



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA COMERCIAL DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Ana Beatriz Fraga Rodrigues

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Monica Pertel

Co-Orientadora: Iene Christie Figueiredo

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2017

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA COMERCIAL DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE
CHUVA

Ana Beatriz Fraga Rodrigues

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ENGENHEIRA AMBIENTAL.

Examinada por:

Prof.^a Dra. Monica Pertel

Prof.^a Dra. Iene Christie Figueiredo.

MSc. Eng. Francisco José Henriques Dell’Uomo

Prof.^o MSc. Diego Luiz Fonseca

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
FEVEREIRO, 2017

Rodrigues, Ana Beatriz Fraga.

Avaliação de um Sistema Comercial de Tratamento de Água de Chuva/ Ana Beatriz Fraga Rodrigues. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2017.

IX, 82 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Monica Pertel e Iene Christie Figueiredo

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/
Curso de Engenharia Ambiental, 2017.

Referencias Bibliográficas: p. 73-81.

1.Tratamento da Água de Chuva 2.Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva. 3.Qualidade da água 4.Estudo Experimental.

I. Pertel, Monica *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental.

III. Título.

AGRADECIMENTOS

A meus pais, meus melhores amigos, por todo o amor, ensinamentos, paciência, educação e incentivo durante toda a minha vida. Por me criarem para o mundo, mesmo que possa ser tão difícil me deixar caminhar sozinha. Por comemorarem minhas alegrias e consolarem minhas tristezas. Eu amo vocês.

Às minhas *amb girls* Rachel, Dani, Gabi, Mari e um obrigado especial à Lu, minha irmãzinha de coração. Sou muito feliz e grata por tudo que passamos e vivemos juntas nesses 6 anos de UFRJ. Quero levar vocês pra vida toda!

A todos os amigos maravilhosos que a vida me deu, principalmente àqueles que estiveram mais próximos durante as loucuras de fim de período e em particular, aos que me deram forças e coragem nessa tão conturbada fase de conclusão de curso. Biel, obrigada pelo companheirismo e incentivo. A todos, muito obrigada pelas trocas de experiências, alegria compartilhada, pelo ombro amigo e pelo carinho.

Aos meus professores, do CAP-UFRJ e da UFRJ, por compartilharem seus conhecimentos e experiências, por serem por vezes rígidos e por vezes compreensivos: muito obrigada por me tornarem a engenheira de hoje. Agradeço especialmente às minhas orientadoras, Monica e Iene, por toda a paciência e atenção.

A Tecnipar Engenharia Ambiental por toda a compreensão e o suporte e incentivo dado a minha pesquisa.

A toda a equipe do CESA e do LEMA por serem sempre tão solícitos e gentis! Essa pesquisa não poderia ser feita sem vocês.

A CAPES e a FAPERJ pelas bolsas de intercâmbio e de iniciação científica que me fizeram crescer imensamente como ser humano e profissional!

A todos, muito obrigada! Se não fosse cada um de vocês, não estaria realizando esta conquista!

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Avaliação de um Sistema Comercial de Tratamento de Água de Chuva

Ana Beatriz Fraga Rodrigues

Fevereiro/2017

Orientador(es): Monica Pertel e Iene Christie Figueiredo

Curso: Engenharia Ambiental

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar um sistema de tratamento de água de chuva vendido comercialmente para fins potáveis. Para tanto, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o aproveitamento de água de chuva e sua importância na promoção da conservação e uso racional do recurso hídrico, levando em conta os aspectos técnicos de sistemas de aproveitamento e a adoção da sua prática no Brasil, bem como a legislação pertinente ao assunto. As águas pluviais podem servir para diversos fins, sendo os não potáveis os mais recomendados. Entretanto, a sua qualidade, após o tratamento adequado, deve ser compatível com o seu destino requerido. Neste contexto, este trabalho se propõe a avaliar um equipamento que pode ser facilmente obtido pela população em lojas populares e cuja ineficiência poderia causar riscos aos usuários. Foram realizadas: a avaliação da qualidade da água tratada pelo aparelho através de análises de parâmetros físico-químicos, a avaliação do sistema de tratamento, como também a análise crítica do mesmo como produto comercial. O estudo foi capaz de observar algumas possíveis inadequações do aparelho, tanto no que concerne ao sistema de tratamento, quanto no que tange à usabilidade pelos consumidores.

Palavras-chave: Tratamento da Água de Chuva, Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva, Qualidade da água, Estudo Experimental.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Evaluation of a Commercial Rainwater Harvesting System

Ana Beatriz Fraga Rodrigues

Fevereiro/2017

Advisor: Monica Pertel and Iene Christie Figueiredo

Course: Environmental Engineering

The present work had as main objective to evaluate a commercial rainwater harvesting system for potable purposes. Therefore, a literature review on the use of rainwater and its importance in the promotion of the conservation and rational use of water resources is presented, taking into account the technical aspects of rainwater recovery systems and the adoption of their practice in Brazil, as well as the relevant legislation. Rainwater can serve a variety of purposes, but the non-drinking uses are the most recommended. However, their quality, after appropriate treatment, must be compatible with their intended destination. In this context, this paper goal is to evaluate an equipment that can be easily obtained by the people in popular stores and whose inefficiency could cause risks to users. The following were carried out: the evaluation of the quality of the water treated by the apparatus through analysis of physical and chemical parameters, the evaluation of the treatment system, as well as the critical analysis of the same as a commercial product. The study was able to observe some possible inadequacies of the apparatus, both regarding the treatment system, as far as the usability of the consumers.

Keywords: Rainwater Treatment, Rainwater Harvesting System, Water Quality, Experimental Study.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVOS GERAIS	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. PROBLEMÁTICA DA ÁGUA NO CONTEXTO ATUAL	3
3.2. DISPONIBILIDADE HÍDRICA	6
3.2.1. Crise Hídrica de 2014	8
3.3. APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	9
3.3.1. Breve Histórico	9
3.3.2. Situação brasileira: Semiárido	10
3.3.3. Legislação Brasileira.....	12
3.3.4. Padrões de Qualidade da água	19
3.4. QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA.....	21
3.5. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	24
3.5.1. Área de Captação.....	28
3.5.2. Calhas e condutores.....	31
3.5.3. Descarte da Primeira Chuva	33
3.5.4. Reservação	36
3.5.5. Tratamento de água de chuva	39
3.6. CONSUMO DE ÁGUA NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS.....	41
4. MATERIAL E METODOLOGIA.....	43
4.1. EQUIPAMENTO UTILIZADO.....	43
4.2. SISTEMA DE COLETA DA ÁGUA.....	48
4.3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL DE COLETA E ANÁLISE	50
4.3.1. PARÂMETROS ANALISADOS.....	51
4.3.2. ANÁLISE DA ETAPA DE DESINFECÇÃO	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
5.1. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO CHOVE CHUVA	55
5.1.1. AVALIAÇÃO DA ETAPA DE DESINFECÇÃO	58
5.2. POSSÍVEIS USOS	61
5.3. CORRELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E QUALIDADE.....	62
5.4. ANÁLISE CRÍTICA DO EQUIPAMENTO.....	66
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXO 1 - Manual de Instalação e Manutenção do Aparelho	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação espacial do índice de perdas na distribuição.	5
Figura 2 – Situação do abastecimento urbano de água nos municípios brasileiros.....	7
Figura 3 – Bacias de rios de domínio da União e dos Estados com trechos críticos identificados.....	8
Figura 4 – Mapa do Semiárido Brasileiro com as áreas destacando a necessidade de usar a captação de água de chuva... ..	12
Figura 5 – Instalação residencial típica.	25
Figura 6 – Diferentes tipos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.....	26
Figura 7 – Esquema de sistema de aproveitamento de águas pluviais.. ..	27
Figura 8 – Área de Captação - telhado: comprimento x largura.	28
Figura 9 – Área de Captação - laje: comprimento x largura.	29
Figura 10 – Áreas de captação: telhado e pátio. Armazenamento em reservatório subterrâneo.	29
Figura 11 – Exemplo de cobertura verde em edificação.	31
Figura 12 – Exemplos de dispositivos de remoção: grades, telas e ralo-abacaxi.	32
Figura 13 – Filtro feito de PVC.....	33
Figura 14 – Reservatório de descarte com vedação.	35
Figura 15 – Reservatório de descarte sem vedação.	35
Figura 16 – Reservatório de tubos.....	36
Figura 17 – Cisternas de Concreto Armado e de Tela e Arame	36
Figura 18 - Reservatórios comerciais de água de chuva feitos de polietileno.....	37
Figura 19 - Bomba dosadora de cloro e clorador de pastilhas.	40
Figura 20 – Distribuição do consumo de água em uma edificação dotada de reuso. ..	43
Figura 21 – Aparelho Chove Chuva.....	44
Figura 22 - Cone de aço utilizado para a remoção de sólidos grosseiros.....	45
Figura 23 – Placa de calcário (localizada abaixo do cilindro) e dosador de cloro ao fundo. Visão superior do equipamento.....	45
Figura 24 – Recipiente dosador de cloro.....	46
Figura 25 - Exemplo de instalação do aparelho.	47
Figura 26 – Produtos auxiliares vendidos com o Chove Chuva.	47
Figura 27 – Kit para análise da qualidade da água.	48
Figura 28 - <i>Chove Chuva</i> instalado.....	49
Figura 29 – Esquema do Sistema experimental de tratamento de água de chuva, instalado no CESA/UFRJ.....	50

