresenta um desviador das águas das primeiras chuvas com câmara de desvio vertical. Já à quantidade do volume à ser descartado divide opções.

Figura 11 – Exemplo de descarte da primeira água por câmara vertical



Fonte: Harvest (2013)

Para a determinação do volume de descarte é utilizada uma regra prática. Segundo o autor, na Flórida (EUA) usa-se descartar os primeiros 40 litros para cada 100m². Já no Brasil tem-se o valor de 1 mm de chuva por metro quadrado, para a região de Guarulhos – SP (TOMAZ 2005).

13.4 Filtros ou grades

Depois que a água da chuva é coletada de um telhado, ela deve ser filtrada antes de ser armazenada em um tanque. Isso é para garantir que seja mantido nas melhores condições possíveis, para evitar a degradação do material biológico, o desenvolvimento de odores, etc. O telhado e calhas de um edifício não são estéreis - portanto, a água da chuva vai pegar musgo, sujeira, folhas, fezes de aves, etc. a caminho do tanque (GHISI, 2006).

Portanto, é essencial instalar um sistema de filtragem adequado e, em alguns casos, tratamento adicional, para garantir que a água da chuva armazenada possa ser utilizada de forma eficaz e segura.

As grades e filtros são extremamente importantes para um sistema de captação de águas pluviais. Um dos maiores problemas nestes sistemas é o excesso de materiais grosseiros nos telhados. Se estes materiais não forem retidos podem danificar e obstruir o sistema além de comprometer a qualidade da água por causa da decomposição dos resíduos caso atinjam o reservatório de armazenamento (TOMAZ, 2003)

Os filtros têm a função de reter materiais grosseiros nos telhados como folhas, galhos, além de pequenos animais. Quando não retidos, estes materiais podem danificar e interromper o sistema de captação, além de afetarem a qualidade da água (CARVALHO, 2010).

Os materiais mais utilizados são: tela de arame, nylon, PVC e aço galvanizado. Assim como os telhados e calhas, estes dispositivos também precisam ser limpos periodicamente, e para estes componentes a NBR 15527/07 recomenda limpeza trimestral, já que a falta de manutenção pode obstruir a passagem de água e conseqüentemente a sua chegada ao reservatório.

Os filtros utilizados para conter materiais granulares são feitos utilizando-se pedras porosas, no caso de filtro de antracito, ou areia, para filtros de areia. Estes tipos de filtros apresentam grande capacidade para remover cistos, ovos, cercárias

ou outros tipos de microrganismos que tenham maiores dimensões, no entanto, esta capacidade está relacionada, principalmente, com a qualidade da água (HIRT; SANTOS, 2011).

Os filtros de material granular, podem ser agrupados em dois grupos: os filtros lentos e os de filtros rápidos. No caso do processo de filtração rápida, a taxa de filtragem é bastante superior, se for comparado ao tempo dos filtros lentos, os quais apresentam uma velocidade de $120\text{m}^3/\text{m}^2$ dia, fazendo deste um dos filtros mais utilizados, pois ele ainda possui como vantagem, a facilidade na realização de sua limpeza (HAGEMANN, 2009).

Os filtros lentos, realizam o processo de filtração, permitindo a passagem do líquido através da camada filtrante. Neste caso, a participação biológica é bastante reduzida, havendo participação biológica pouco significativa, entretanto, verifica-se que, em virtude da formação de uma película gelatinosa, a ação purificadora é potencializada (BRICK, 2009).

De acordo com Brinck (2009) os materiais mais comumente utilizado para compor a camada filtrante são: areia, carvão antracito, carvão ativado granular, garnet ou ilmenita. Ressalta-se que, a camada filtrante pode ser simples, duplas ou tripla. Os filtros lentos, desta forma, são capazes de eliminar cerca de 90 a 99% das bactérias presentes na água, deixando-a límpida. No entanto, não é capaz de reduzir seu odo e sabor.

13.4.1 Filtros mais utilizados

Em qualquer parte do mundo, a filtragem da água tem como objetivo promover a remoção de partículas sólidas, presentes na água da chuva, antes que esta seja armazenada em reservatórios. Ressalta-se que, existem países, como na Austrália, onde os sistemas de aproveitamento de água pluvial não incluem processos de filtragem e sim, lavagem de telhados, caleiras e tubos de queda (RODRIGUES, 2010).

Entretanto, em países como a Inglaterra, o uso de filtros é recomendado para remover detritos ou pedras que possam comprometer a qualidade da água. Desta forma, os filtros mais utilizados neste país são aqueles que não há necessidade de limpeza, devido à redução dos custos de manutenção (TOMAZ, 2010).