Figura 30 – Esquema experimental para avaliação da cloração do aparelho.....	52
Figura 31 – Clorímetro utilizado para as análises.	54
Figura 32 – Cor x Precipitação.....	64
Figura 33 – Turbidez x Precipitação.....	64
Figura 34 - Cor x Volume Acumulado	65
Figura 35 – Turbidez x Volume Acumulado	65
Figura 36 - Propaganda extraída do site do fabricante.....	66
Figura 37 – Página principal do site do produto.	67
Figura 38 - Verificação de acúmulo de água com resíduos no interior do Chove Chuva.....	62
Figura 39 – Marca do nível da água acumulada no interior do equipamento.	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos mais restritivos não potáveis.	18
Quadro 2 – Classificações e respectivos valores de parâmetros para efluente tratado de acordo com o tipo de reuso.....	19
Quadro 3 – Padrões requeridos para qualidade de água de chuva.....	20
Quadro 4 – Coeficientes de <i>runoff</i> médios para alguns materiais de telhado.....	30
Quadro 5 - Demandas externas de água não potável.....	42
Quadro 6 – Qualidade das Amostras Coletadas.	56
Quadro 7 – Principais parâmetros e valores a serem considerados.....	61
Quadro 8 – Dados pluviométricos, Cor e Turbidez por amostra.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo médio residencial de água por aparelho no Brasil.....	43
Tabela 2 – Vazões de projeto para o teste experimental	54
Tabela 3 – Cloro Total e Residual Livre na água mineral utilizada.....	59
Tabela 4 – Cloro Total e Residual Livre na água tratada considerando as pastilhas usadas.....	59
Tabela 5 – Cloro Total e Residual Livre na água tratada considerando as pastilhas novas.....	59

1. INTRODUÇÃO

É de conhecimento universal que a água é essencial a qualquer forma de vida, sendo um recurso utilizado pela natureza e em todos os segmentos da sociedade: doméstico, comercial, industrial, público e agrícola. Assim sendo, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, de forma a atender a todos que dela dependem (BRASIL, 1997).

De forma geral, o setor que mais consome água doce no mundo é a agricultura – aproximadamente, 70% –, devido à contínua expansão da fronteira agrícola e ao desperdício, que é estimado de cerca de 60% da água fornecida ao segmento (GONÇALVES, 2009). De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016 (UNESCO, 2016), a indústria fica em segundo lugar, sendo a responsável por cerca de 20% do consumo total de água - dos quais 15% são utilizados pelo setor energético. A utilização de água por domicílios, instituições (como escolas e hospitais), comércios e da maioria das pequenas e médias indústrias corresponde aos outros 10% do consumo mundial de água doce.

O Brasil, apesar de possuir grande oferta de recursos hídricos, apresenta quadros de estresse hídrico em diversas regiões. Este fato ocorre basicamente devido à diferença significativa entre suas regiões hidrográficas no que diz respeito à oferta e à demanda de água. De um lado, há a escassez do recurso, devido a características climáticas e hidrogeográficas: enquanto a região Norte detém o maior volume de água do país, o Semiárido Brasileiro (região Nordeste) sofre histórica e continuamente com a escassez hídrica. Por outro lado, pode-se enfatizar o excesso de demanda, como é o caso da região Sudeste (SE), cujo território, que representa apenas 10% do país, abriga 42% da população brasileira – mais de 80 milhões de pessoas (IBGE, 2013).

Somado a isso, pode-se dizer que predomina hoje uma cultura da abundância no país, que acaba sendo responsável por tornar corriqueiros o desperdício e a degradação do recurso hídrico. A importância da água é, portanto, depreciada, uma vez que sua fartura é tomada como verdade. Principalmente nos grandes centros urbanos, onde os serviços de água e esgotos são pagos, o usuário final não tem a percepção de como seu consumo impacta os mananciais e o meio ambiente. Enquanto nas regiões secas mais pobres, há uma maior consciência e mobilização da população, que cotidianamente sofre com a incerteza do abastecimento.

A adoção de fontes alternativas que visem à diminuição de consumo e à conservação da água tem se tornando uma prática cada vez mais coerente com a conjuntura atual do país, sendo necessária sob o ponto de vista da sustentabilidade socioambiental. A necessidade racionalização dos padrões de consumo e do aprimoramento da gestão dos recursos hídricos é evidente. A segurança hídrica está intimamente ligada ao desenvolvimento socioeconômico, à manutenção de ecossistemas saudáveis, e, principalmente, a sobrevivência humana.

O aproveitamento de água pluvial apresenta-se, neste contexto, como uma alternativa adequada e possível economicamente, para suprir demandas menos exigentes, como fins não potáveis, como: descarga de sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos e automóveis, sistemas de ar condicionado, sistemas de combate a incêndio, reuso em processos industriais.

A prática traz diversos benefícios à sociedade e ao meio ambiente. Sob o olhar do indivíduo, o ponto positivo que mais se destaca é o menor consumo de água potável – faturada pelas concessionárias – ou seja, maior economia. Entretanto, outras vantagens podem ser enumeradas, como: mitigação de enchentes; promoção da saúde pública; preservação e conservação dos mananciais (COSCARELLI, 2010).

Sendo uma fonte alternativa de suprimento de água, a responsabilidade pela conformidade da qualidade da água deixa de ser da concessionária e passa a ser do proprietário do sistema, que se torna um “produtor de água” (USP, 2011). Tendo isso em vista, é fundamental que o sistema de aproveitamento seja bem concebido e que haja o correto tratamento da água, devendo este ser adequado para os fins pretendidos, de forma que seja garantida a segurança sanitária de seus usuários.

Neste contexto, este trabalho encontra pertinência uma vez que se propõe a avaliar um sistema de tratamento de água de chuva vendido comercialmente, que pode ser obtido pela população de forma simples.

A estrutura do trabalho consiste em: apresentação de seus objetivos (Capítulo 2); realização de uma revisão bibliográfica referente ao aproveitamento de água de chuva e sua importância atual (Capítulo 3); apresentação da metodologia de análise e coleta (Capítulo 4); apresentação dos resultados obtidos (Capítulo 5); conclusões (Capítulo 6).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho tem como objetivo avaliar experimentalmente a eficiência de tratamento de um aparelho vendido comercialmente que trata água de chuva.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos, estabelecidos para este trabalho, foram:

- Avaliar o desempenho do equipamento Chove Chuva no tratamento da água de chuva;
- Definir os possíveis usos a serem dados à água tratada pelo equipamento;
- Avaliar a interferência da pluviometria da região na qualidade da água bruta e no desempenho do equipamento.
- Análise crítica do equipamento como um produto comercial gerador de água potável

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. PROBLEMÁTICA DA ÁGUA NO CONTEXTO ATUAL

É bastante comum a ideia de que a água é um recurso infinito. Não por acaso, a Terra é denominada de “Planeta Azul” devido à grande quantidade do recurso existente sobre a superfície terrestre. Todavia, apesar de mais de 70% do planeta Terra ser coberto por água, apenas menos de 1% é de fácil acesso e possível de ser manejada, pequena parcela que deve abastecer atualmente uma população mundial de 7 bilhões de pessoas. Considerando esta conjuntura e a projeção de crescimento populacional para os próximos anos, não é surpreendente que atualmente sejam recorrentes problemas de disponibilidade hídrica e que a perspectiva futura seja de um cenário de déficit hídrico. Ainda assim, o consumo de água mundial é marcado pelo desperdício, ineficiência e falta de conscientização.

O uso racional da água é definido como “aquele através do qual se busca o menor consumo de água desde que mantidas, em qualidade e quantidade, as atividades consumidoras” (USP, 2011). Tendo isto em vista, pode-se afirmar que um dos maiores problemas relacionados à gestão de recursos hídricos é o uso irracional da água, principalmente no Brasil.

O volume de água tratada que é desperdiçado diariamente, não só pelo consumidor final, mas também pela própria rede de abastecimento, é exacerbado. Uma das regiões do país que enfrenta problemas de disponibilidade hídrica é a Região Sudeste, não apenas por causa da sobredemanda de áreas urbanas com alta densidade demográfica, mas também devido à grande quantidade de carga orgânica lançada nos cursos d'água. Apesar disso, uso da água potável ainda não é feito de forma consciente e racional. Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos realizado em 2014 (SNIS, 2016), o volume médio consumido na Região Sudeste foi de 187,9 litros por habitante por dia, quase 26 litros acima da média nacional. Em destaque, o consumo médio *per capita* de água no estado do Rio de Janeiro foi excepcionalmente elevado – 250,8 litros por habitante dia – apresenta valor 33,5% acima da média da região Sudeste e 54,9% acima da média do país (SNIS, 2016).

Este cenário extravagante de consumo do Rio é recorrente e de acordo com o relatório, este ponto fora da curva se deve, provavelmente, aos baixos índices de medição verificados no estado, o que acarreta na estimativa de parcela significativa dos volumes consumidos. Para ilustrar a situação: o índice de hidrometração das ligações de água alcança apenas 66,6% no estado e 60,2% na região metropolitana, enquanto, para o Brasil, o índice médio é 91,4%. Esta informação, junto ao consumo exorbitante do Estado, ratifica o fato de que falta um longo caminho para o seu uso racional.

O monitoramento deficiente combinado à precariedade da manutenção das redes de abastecimento é a razão de grandes perdas físicas de água, que afetam sobremaneira as prestadoras de serviços de saneamento no Brasil e no mundo. O envelhecimento das instalações, a expansão desordenada dos sistemas urbanos e rurais de abastecimento e problemas de gestão operacional são fatores que favorecem o desperdício de água potável.

As perdas reais, conhecidas como perdas físicas, referem-se a toda água disponibilizada para distribuição que não chega aos consumidores devido aos vazamentos que ocorrem principalmente em tubulações da rede de distribuição. O valor médio das perdas reais de água nos sistemas de abastecimento do Brasil é de 37%, sendo o menor índice regional apresentado pelo Sudeste – 32,6% - e o maior na região Norte - 47,9%. Esse índice é incrivelmente alto, ainda mais quando comparado às perdas apresentadas por sistemas de abastecimento de outros países como Alemanha e o Japão, que conseguiram reduzir suas perdas para aproximadamente

10%, e a Austrália e Nova Zelândia, que chegaram ao patamar inferior a 10% (SNIS, 2016).

A Figura 1 apresenta a representação espacial dos índices de perdas para cada estado, tendo como para base o conjunto de prestadores de serviços participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, em 2014 (SNIS, 2016).

Nota-se que as perdas de água potável não envolvem só a questão do desaproveitamento do recurso em si. A produção de água potável consiste na extração do recurso de mananciais (muitas vezes privando algum usuário do mesmo) e no tratamento deste recurso, que envolve a utilização de produtos químicos, energia elétrica e da própria água potável em si. Desta forma, as perdas de água potável não só vão de encontro ao uso racional do recurso hídrico, mas sim dos recursos naturais de uma forma geral, consistindo também em desperdícios de receita para as concessionárias prestadoras de serviços.

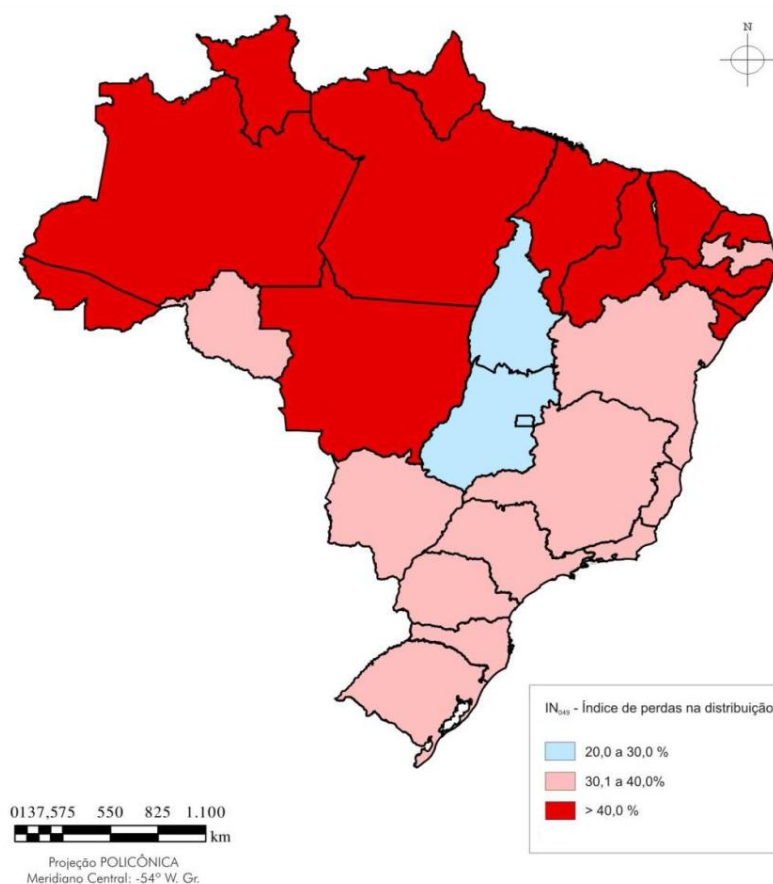


Figura 1 – Representação espacial do índice de perdas na distribuição.

Adaptado de: SNIS (2016).

3.2. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Ao lado do uso indiscriminado do recurso, o país enfrenta situações de estresse hídrico, cujas razões se diferenciam regionalmente. Segundo o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2015), a maior parte do País encontra-se em condição satisfatória quanto à quantidade e à qualidade de água. A distribuição da água no território brasileiro não ocorre de forma homogênea - nem geograficamente, nem temporalmente – e a demanda pelo recurso também varia bastante. Enquanto no Norte, a oferta de água é bem superior às demais regiões, os rios do Nordeste (NE) são em sua maioria classificados com criticidade quantitativa devido à baixa disponibilidade hídrica dos corpos d'água. Na região Sul do Brasil muitos rios apresentam essa condição de criticidade quantitativa devido à grande demanda para irrigação (ANA, 2015).