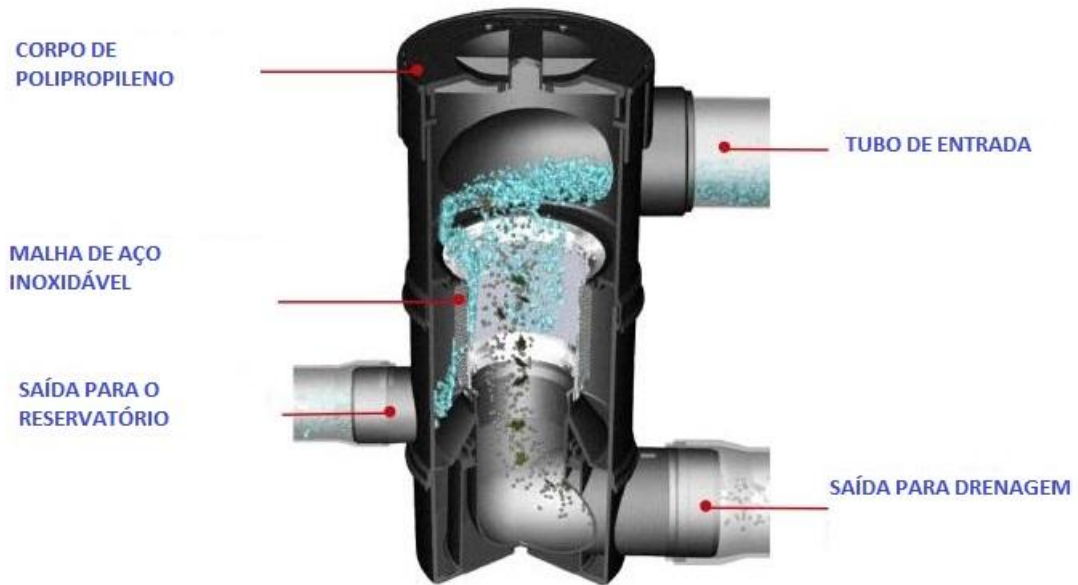
Frente à variedade de opções de filtros para filtragem de águas pluviais, e formas de instalação, é possível verificar que, os chamados filtros de malha ou filtros “escova de garrafa”, que podem ser instalados sob o tubo de queda e, os filtros de malha e filtros de areia que, por sua vez são instalados no final do tubo de queda, são os mais utilizados (OLIVEIRA, 2008).

Tal predileção ocorre devido ao baixo custo destes filtros e, de fácil utilização. No entanto, a maior desvantagem está na necessidade de serem lavados frequentemente, pois estes sistemas entopem facilmente, fazendo com que sua função não seja executada e, conseqüentemente possa trazer dano à edificação na qual foi instalado (HIRT; SANTOS, 2011).

Segundo Rodrigues (2010) os filtros de tubo de queda, encontrados sob o tipo Vortex e filtros flutuantes, foram amplamente utilizados na Alemanha em virtude da sua grande capacidade em remover detritos, impedindo-os de entrarem nos reservatórios. Este fato faz com que a água apresente qualidade suficiente para que não seja necessária a realização de tratamento adicional.

A água da chuva, ao passar sobre o filtro, arrasta os detritos e estes são jogados para fora do sistema de drenagem (FIG. 12). É imprescindível que, para seu correto funcionamento, ele seja instalado verticalmente e, as inspeções realizadas no equipamento, devem levar em conta a quantidade de detritos que possam trazer contaminação à água (RODRIGUES, 2010).

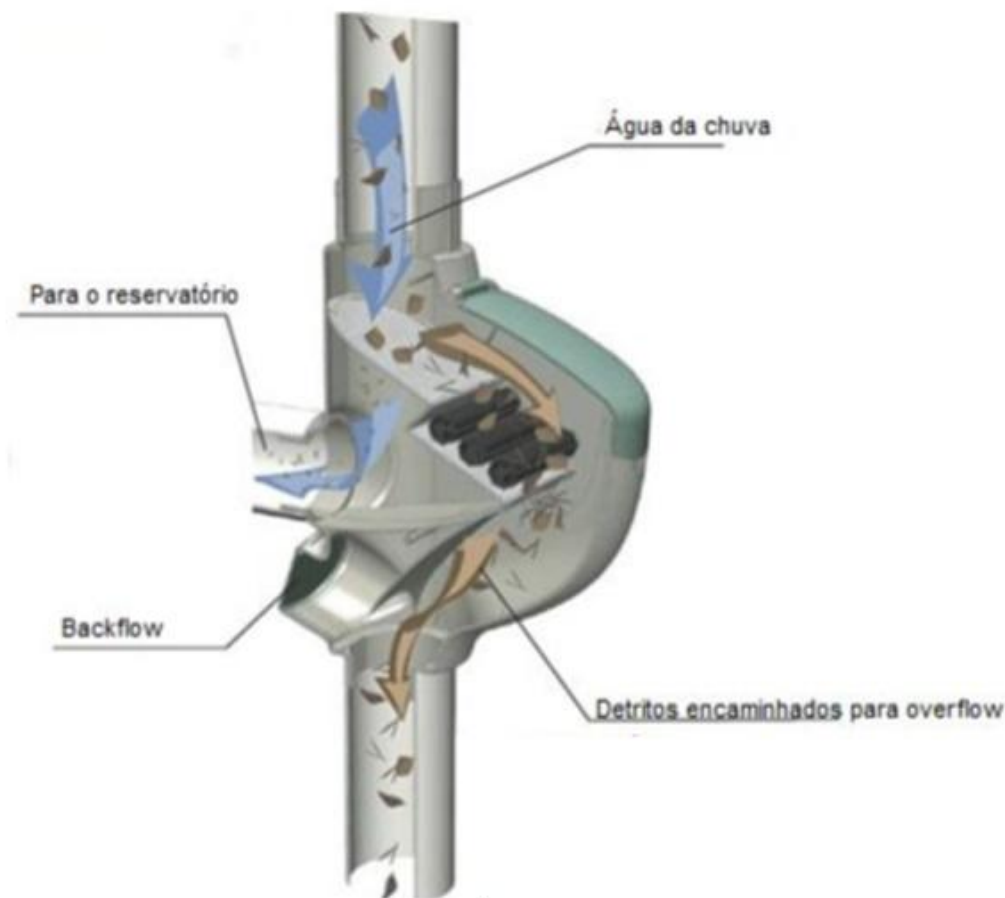
Figura 12 - Esquema de funcionamento de um filtro Vortex Wisy