Nas regiões metropolitanas, os rios tem criticidade quali-quantitativa, por causa da alta demanda de água existente e a grande quantidade de carga orgânica lançada nos rios. Na região Sudeste (SE), onde há maior densidade populacional do país e grande concentração de indústrias dos mais diversos segmentos a situação tem ficado cada vez mais preocupante uma vez que grande parte dos mananciais viáveis já foi explorada.

A Figura 2 apresenta os municípios brasileiros de acordo com a sua disponibilidade hídrica, mostrando a vulnerabilidade do abastecimento urbano dos mesmos, com foco nas regiões SE e NE. Nota-se que a maioria dos municípios com baixa garantia hídrica está na região do Semiárido Brasileiro. Uma região que deve ser evidenciada, porém, é a Macrometrópole Paulista, composta pela Região Metropolitana de São Paulo, a Região Metropolitana de Campinas, Baixada Santista e áreas adjacentes. A condição de interdependência forte entre os mananciais utilizados para abastecimento não só da própria região, como também da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, configuram um cenário constante de conflitos entre os estados da região Sudeste devido à forte concorrência entre os usos.

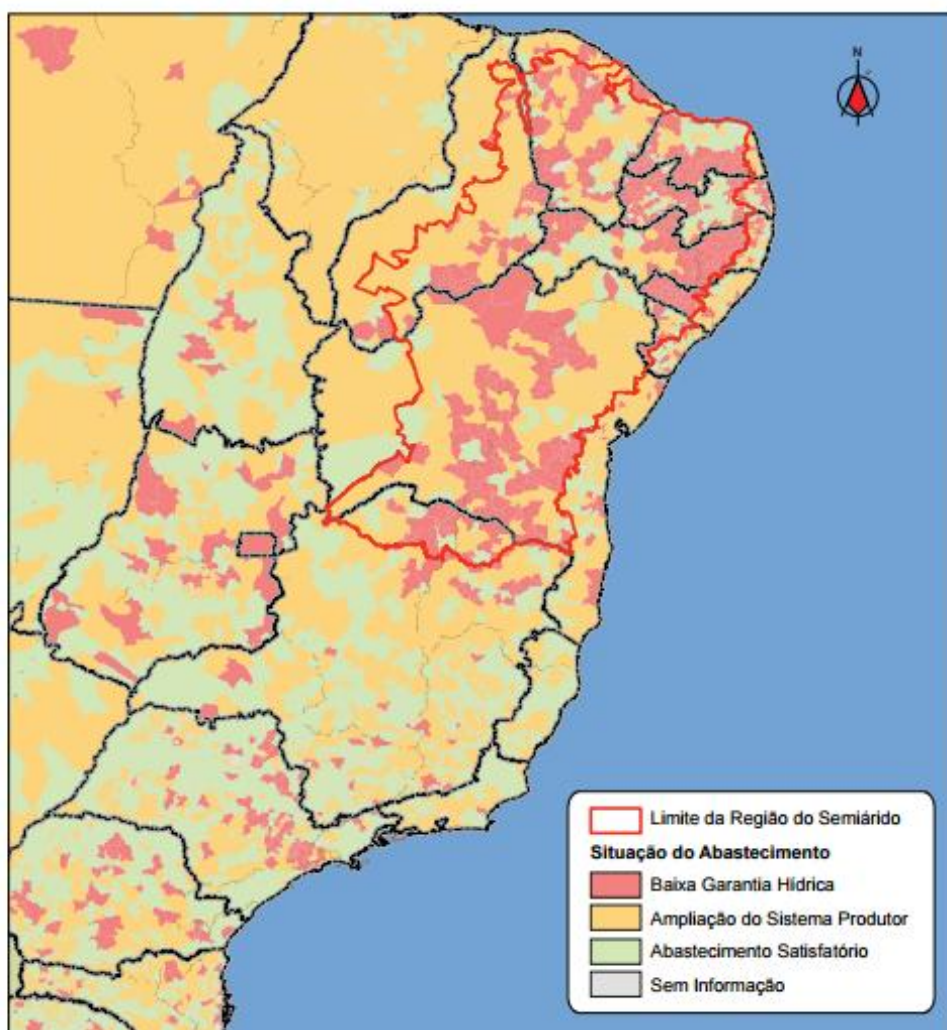


Figura 2 – Situação do abastecimento urbano de água nos municípios brasileiros.

Fonte: ANA, 2015.

A Figura 3 mostra bacias de rios com trechos críticos identificados e justifica o conflito de usos na região mais populosa do Brasil. O Sudeste, em especial o Eixo São Paulo - Rio de Janeiro, é abastecido por bacias de rios federais, ou seja, rios que cortam mais de um Estado da União. Por isso, a gestão dos recursos hídricos de um Estado pode influenciar diretamente a vazão e volume de água disponível para o Estado vizinho a jusante.

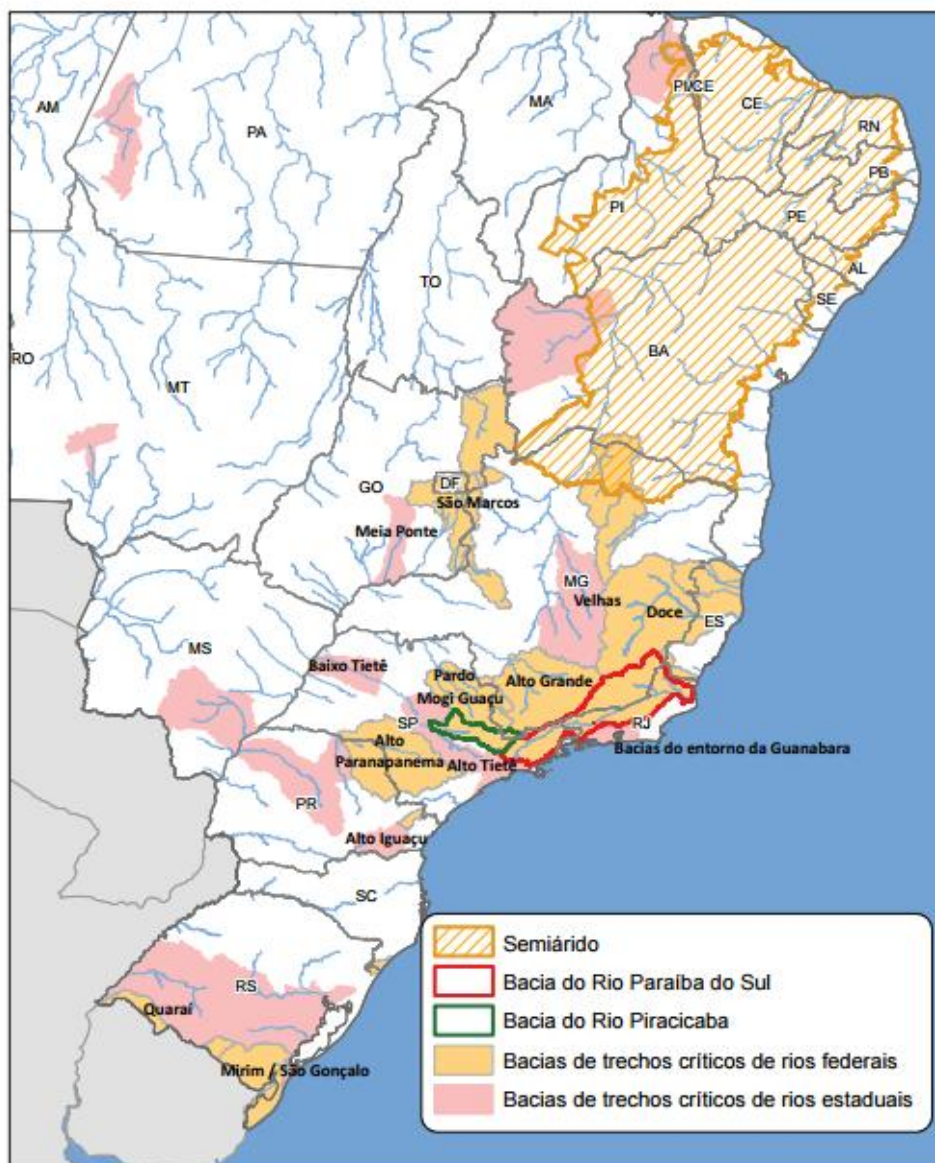


Figura 3 – Bacias de rios de domínio da União e dos Estados com trechos críticos identificados.

Fonte: ANA, 2015.

Esse cenário de vulnerabilidade do abastecimento foi agravado pelo regime insuficiente de chuvas ocorrido no País a partir de 2012, culminando na Crise Hídrica de 2014.

3.2.1. Crise Hídrica de 2014

Desde o fim de 2012, o comportamento pluviométrico percebido no país foi bem abaixo da média em diferentes regiões do País, se mostrando extremamente crítica no

Semiárido Brasileiro durante os anos subsequentes e para a região Sudeste especialmente no ano de 2014. O cenário para esta região foi de uma seca extrema cujo tempo de retorno foi superior a 100 anos (ANA, 2015).

A vulnerabilidade de abastecimento da região sudeste já existente foi intensificada com a escassez hídrica extraordinária gerando diversos conflitos de usos nessa região Sudeste. Não só a oferta de água para o abastecimento público foi afetada – 28 municípios ficaram comprometidos – como também outros setores que dependem do armazenamento da água para se viabilizarem operacionalmente, como o de irrigação e o de energia hidrelétrica (ANA, 2015 e GALVÃO, 2015).

A insuficiência na oferta de água para os diversos usos afeta diretamente os âmbitos social e econômico do país e mostra a importância de se dar atenção à busca de alternativas para o enfrentamento dos problemas: apoiar e aprimorar técnicas de reuso da água, reduzir o desperdício pelos diferentes setores usuários (na irrigação, na indústria, na distribuição e no consumo residencial, por exemplo), além de implementar ações de conservação de mananciais são medidas, entre outras, que devem ser priorizadas e fomentadas. Além disso, o investimento em infraestrutura com foco na segurança hídrica também deve ser priorizado, de forma a garantir maior capacidade de reservação e de acesso à água (ANA, 2015).

3.3. APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

3.3.1. Breve Histórico

O manejo e aproveitamento da água de chuva é uma prática já antiga, que data de milhares de anos. Segundo Gnadlinger (2000), a captação de água de chuva foi utilizada em diferentes partes do mundo e difundida especialmente em regiões semiáridas, onde as chuvas ocorrem somente durante poucos meses e em locais diferentes. Algumas civilizações antigas como, por exemplo, os Maias e Astecas utilizavam a água de chuva para consumo próprio. Também há relatos antigos de cisternas construídas para armazenamento na China, Índia e Irã (GNADLINGER, 2000).

A utilização da água de chuva caiu em desuso com o progresso tecnológico, principalmente nos assim chamados países desenvolvidos, em zonas climáticas moderadas e mais úmidas. A construção de grandes barragens, o aproveitamento de águas subterrâneas, a irrigação encanada e a implementação dos sistemas de

abastecimento são exemplos de tecnologias que surgiram com o intuito de facilitar e garantir o suprimento de água para a sociedade (ANNECHINI, 2005).

Todavia, devido à maior conscientização ambiental e à crescente demanda populacional por água – seja para consumo humano, seja para os processos produtivos inerentes ao funcionamento das sociedades -, tem sido frequente a busca por novas tecnologias que visem à conservação da água. Posto isso, o aproveitamento da água de chuva passou a ganhar espaço novamente no século XXI, tanto em regiões onde já era empregado anteriormente, como em áreas onde até então era desconhecido, sendo integrado na gestão moderna de grandes cidades em países desenvolvidos (GNADLINGER, 2000, ANNECHINI, 2005).

Segundo ANNECHINI (2005), diversos países como a Alemanha, Japão, China, Austrália, Estados Unidos e até mesmo os países da África e a Índia estão comprometidos com a captação e uso da água de chuva, investindo em pesquisas e tecnologias que facilitem e garantam o uso seguro desta fonte alternativa de água. No Brasil, esta prática tem sido incentivada principalmente na região rural semiárida, território com grande escassez hídrica, onde o suprimento via sistemas de abastecimento são inexistentes e custosos. Nos centros urbanos, indústrias e agropecuária, esta atividade ainda é, em geral, embrionária.

3.3.2. Situação brasileira: Semiárido

No contexto nacional, o Semiárido Brasileiro é a região onde mais se é praticado o aproveitamento de água de chuva, não só pelos seus benefícios, mas principalmente pelo fato de que muitas pessoas dependem deste recurso.

A região abrange uma área de aproximadamente um milhão de quilômetros quadrados e abriga uma população de mais de 22,5 milhões de pessoas (INSA, 2012). Conhecido como “Polígono da Seca”, a região apresenta um cenário de grande escassez hídrica: enquanto a precipitação média anual varia entre 200 e 1.000 milímetros e tem distribuição sazonal e geográfica muito irregular, a taxa de evaporação é ainda bastante elevada – igual ou superior a 3.000 milímetros ao ano (GNADLINGER, 2001). Além disso, o subsolo cristalino, presente em grande parte da região, configura uma a hidrogeologia local desfavorável, caracterizada pela existência de pouca ou nenhuma água, que ainda muitas vezes é salobra (GNADLINGER, 2001).

O Rio São Francisco é a principal fonte superficial de água na região. Porém, apesar de sua magnitude, apenas uma pequena área está às suas margens e grandes

vazões são extraídas para o abastecimento de culturas comerciais voltadas prioritariamente para exportação (GNADLINGER, 2001). O curso hídrico ainda tem sofrido com diferentes pressões como lançamentos de esgoto doméstico, a poluição industrial e a intrusão salina, sendo esta última agravada devido aos períodos de maior estiagem vividos pelo país nos últimos anos, prejudicando a qualidade da água (ANA, 2012).

A grande dificuldade de suprimento de água juntamente a aplicação deficiente das ferramentas de gestão do recurso hídrico obriga constantemente à população nordestina a se deslocar grandes distâncias para conseguir uma água de qualidade duvidosa. Neste contexto, os sistemas de captação de água de chuva são alternativas que podem contribuir substancialmente para a vida da população do Semiárido Brasileiro. Gnadlinger (2001) apresenta um mapa das prioridades de demanda de captação de água de chuva (Figura 4), no qual a área em roxo indica maior necessidade regional de captação de água de chuva.

Considerando esta conjuntura, alguns programas foram criados pelo governo e por Organizações Não Governamentais no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semiárido brasileiro. Um exemplo é o Programa 1 milhão de Cisternas (P1MC), criado em 2001, pela entidade sem fins lucrativos, ASA - Articulação no Semiárido Brasileiro. O programa desenvolvido com recursos não governamentais e do Governo Federal previa a construção de um milhão de cisternas em cinco anos, seguindo as premissas de tecnologia social, com capacitação de mão de obra local e educação ambiental. O sistema proposto consiste em aproveitar os telhados das casas como área de captação e armazenar a chuva em cisternas de 16 mil litros, sendo capaz de atender às necessidades de famílias durante o período de estiagem (ASA, 2017).