Fonte: Soluciones Hidropluviales (2018)

Outro tipo de filtro é o Frogmouth (FIG. 13), um tipo de filtro instalado no tubo de queda. Ele age retirando folhas e detritos presentes na água da chuva, sendo ainda dotado de malha que impede a passagem de insetos, juntamente com a água que cai no reservatório. Os materiais presentes na água, são desviados por meio de um sistema de rolo e pela malha, sendo conduzidos para o sistema pluvial (RODRIGUES, 2010).

Figura 13 - Filtro Frogmouth distribuído



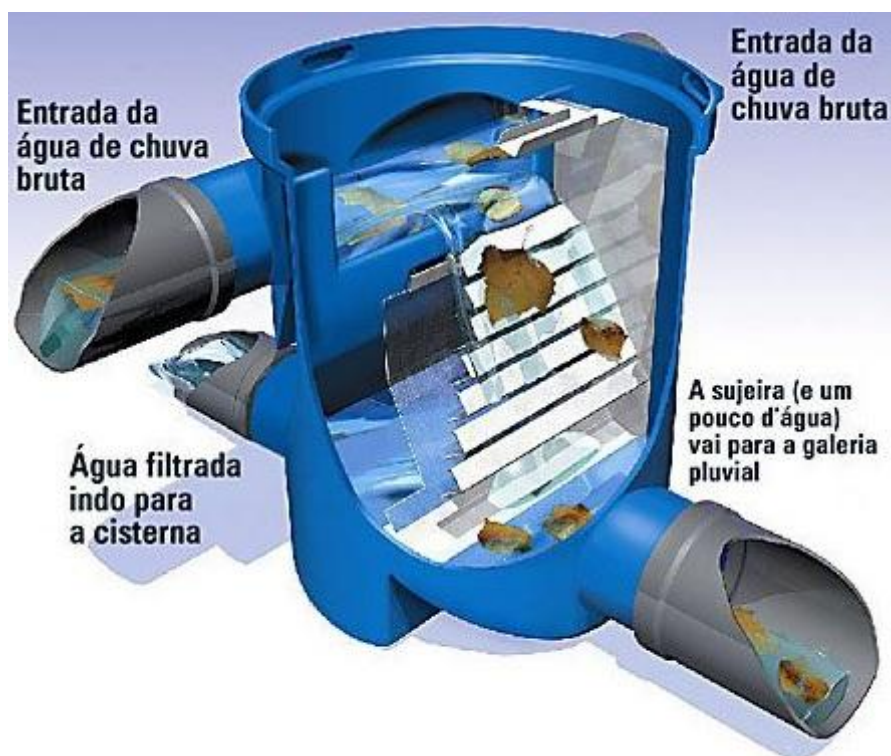
Fonte: Frogmouth Filter (2017)

Trata-se de um tipo de filtro totalmente fechado, comumente usados em áreas com metragem de 100m^2 . Este filtro, ao impedir ainda a entrada de luz no reservatório, conseqüentemente evita o crescimento de algas. Além disso, caso o reservatório esteja com sua capacidade máxima, o excesso de água é impedido de entrar, sendo desviado pelo próprio filtro, para o ralo, onde é descartada automaticamente (TOMAZ, 2009).

Os filtros Tadpole (FIG. 5), possuem o mesmo tipo de uso dos Frogmouth, no entanto, apresenta algumas variações que os diferem, tais como a presença de duas malhas de filtragem, com espaçamentos de 5mm e 0,9mm, fazendo com que o filtro atue com maior eficiência na remoção dos detritos. É de fácil manutenção e, possui ainda um sistema que impede a subida da água no tudo em queda, caso este esteja obstruído.

Outro modelo de filtro de tubo de queda, é o 3P Rainus (FIG. 14). Este filtro, promove a separação da sujeira presente na água da chuva, por meio de uma abertura frontal e, posteriormente lançando a água filtrada para a saída inferior, seguindo para o reservatório.

Figura 14 – Filtro 3P Rainus



Fonte: 3P Technick (2018)

No que tange aos filtros instalados antes do reservatório, as formas de filtragem podem ocorrer antes ou após a entrada da água pluvial nos reservatórios. No entanto, é importante destacar que, os métodos usados, aplicam-se antes do consumo da água, tendo como objetivo retirar partículas finas e organismos que podem trazer danos à qualidade da água (RODRIGUES, 2010).