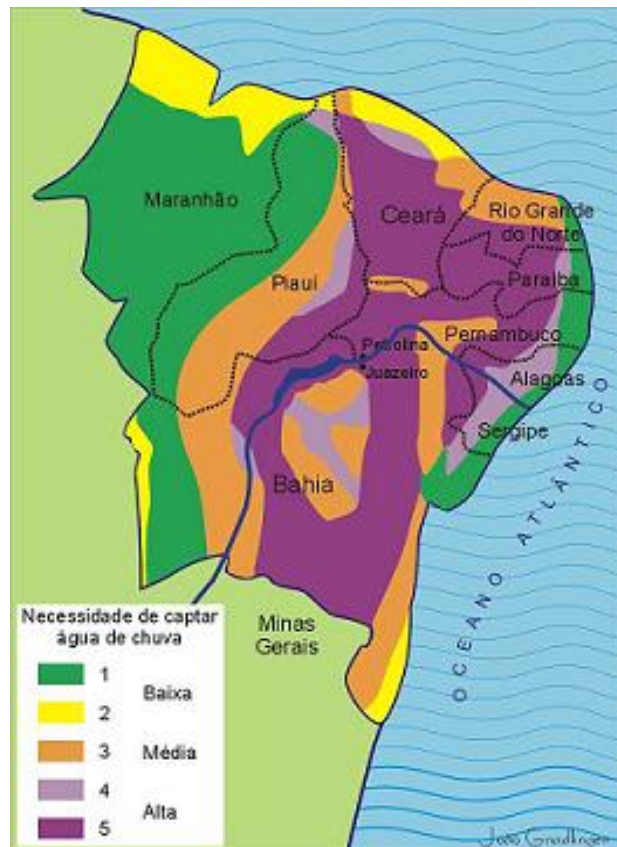


Figura 4 – Mapa do Semiárido Brasileiro com as áreas destacando a necessidade de usar a captação de água de chuva.

Fonte: GNADLINGER, 2001

De acordo com Sonda et al. (2001 apud MAY, 2009), a construção de cisternas no semiárido nordestino traz diversos benefícios como facilitação da vida da mulher dona de casa, maior tempo livre para desenvolver outras atividades e principalmente, disponibilidade de água para consumo próprio, limpeza, cocção, entre outros.

3.3.3. Legislação Brasileira

No Brasil, a temática de aproveitamento de águas pluviais ainda é incipiente, sendo pouco abordada no contexto jurídico. Apesar da utilização de água de chuva já ocorrer há anos no país, ainda não há uma legislação federal que estabeleça diretrizes para esta iniciativa, nem que trate especificamente sobre o assunto através de um viés técnico. Faltam, portanto, orientações legais a nível nacional sobre padrões de qualidade ou técnicas de captação e tratamento de água de chuva.

O Código de Águas deliberado pelo Decreto nº 24.643/1934 foi a primeira legislação federal a definir o conceito de águas pluviais e a citar seu aproveitamento, garantindo

ser imprescritível seu direito de uso por proprietários das edificações que as recebem ou pela população em geral quando da ocorrência de chuva em lugares públicos. Oitenta anos mais tarde, ainda não existe uma lei a nível nacional que aborde bem a questão. A única lei federal que abrange a problemática da captação de água de chuva é a Lei Federal nº 12.873/2013, que institui, em seu Artigo 11, o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água - Programa Cisternas. Além de abranger diversos outros tópicos, seu conteúdo dedica-se basicamente a definir os agentes responsáveis pela implantação do programa e a prever um regulamento para tal.

O Programa Cisternas, regulamentado pelo Decreto Nº 8.038/2013, tem como objetivo promover o acesso à água para o consumo humano, produção de alimentos e dessedentação de animais, por meio de implementação de tecnologias sociais simples e de baixo custo, em especial, cisternas. É destinado somente a famílias rurais de baixa renda atingidas pela seca ou falta regular de água, sendo o semiárido brasileiro a região prioritária às ações do programa. Desta forma, a iniciativa busca melhorar a qualidade de vida de quem deve enfrentar a escassez de água por longos períodos de estiagem. Ainda que tenha sido regulamentado 10 anos mais tarde, o Programa existe e é financiado pelo Ministério de Desenvolvimento Social e Agrário (MDSA, 2017) desde 2003, e engloba diversas plataformas, entre elas o Programa 1 Milhão de Cisternas. Segundo o portal do MDSA, até 2016, já havia sido instaladas 836 mil cisternas para consumo humano e aproximadamente 133 mil outras tecnologias de captação para produção de alimentos (MDSA, 2017).

Embora a iniciativa tenha sido de grande importância, por se tratar de uma política pública que permitiu a diversas famílias obterem água para consumo, ainda é bem pouco para que o aproveitamento de águas pluviais possa ser estabelecido e regularizado como uma fonte alternativa de água.

Em 1997, foi assinada a Lei nº 9.433, conhecida como Lei das Águas, que criou a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). A Política fundamentou a água como um recurso natural limitado, de domínio público e dotado de valor econômico e estabeleceu como seus objetivos:

“Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.”

Dentro deste contexto e com a devida importância dada à conservação e ao uso racional dos recursos hídricos, a utilização da água de chuva encontra embasamento e coerência. Não obstante, a PNRH não engloba o assunto.

Na esfera municipal, a questão tem sido mais abordada recentemente, porém, em grande parte, o enfoque é dado à solução dos problemas de drenagem urbana objetivando minimizar danos a patrimônios pessoais em decorrência de enchentes e inundações. Tendo isto em vista, alguns municípios já decretaram leis que tornaram mandatória a reservação de água de chuva que incidisse sobre edificações ou terrenos muito impermeáveis, como uma medida de protelar o escoamento desta para a rede de drenagem urbana.

Em 2002, a cidade de São Paulo (SP) inovou ao aprovar a Lei nº 13.276 que tornou obrigatória a construção de reservatórios para águas coletadas por lotes ou edificações com áreas impermeabilizadas superiores a 500 m², ou reformas cujo acréscimo de área impermeável seja superior a 100 m². O principal objetivo é retardar a chegada do pico de vazão da chuva, ainda que a Lei anuncie a possibilidade de reuso dessas águas reservadas para fins não potáveis.

Tão logo em 2003, a reconhecida capital ecológica Curitiba (PR), criou o PURAE - Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – pela Lei Nº 10.785, cujos objetivos eram encorajar o uso racional e conscientizar os usuários sobre a importância da água. Para isso, a Lei prescreveu, entre outras medidas, a captação, armazenamento e utilização da água de chuva para atividades que não requirem o uso de água tratada, citando como exemplos a rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos e lavagem de vidros, calçadas e pisos. Diferentemente da maior metrópole brasileira, Curitiba deu o primeiro passo ao reuso da água de chuva, associando o cumprimento desta lei à concessão do alvará de construção para as novas edificações.

Também no Paraná, Maringá (PR) seguiu o exemplo de sua capital e, no mesmo ano, instituiu o Programa de Reaproveitamento de Águas de Maringá, através da Lei nº.6.345, onde entre suas finalidades estava também incentivar seus cidadãos a captarem e utilizarem as águas das chuvas. Seguindo estas experiências, o Rio de Janeiro, através do Decreto nº 23.940 de 30 de janeiro de 2004, exigiu igualmente a construção de reservatórios de retardo – seguindo o mesmo critério que São Paulo em termos de área impermeabilizada. Entretanto, este decreto se diferenciou do estabelecido pela capital vizinha ao determinar também que edificações com áreas de telhado superiores a 500 m² deveriam implantar um reservatório de acumulação, visando o reuso da água pluvial para finalidades não potáveis. Além do mais, evidenciou a necessidade de atender as normas sanitárias de forma a evitar o consumo indevido desta água de acordo com seus parâmetros de qualidade. A adequação ao estabelecido por este decreto condiciona a emissão do "habite-se" para novas construções, como o faz a legislação curitibana.