Ainda segundo Rodrigues (2010) estes tipos de filtros, possuem melhor aceitação no mercado europeu, os filtros localizados antes do armazenamento, pois estes conferem maior segurança à água, ao reduzir as chances de crescimento bacteriano. Neste caso, os filtros do tipo Vortex, estão situados no ponto de união entre os tubos de drenagem da água pluvial e dos tubos de queda. Sua ação promove a separação da água de suas impurezas, resultando em um aproveitamento máximo de água, podendo captar 90% da água, em virtude da sua

excelente capacidade de filtragem e por poder suportar cargas de até 60 toneladas. Além disso, este tipo de filtro pode ser instalado em qualquer profundidade, pois a ele podem ser agregados prolongadores.

Os filtros instalados no reservatório (FIG. 15), são uma opção quando a inclinação do filtro e da sua estrutura podem possibilitar que as partículas de sujeira se soltem e sejam lançadas no esgoto. Este tipo de filtro possui o miolo em aço inoxidável, envolvido por uma malha plástica. Neste tipo de dispositivo é possível realizar a instalação de mecanismos que promovam sua limpeza, ao conjugar um sifão duo com a entrada anti-turbulência, o que reduz a necessidade de manutenção (SACADURA, 2011).

Figura 15 - Filtro para aplicação no reservatório e exemplo de aplicação



Fonte: Rodrigues (2010)

13.4.2 Filtro mecânico de pré-tanque

A maneira mais eficaz de manter a água da chuva limpa é evitar que sujeira e detritos entrem no tanque de armazenamento (HIRT; SANTOS, 2011). Para fazer isso, a maioria dos sistemas usa um filtro pré ou *in-tank* (FIG. 16).

Figura 16 - Filtros mecânico pré-tanque



Fonte: Fortelev (2018)

De acordo com Nolde (2002) estes filtros geralmente consistem de um elemento de aço inoxidável alojado dentro de um corpo de plástico, embora alguns modelos inferiores são inteiramente de plástico. O elemento é geralmente uma malha de aço inoxidável ou grelha. A finura da malha é medida em microns - quanto menor o micron classificação, o mais fino o grau de filtração. Como exemplo, os filtros Wisy® Vortex têm uma classificação de malha de 280 microns (0,28 mm) e conseguem remover todas as partículas, exceto as mais finas, sem que a malha fique bloqueada.

De acordo com Brinck (2009) os filtros pré-tanque ou dispostos no próprio tanque necessitam de limpeza, alguns com mais regularidade do que outros, dependendo do projeto. Filtros com uma malha horizontal provavelmente precisarão de limpeza com mais frequência do que uma vertical. Existem alguns modelos mais avançados que têm uma função de limpeza embutida usando jatos de água. Atualmente existem alguns filtros fabricados a partir de titânio que não exigem limpeza alguma. Uma vantagem de um filtro de pré-tanque sobre uma versão no tanque consiste em não abrir o tanque apenas para limpar o filtro.

Para a maioria das finalidades, como vasos sanitários com descarga, lavagem de roupa e rega simples no jardim, será necessário um filtro de boa qualidade antes ou no interior do tanque. No entanto, em algumas situações, pode ser necessária uma filtragem ou tratamento adicional, dependendo das exigências do sistema. Por exemplo, certos processos industriais podem exigir que a água seja filtrada a um

nível microscópico, ou alguns usos, como lavagens de veículos, exigirão que a água seja esterilizada (EATON, 2005).

13.4.3 Filtração microscópica

Um grau muito mais fino de filtração pode ser facilmente alcançado através do uso de filtros de partículas. Eaton (2005) ressalta que tais filtros estão geralmente na forma de um invólucro selado contendo um cartucho ou saco que retém partículas muito finas para proporcionar um padrão de água ainda mais limpo (FIG. 17).

Figura 17 - Equipamento de filtragem microscópica



Fonte: : Fortelev (2018)

Geralmente, estes exigem que o cartucho ou bolsa seja trocado periodicamente quando começam a entupir, embora alguns dos tipos mais grosseiros possam ser lavados e reutilizados. Um ponto importante é que esses filtros exigem pressão para funcionar de forma eficaz, ou seja, eles trabalham pela água sendo forçada a passar. Portanto, esses filtros são geralmente encontrados apenas em suprimentos de água bombeada (EATON, 2005).

Versões mais avançadas têm um elemento de aço inoxidável com uma função de "backwash" - para facilitar a limpeza; isso pode ser feito manualmente ou automaticamente usando um controle de timer. Estes são extremamente eficazes e reduzem a manutenção, mas são itens caros, portanto, geralmente são usados apenas em sistemas maiores (PEREIRA, 2012). Outro método avançado é o uso de tecnologia de membrana. Neste caso a água é forçada sob alta pressão através de

uma camada de material com furos microscópicos que prendem as partículas. Mais uma vez, tais dispositivos são geralmente usados apenas em projetos comerciais maiores (LAGEMANN, 2012).

Os filtros mais tradicionais são compostos por camadas de cascalho e areia - em diferentes níveis de aspereza. A água passa pela gravidade, com diferentes tamanhos de partículas removidas à medida que a água passa por cada nível (AHAMMED; MEERA, 2006).

13.4.4 Filtro de carbono

Se a água da chuva for usada para beber, um tratamento adicional pode ser recomendado na forma de filtração de carbono. Passando a água através do carbono, o sabor e o odor são significativamente melhorados e também a descoloração até certo ponto (LAGEMANN, 2012). Esta é a mesma tecnologia usada nos jarros de filtro de água domésticos comuns e nas unidades de afundamento. O carbono também é eficaz na remoção de cloro e outras substâncias orgânicas voláteis (COVs) (MAY, 2009).

Um módulo Granular Carvão Ativado pode ser adicionado a qualquer sistema de água da chuva, ou usado como uma unidade autônoma.

13.4.5 Filtro de desinfecção

Embora os filtros mecânicos sejam eficazes na remoção de partículas da água, eles não podem remover bactérias. Isto não é um problema se a água for utilizada apenas para lavagem de vasos sanitários, uso de máquinas de lavar roupa e rega de jardins. No entanto, se a água da chuva também for destinada para uso humano, como para beber, tomar banho etc., ou se houver risco de ingestão de vapor de água (irrigação por aspersão em um centro de jardinagem ou viveiro), a desinfecção é um passo adicional essencial (NOLDE, 2002).

Existem vários métodos para isso, como dosagem química, osmose reversa (RO) ou luz ultravioleta (UV). Os sistemas de OR tendem a ser dispendiosos e a desperdiçar muita água, e os sistemas de dosagem dependem da utilização de químicos perigosos (por exemplo, cloro) (FIG. 18).

Figura 18 - Filtro de desinfecção



Fonte: Fonte: rainharvesting.co.uk

Portanto, o método mais comum é a desinfecção por UV, sendo segura e confiável, se mantida adequadamente. A desinfecção por ultravioleta funciona esterilizando a água à medida que ela passa por um tubo de vidro, onde é exposta à luz ultravioleta de um determinado comprimento de onda e intensidade. Este processo esteriliza instantaneamente a água, destruindo quaisquer microrganismos presentes. A lâmpada UV precisará ser substituída anualmente e é uma tarefa simples e não qualificada (LAGEMANN, 2012).

13.5 Tanques e reservatórios

O reservatório é um dos componentes mais importantes do sistema de aproveitamento de água pluvial. Ele deve ser dimensionado levando em consideração principalmente os seguintes itens: custos totais de implantação, demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema (CASA EFICIENTE, 2008).

13.5.1 Reservatórios superficiais

É extremamente importante escolher bem o local de instalação devendo optar por locais de áreas livres que confirmam vantagens para o uso da água em lavagem

de áreas externas como quintais, ou áreas de piso impermeável, como jardins, sem que haja a necessidade de realizar o bombeamento da água (SACADURA, 2011).

Na FIG. 19, é possível observar um tipo de reservatório superficial, destinado ao uso doméstico.

Figura 19 - Reservatório superficial para uso doméstico



Fonte: www.chovechuva.com.br (2018)

Ressalta-se que, os reservatórios de superfície devem ser colocados em estruturas de apoio, mesmo quando instalados diretamente no solo, o que confere melhor aparência ao reservatório (CUNHA, 2008). É imprescindível ainda que, estes sejam instalados em uma altura máxima, na qual a parte superior do conjunto reservatório, filtro e descarga, estejam localizados abaixo do nível mais baixo de captação. Observando-se estas condições, é possível realizar a captação em construções térreas, que possuam calhas e tubulações aéreas, obtendo-se uma pressão por gravidade de até 1,50 metros cúbicos de água na saída do reservatório, dispensado o uso de bombas (SACADURA, 2011).

Ressalta-se que, os reservatórios de superfície podem ser fabricados de materiais como betão, alvenaria impermeabilizada, fibra de vidro, plástico, fibrocimento, aço, aço inoxidável entre outros. Assim, a escolha pelo tipo de material deve levar em conta questões relativas à facilidade de limpeza e reparos, além de sua adequação ao local de instalação (LOULY, 2008).

13.5.2 Reservatórios subterrâneos

Em geral, a água proveniente da chuva possui boa qualidade. Porém, essa água sofre influência direta da poluição atmosférica – podendo conter metais pesados como chumbo, organoclorados ou organofosfatados. Além disso, segundo Andrade (2004), a principal fonte de contaminação da água da chuva em cisternas é a superfície de captação. Ao escoar por essa superfície, a água da chuva carrega sujeiras como fezes de animais, detritos, poeiras, microrganismos, etc. que foram sendo depositados na superfície desde a última precipitação.

Cisternas são basicamente reservatórios para armazenamento de água. A simplicidade de execução e seu custo relativamente baixo tem se mostrado um sistema eficiente.

De acordo com Jabur, Benetti e Siliprandi (2011) um sistema de baixo custo utilizado para captação e armazenagem da água pluvial pode ser observado na FIG. 10, onde se percebe que a captação é feita por meio de calhas que conduzem a água até um reservatório disposto abaixo do nível do solo por meio de um condutor vertical.

Figura 20 - Sistema de captação e armazenagem subterrâneo de água pluvial simples



Fonte: www.chovechuva.com.br (2018)

13.6 Bombas

De acordo com Santos (2010) quando for necessário o bombeamento a um reservatório para o abastecimento, o mesmo deve atender a Norma NBR 12214 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007 – Comissão de Estudo Especial de Aproveitamento de Água de Chuva). Ainda de acordo com Santos (2010) Devem ser observadas as recomendações e parâmetros de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba. (FIG. 21).