Outro município cuja iniciativa merece destaque é Niterói, que através da Lei nº 2.630, de 07 de janeiro de 2009, regulamentou os procedimentos relativos ao armazenamento de águas pluviais para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública, prática obrigatória desde 2008 (Lei nº 2.626/2008). Ainda, em 2011, a Lei nº 2.856 estabeleceu mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas.

Algumas outras legislações municipais e até estaduais concernindo o uso racional da água e – mais raramente – ao aproveitamento de água de chuva foram surgindo desde então. Junto a estas, outro tipo de lei municipal que incentiva esta prática indiretamente tem ganhado espaço: o IPTU Verde. Segundo DANTAS (2014), “o tributo verde é aquele utilizado como estímulo a condutas ambientalmente interessantes ou como desestímulo a atividades, que embora lícitas, se revelem inadequadas e custosas para o meio ambiente”. No caso, o IPTU Verde é um instrumento de mercado que estimula a adoção de um conjunto de iniciativas ambientalmente adequadas – entre as quais está a instalação de sistemas de captação e reuso de água de chuva – através de isenção ou descontos no pagamento do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). O incentivo já foi implementado em 55 cidades brasileiras, de acordo com a Prefeitura de São Paulo, como Guarulhos (SP), Curitiba (PR) e Salvador (BA). No Rio de Janeiro, a ideia já existe há um tempo, mas a expectativa é que entre em vigor apenas em 2018. O Decreto Rio Nº 42.776/2017, assinado em 1º de janeiro de 2017 pelo atual prefeito do município, estipula o prazo de

120 dias para que seja apresentado o plano de implementação do IPTU Verde no Rio de Janeiro.

No que se refere à qualidade da água de chuva, não há no Brasil exigências legais que abordem o assunto, apenas normas técnicas, que ainda assim, dão poucas orientações a respeito. Dessa forma, a Resolução CONAMA nº 274/2000 e a Resolução CONAMA 357/2005 podem ser utilizadas como referência para o aproveitamento das águas pluviais (OLIVEIRA, 2007). A primeira define os padrões de balneabilidade, apresentando os requisitos necessários para águas próprias à recreação de contato primário, na qual há o contato direto do usuário com o corpo de água como, por exemplo, as atividades de natação, esqui aquático e mergulho.

Já a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece, dentre outras atribuições, os padrões de qualidade para os corpos hídricos, categorizando-os de acordo com seu grau de salinidade (águas doces, salinas e salobras) e classificando-os segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. A água de chuva apresenta baixa salinidade e por isso pode ser considerada como água doce, a qual pode ser dividida em cinco classes – definidas na Resolução. Exceto a classe especial - onde, segundo a normativa, deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água -, a cada classe são atribuídos padrões de qualidade de acordo com o uso pretendido.

Além dessas, outra legislação que pode instruir em termos de parâmetros qualitativos da água é a Portaria Nº 2914 de 2011, que dispõe sobre padrão de potabilidade. A água potável é definida como a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos e químicos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

O uso de água de chuva para fins potáveis requererá implementação de processos de tratamento e monitoramento constante da qualidade da água tratada, inviabilizando seu emprego direto para este fim.

Como se pode ver, a discussão acerca da captação e aproveitamento das águas pluviais tem evoluído na esfera municipal, mas ainda há a necessidade de legislações mais específicas sobre o assunto e que garantam o uso seguro deste recurso.

Com relação às normas técnicas brasileiras, a primeira referente ao tema de captação de águas pluviais foi a NBR 10.844, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em dezembro de 1989. Esta norma visa estabelecer critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais em edifícios,

levando em conta coberturas e demais áreas prediais – terraços, pátios, quintais e similares. Seu conteúdo se resume a apresentar condições sobre a coleta e transporte da chuva, como os materiais a serem utilizados, dados de intensidade pluviométrica e fórmulas de vazão de projeto para dimensionamento de calhas e condutores, não apontando, porém, nenhum requisito sobre o armazenamento, tratamento e uso dessas águas.

Acompanhando a evolução do tema no país e a carência de conteúdo técnico que sustentasse o emprego de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, a ABNT publicou a NBR 15.527/2007 – “Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”. O objetivo da norma é fornecer requisitos para o uso da água de chuva para fins não potáveis como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

A norma apresenta condições gerais sobre a concepção do sistema de aproveitamento, dando instruções específicas sobre os diferentes componentes e itens pertinentes: calhas e condutores; reservatórios; instalações prediais; qualidade da água; bombeamento; e manutenção.

Podem-se destacar alguns pontos importantes:

- Devem existir dispositivos para remoção de detritos e para o descarte da água de escoamento inicial, cujo volume recomendado de água a ser descartada é de 2mm da precipitação inicial;
- Diferentes métodos a serem utilizados para o cálculo do reservatório de acumulação são explicados em seu anexo;
- Dispositivos de proteção à conexão cruzada devem ser previstos, quando este reservatório também for alimentado por uma fonte de água potável;
- O sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do de água potável e as tubulações devem ser diferenciadas;
- Deve haver um aviso em pontos de consumo de água de chuva, indicando que a mesma não é potável;
- São dadas recomendações a respeito da manutenção do sistema.

Além dos itens expostos acima, a determinação mais relevante da norma é sobre a qualidade da água, uma vez que são apresentados parâmetros de qualidade para usos mais restritivos não potáveis (Quadro 1).

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos mais restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para uso menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes de sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para a desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 15527/2007.

A NBR 15.527/2007, todavia, não define o que seriam usos mais ou menos restritivos, podendo gerar dúvidas aos projetistas quando da concepção de um sistema de aproveitamento. Deste modo, outra norma que pode instruir com relação ao consumo de água para fins não potáveis e, portanto, orientar quanto a utilização de águas pluviais é a NBR 13969/1997, que prevê em seu item 5 a possibilidade de reúso de esgoto tratado. Esta norma aconselha diferentes graus de tratamento conforme reúso pretendido. Para isto, classifica a água de reúso e apresenta os valores de parâmetros de qualidade (Quadro 2).

Comparando as duas normativas e, entendendo que o uso previsto independe da origem do recurso hídrico (esgoto tratado ou água de chuva), pondera-se que o padrão admitido para água de chuva na NBR 15.527/07 garante sua aplicação nas Classes 2, 3 e 4 da NBR 13.969/97, podendo ser compatível também com a Classe 1, caso a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais esteja coerente.

Quadro 2 – Classificações e respectivos valores de parâmetros para efluente tratado de acordo com o tipo de reuso.

Classe	Fim Não Potável	Parâmetros	Valores
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.	Turbidez	< 5 uT
		Coliforme fecal	< 200 NMP/100 mL
		Sólidos Dissolvidos Totais	< 200 mg/L
		pH	entre 6,0 e 8,0
		Cloro residual	entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins; manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Turbidez	< 5 uT
		Coliforme fecal	<500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.
		Sólidos Dissolvidos Totais	-
		pH	-
		Cloro residual	> 0,5 mg/L
Classe 3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários	Turbidez	< 10 uT
		Coliforme fecal	< 500 NMP/100 mL
		Sólidos Dissolvidos Totais	-
		pH	-
		Cloro residual	-
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	Turbidez	-
		Coliforme fecal	< 5000 NMP/100 mL
		Sólidos Dissolvidos Totais	-
		pH	-
		Cloro residual	-
		Oxigênio Dissolvido	> 2,0 mg/L

Fonte: Adaptado de ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 13969/1997.

3.3.4. Padrões de Qualidade da água

No Brasil, os únicos padrões estabelecidos diretamente de água de chuva são apresentados pela norma NBR 15.527/2007. Entretanto, existem orientações legais sobre padrões de qualidade da água. O Quadro 3 apresenta os padrões requeridos para qualidade da água em cada uma das normativas anteriormente citadas.