Figura 21 - de sucção usada para bombear água dos reservatórios.



Fonte: Hidrovector (2008).

14 LAVAGEM DOS FILTROS

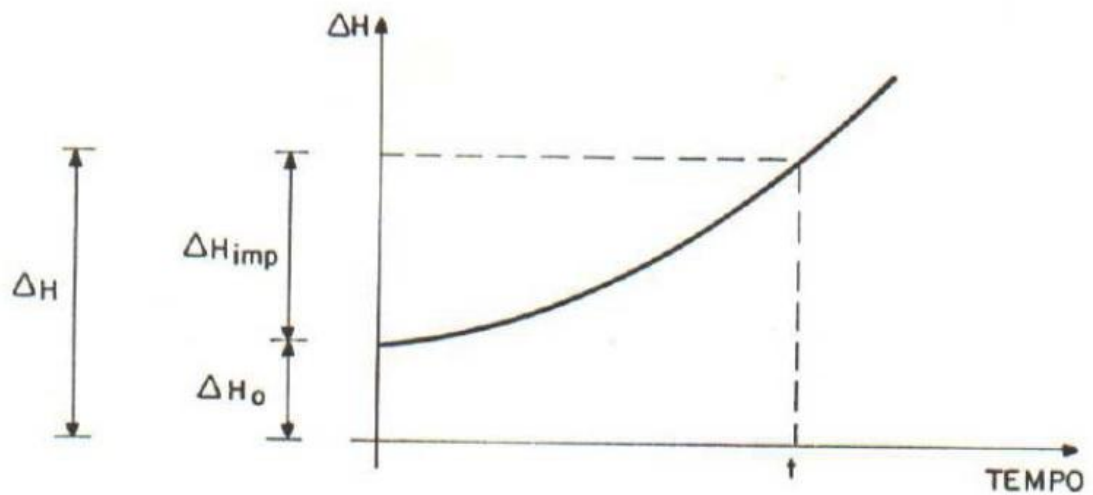
Brinck, (2009) salienta que existe a necessidade de realizar manutenção dos filtros granulares devido a elevação da perda de carga à medida que as impurezas são retidas.

Com a lavagem do filtro ocorre a fluidificação e expansão do meio filtrante e por isso o material deve possuir uma resistência mínima à abrasividade. Com a lavagem do filtro, tendência do grão se desintegrar em grãos menores é grande e caso isso aconteça a curva granulométrica é alterada, comprometendo a filtração

(BRINCK, 2009). O gráfico 1 representa o progresso da perda de carga em um meio filtrante com o tempo.

No que tange à limpeza, esta deverá ser feita, sempre que houver perda de carga no filtro e, esta alcançar um valor previamente estipulado, ou quando a água tiver sua qualidade reduzida, apresentando turbidez (RODRIGUES, 2010).

Figura 22 - Evolução da perda de carga em um meio filtrante em relação ao tempo.



Fonte: BRINCK (2009).

15 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões que envolvem o aproveitamento de águas pluviais têm ocupado posições de destaque em discussões mundo afora. Desta forma, o uso de sistemas de filtragem capazes de transformar a água da chuva, retirando dela impurezas, contribui de maneira positiva na economia de água potável utilizada para fins não potável.

Sob esta ótica, é possível encontrar no mercado diferentes tipos de filtros de dos mais variados modelos capazes de promover desde a filtragem de resíduos grandes, até filtros que atuam por meio de tecnologias mais elaboradas, como aqueles capazes de realizar uma filtragem microscópica, conferindo maior qualidade à água, deixando-a livre de contaminação.

Deste modo, verifica-se a importância de se conhecer estudos já realizados por outros pesquisadores, comprovando que o potencial de economia de água potável obtido através do aproveitamento de água pluvial é bastante expressivo.

Dentro deste contexto, a utilização de recursos que possibilita o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, demonstra ser um grande potencial na redução de gastos no consumo de água e apoio ao desenvolvimento sustentável gerando uma relação custo-benefício muito positiva.

REFERÊNCIAS

AHAMMED, M. M; MEERA, V. **Iron hydroxide-coated sand filter for household drinking water from roof-harvested rainwater.** Source: Journal of Water Supply: Research & Technology-AQUA . Nov. 2006, v. 55 p. 493-498.

6p.<<http://www.geologo.com.br/aguahisteria.as>> . Acesso em: 18 ago. 2018

ÁBALOS, F. **Gestão de Resíduos Sólidos e Impáctos sobre a drenagem urbana.** Trabalho acadêmico. 2012, p. 07.

ACBMAC. **Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva.**

Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br>>. Acesso em: 22 nov. 2018

ALTAMIRANO, G; & FILHO, E. S. L. **Água: esperança do futuro.** Ed. Loyola, São Paulo, 2004.

ANA; FIESP; SINCUSCON-SP. **Conservação e Reuso de água em Edificações:** São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

ANDRADE, R. W. **Análise do Potencial de Economia de Água Tratada Através da Utilização de Água Pluvial em Santa Catarina.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

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

BELLA CALHA. Disponível em: <http://www.bellacalha.com.br>. Acesso em 21 nov. 2018.

BRASIL DAS ÁGUAS. **A importância da água.** Disponível em:

<<http://brasildasaguas.com.br/educacional/a-importancia-da-agua/>>. Acesso em 20 nov. 2018

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 2.914 - Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília: Diário Oficial da União, 2011.

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**. 2009. 393 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-01092009-160800/>>. Acesso em: 21 nov. 2018

CARVALHO, R. S. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais: Análise da implantação de um sistema para a Região urbana de Londrina**. 2010. 53f. Monografia (Especialização em Construção de obras públicas) – Universidade Federal do Paraná, Londrina, 2010.

CASA EFICIENTE. **Uso racional da água – Sistema de aproveitamento de água pluvial**. Disponível em: < <http://www.casaeficiente.com.br> >. Acesso em: 21 nov. 2018

CILENTO, F. C. **Soluções para o aproveitamento de água pluvial em edificações existentes por meio do desenvolvimento de reservatórios de descarte e armazenamento**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2009

COELHO, C. H. **Deposição atmosférica de espécies químicas em Ribeirão Preto, uma importante cidade canavieira do estado de São Paulo**. 2007. 75f. Dissertação (Mestrado em Química) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59138/tde-06062007-160848/>>. Acesso em: 19 nov. 2018

COLAÇO, L. M. M. **A Evolução da Sustentabilidade no Ambiente Construído Projecto e Materiais dos Edifícios**. 2008. Tese apresentada na Universidade Portucalense para obtenção do grau de Doutor, Porto, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.uportu.pt/dspace/bitstream/123456789/325/1/TDH%2032.pdf>> Acesso em 18 ago. 2018

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em 19 nov. 2018

CUNHA, V. D. da. **Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reúso urbano**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade São Paulo. São Paulo, 2008.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (DEMAE). **Turbidez – Turbidez é um parâmetro no controle da qualidade da água**. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/?pagina=Conteudo&id=1136>>. Acesso em 20 nov. 2018

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2 ed. São Paulo: Signus, 2000. p. 13–53.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. Tese de Doutorado – Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – UFRGS. Porto Alegre, 2012.

EATON, A. D. et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, Washington: American Public Health Association, 2005.

CLAREANDO, E. **Soluções ecológicas**. Sistema de captação de água de chuva. 2017. Disponível em <<http://www.clareando.com.br/interno.asp?conteudo=solucoes>>. Acesso em 22 nov. 2018

FAVRETTO, C. R. **Captação da água da chuva para utilização na lavagem de veículos: Estudo de caso para o município de Pelotas - RS**. Monografia. 2016. Universidade Federal de Pelotas. 2016

FERNANDES, A. L. G. **“SUSTENTABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES”**. Trabalho acadêmico. Belo Horizonte, 2008

GEDORE. **Residências utilizam de forma inteligente a água da chuva e reduzem as contas no fim do mês**. 2016. Disponível em <<http://www.gedore.com.br/blog/residencias-utilizam-de-forma-inteligente-a-agua-da-chuva-e-reduzem-as-contas-no-fim-do-mes/>> Acesso em 21 nov. 2018.

GHISI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares**. Monografia apresentada ao departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital N° 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006.

GIANSANTI, R. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Atual, 1998.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgec/wpcontent/uploads/Sabrina_Elicker_Hagemann_Disserta%C3%A7%C3%A3o_de_Mestrado.pdf>. Acesso em 18 ago. 2018

HESPANHOL, I; PHILIPPI, A. J; BREGA, D. F; MANCUSO. P. C. S. **Reúso de Água**. São Paulo. Ed. Manole: 2007.

HIRT, B. F.; SANTOS, D. S. **Avaliação da filtração de águas pluviais para uso não potável. Monografia.** 2011. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2011. Disponível em: <<http://www.onu-brasil.or.br>>. Acesso: em 19 nov. 2018.

ITAMARATY. **Recursos hídricos.** Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/176-recursos-hidricos>>. Acesso em 20 nov. 2018

JABUR, A. S; BENETTI, H. P; SILIPRANDI, E. M. **Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis.** In: VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2011. Disponível em <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0353_2014.pdf>. Acesso em : 18 ago. 2018

JACOBI, P. **A água na terra está se esgotando? É verdade que no futuro próximo teremos uma guerra pela água?** Disponível em: <[HTTP://www.geologo.com.br/aguahisteria.asp](http://www.geologo.com.br/aguahisteria.asp)> . Acesso em: 21 nov. 2018.

KOBIYAMA, M.; TSUYOSHI, U. ANJOS AFONSO, M. (organizadores da tradução). **Aproveitamento de água de chuva** – Ed. Organic Trading, 1º edição, 196p – Curitiba/ PR – Brasil, 2002.

LAGEMANN, G. **Sistema integrado de reutilização de água, de forma adequada a seu grau de Qualidade.** Monografia. 2012. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

LEE, K. T. et al. Probabilistic **design of storage capacity for rainwater cisterna systems.** J. agric. **Engng Res**, v. 3, n. 77, p. 343-348, 2000.

LOULY, A. A. **Reuso de águas pluviais em ambientes domésticos e a diminuição de impactos ambientais.** Monografia. 2008. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás. Goiânia. 2008.

MAESTRI, R. S. Análise **Custo - Benefício para o Aproveitamento da Água da Chuva em Florianópolis.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental: UFSC. Florianópolis, 2003.

MAGALHÃES, L. **A importância da água**. Disponível em:

<<https://www.todamateria.com.br/a-importancia-da-agua/>>. Acesso em 20 nov. 2018

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso da água**. Barueri. São Paulo: Manole, 2003.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curso de Pós- Graduação em Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MIERZWA, J. C. et al. **Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado**. REGA – Vol. 4, nº 1, p. 29-37, jan./jun. 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Consumo sustentável**: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/IDEC, 2005. 160 p.

MOTENEGRO, M. H. T. **Saneamento ambiental no Brasil**: gestão do território e manejo integrado das águas urbanas. Brasília: Ministério das Cidades, 2005, p. 7-20

NOLDE, N. K. **Rainwater Harvesting**. Zero-M. 2002.

OECD, Organisation for Economic Co-Operation and Development, Report: **Pricing Water Resources and Water and Sanitation Services**, Paris – France, 2010.

OLIVEIRA, F. T. **Aproveitamento de águas pluvial em usos urbanos em Portugal Continental – Simulador para avaliação da viabilidade.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental apresentada ao Instituto Superior Técnico, Lisboa. 2008.

OMS - Organização Mundial da Saúde. **Água Potável.** Disponível em: <<http://www.who.int/countries/bra> >. Acesso em 22 nov. 2018

ONU - Organização das Nações Unidas no Brasil. **Apesar de baixa fertilidade, o mundo terá 9,8 bilhões de pessoas em 2050.** Disponível em <

PEREIRA, D. R. **Construção de sistema de aproveitamento de água de chuva sem bombeamento elétrico (SAAC-SBE) utilizando materiais alternativos.** Monografia. 2012. Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2012.

PNCDA. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.** Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br>. Acessado em novembro de 2006>. Acesso em: 22 nov. 2018.

PORTO, M. F. A. **Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas.** In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.387 - 414.

HARVEST R. **Estudo Da Viabilidade Do Uso Da Água Da Chuva Em Lava Rápido.** disponível em: <http://www.rainharvest.com/shop/>, Acesso em 19 nov. 2018

RICHTER, C A.; NETO, J. M. de A.. **Tratamento de água:** tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento.** São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

RODRIGUES, J. C. M. R. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais.** Dimensionamento e Aspectos Construtivos. Dissertação. 2010. Universidade do Porto. Portugal. 2010.

SACADURA, F. O. M. O. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios**. Dissertação. 2011. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 2011.

SANTOS, D. S. dos; HIRT, B. F. **Avaliação da filtração de águas pluviais para uso não potável**. 2012.76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SARABIA, F. **Ciclo Hidrológico**. 2013. Disponível em:
<<http://www.imagui.com/a/ciclo-da-aguaTG6rGMzbn>> Acesso em: 20 nov. 2018.

SAUTCHÚK, C. A. **Formulação de diretrizes para a implantação de programas de conservação de água em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SEEGER, L. M. K.; SARI, V.; PAIVA, E. M. C. D. **Análise comparativa do aproveitamento da água da chuva na lavagem de veículos em duas cidades da Região Sul e Centro-Oeste**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17. 2007, São Paulo. Anais..São Paulo: [s.n.], 2007. 1-13.

SILVA, E. R. da. **Aproveitamento de água pluvial para consumo não potável em postos de combustíveis**. Canoas. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, ULBRA, 2007.

SILVEIRA, B. Q. **“Reuso da água pluvial em edificações residenciais”**. Monografia. 2008. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

SIMIONI, W. I.; et al.. **Potencial de Economia de Água Tratada através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis**: Estudos de Caso. CLACS’ 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais...** 2004.

SÓ BIOLOGIA. **Água no Planeta**. Disponível em: www.sobiologia.com.br. Acesso em: 19 nov. 2018

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SUSTENTAVEL, S. **Aproveitamento De Água De Chuva De Baixo Custo Para Residências Urbanas**. 2017. Disponível em <
<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>>
Acesso em 22 nov. 2018.

TOMAZ, P. **Água de Chuva – Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Editora Navegar, 2010

TOMAZ, P. **Aproveitamento da Água de Chuva**. São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, P. **Economia de Água: Para empresas e residências**. São Paulo: Navegar, 2001.

TOMAZ, P. **Água de Chuva – Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2005.

UNEP- United Nations Environment Programme, **Freshwater Pollution** 2002.

VARGAS, M. C. O **Gerenciamento integrado de recursos hídricos**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 2, n. 5 1999.

VIEIRA, D. L. M; Alves, G. M; Alves, C. E. S. A. **ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DA ÁGUA DA CHUVA EM LAVA RÁPIDO**. Pesquisa. Anais Eletrônico VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. 2016

UNICESUMAR – Centro Universitário Cesumar Ed. CESUMAR. **Construções para um futuro melhor – Reaproveitamento da água.** Monografia. 2009. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2009.

WATERFALL, P.H. **Harvesting Rainwater for Landscape Use.** University of Arizona Cooperative (2002). Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Health in water resources development (2006).** Disponível em: <http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/vector/water_resources.htm>. Acesso em: 19 nov. 2018