Com relação à Resolução CONAMA nº357/05, vale ressaltar que só foram considerados os padrões estabelecidos para as classes 1 e 2, uma vez que são águas de melhor qualidade que as demais, cujo consumo requer usualmente tecnologias de tratamento já estabelecidas e com custo de implementação viáveis.

Quadro 3 – Padrões requeridos para qualidade de água de chuva

Parâmetros	Unidade	Portaria MS 2914/11	Resolução CONAMA 357/05		Resolução CONAMA 274/00	NBR 13.969/97				NBR 15.527/07
			Classe 1	Classe 2		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	
Alcalinidade	mg/L									
Cloretos	mg/L	250	250	250						
Cloro Residual Livre	mg/L	0,2-5,0				0,5 - 1,5	> 0,5			0,5 - 3,0
<i>E.Coli</i>	NMP/100 ml	Ausente			200 - 800					
Coli totais	NMP/100 ml	Ausente								0
Coli termotolerantes	NMP/100 ml	Ausente	200	1000	250 - 1000	< 200	< 500	< 500	< 5000	0
Cor Aparente	uH	15								< 15,0
Cor Verdadeira	uH			75						
DBO	mg/L		3	5						
Dureza	mg/L	500								
Fósforo Total	mg/L		0,025	0,05						
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1,5	3,7	3,7						
Nitrato	mg/L	10	10	10						
Nitrito	mg/L	1	1	1						
OD	mg/L		≥ 6,0	≥ 5,0					> 2,0	
Óleos e graxas										
pH		6,0-9,5	6,0-9,0	6,0-9,0		6,0 - 8,0				6,0 a 8,0
Sulfato	mg/L	250	250	250						
SST	mg/L									
SDT	mg/L	1000	500	500		< 200				
Turbidez	uT	5	40	100		< 5	< 5	< 10		< 2,0 uT. Para uso menos restritivos: < 5,0 uT

3.4. QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA

A qualidade da água de chuva é um fator decisivo para o seu aproveitamento, uma vez que esta define seus possíveis fins, bem como o tratamento necessário à água coletada e armazenada no reservatório (SILVA, 2013). Quanto melhor a qualidade da água coletada, maior a pluralidade de usos.

Segundo TOMAZ (2015) e GARRIDO NETO (2012), as características da água coletada podem variar significativamente dependendo de aspectos relevantes, como: a localização geográfica, as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, período de seca entre chuvas, regime de ventos, etc.), material da cobertura do telhado (laje de concreto, telhas cerâmicas, telhados verdes) e a presença de carga poluidora na atmosfera e na área de captação. Ainda, as condições do sistema de aproveitamento também são determinantes na qualidade final da água de chuva coletada. Entre elas, podem-se citar algumas: nível de sujeira local, tempo de armazenamento da água, material do qual é feito o reservatório, intervalos entre operações de manutenção e existência de tratamento da água no sistema.

É plausível afirmar que cada sistema de aproveitamento de águas pluviais armazenará uma água de chuva com características particulares e que, um mesmo sistema, ao longo do tempo, poderá se deparar com certa variabilidade na qualidade da água captada.

Segundo TOMAZ (2015), a qualidade da água de chuva pode ser examinada em quatro diferentes etapas, a serem detalhas nos itens subsequentes.

- **Água da atmosfera: Antes de atingir a área de coleta.**

A localização geográfica tem grande influência na qualidade do ar, que por sua vez, interfere na qualidade da água da atmosfera. Entende-se como água da atmosfera a água de chuva precipitada em um momento anterior ao de atingir alguma superfície, ou seja, antes de incidir sobre a área de captação. TOMAZ (2015) afirma que em locais próximos à costa, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar, enquanto em regiões continentais, pode-se notar a presença de elementos de origem terrestre: partículas de solo que contêm sílica, alumínio e ferro, por exemplo.

A qualidade do ar é definida através da concentração de partículas difusas e é um dos fatores que mais influenciam a qualidade da água de chuva. (OLIVEIRA, 2007). Uma das correlações entre qualidade do ar e qualidade da água pluvial se deve à reação de alguns gases – dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio – com o vapor d'água na atmosfera.

Esses gases podem ser emitidos tanto por processos naturais – como erupções vulcânicas, como por ações antrópicas – queima de combustíveis fósseis. Uma vez na atmosfera, reagem com o vapor d'água gerando pequenas quantidades de ácido sulfúrico e ácido nítrico, que, quando da precipitação, ocasionam a “chuva ácida”, caracterizada por um pH menor que 5,6. Assim sendo, reafirma-se a importância da localização do sistema de aproveitamento na qualidade da água de chuva: em áreas como centros urbanos e polos industriais, devido à taxa de emissão de gases poluentes ser bastante elevada, é comum a ocorrência desse fenômeno, podendo ocorrer chuvas com pH próximo a 3,5.

Além da chuva ácida, outros gases e materiais particulados na atmosfera afetam as características da chuva devido ao carreamento desses durante a precipitação. Dessa forma, a proximidade de rodovias ou obras, bem como condições de clima mais seco tendem a configurar um quadro de maior concentração partículas em suspensão na atmosfera, que acabam por alterar a qualidade da água da atmosfera.

- ***Água do Telhado: Após ser captada pelo sistema.***

Ao incidir sobre a área de captação, a água de chuva escoar até as calhas e condutores, levando consigo toda a sujeira presentes ali: folhas, galhos, excreta de pássaros e roedores, poeira, microrganismos, insetos, etc. Deste modo, os aspectos qualitativos da água pluvial podem variar consideravelmente dependendo da existência de vegetação e animais no local e da quantidade de partículas depositadas. Também poderá variar de acordo com a estação do ano, uma vez que esta é muitas vezes um fator condicionante no ciclo de vida da flora e fauna.

As condições meteorológicas também são cardeais para a qualidade da água captada. Quanto maior o hiato compreendido entre uma precipitação e outra, maior é a deposição de contaminantes sobre a superfície. Por outro lado, quanto maior for a intensidade da chuva captada, maior a diluição dos poluentes, resultando em uma melhor qualidade final encontrada.

Não por acaso, recomenda-se por norma (NBR 15.527/2007) o descarte do volume inicial de chuva precipitado, posto que este – também denominado como “água de lavagem” – tem aspectos qualitativos piores. Passado o instante inicial, a concentração de poluentes e partículas sólidas tende a diminuir, configurando uma melhor qualidade da água.

Outro elemento que influi na qualidade da água captada é o material da superfície de coleta (HEINJEN, 2012). A utilização de telhados verdes, por exemplo, pode tanto melhorar a qualidade – pela neutralização da chuva ácida – como pode introduzir

poluentes devido à utilização de fertilizantes para sua manutenção (GARRIDO NETO, 2012). Já a água coletada de pavimentos apresenta maior grau de contaminantes (óleos, matéria orgânica e material particulado, entre outros) e, por isso, exige maiores cuidados.

- **Água Armazenada: Após passar pelo sistema de captação.**

A qualidade da água armazenada será consequência não só da qualidade do ar e das condições da área de captação, mas também da exposição a contaminantes durante o sistema de condução das águas pluviais (calhas e condutores), da eficiência do dispositivo de descarte da água de lavagem, das características do reservatório e do sistema de tratamento (se houver). Além disso, a manutenção e limpeza frequentes do sistema irão condicionar uma água de melhor qualidade.

A água que chega ao reservatório poderá conter pequenas partículas sólidas que tenham passado pelo sistema de tratamento. Estas se depositam no fundo do reservatório, onde geralmente se forma uma pequena camada de lama (TOMAZ, 2015), podendo aumentar a turbidez da água, se não houver os cuidados necessários. Segundo OLIVEIRA (2007), também há riscos de proliferação de algas e bactérias devido à presença de matéria orgânica e possível penetração de luz solar.

Uma grande preocupação existente com relação à qualidade da água armazenada é relativa à presença de microrganismos patogênicos. Ainda que o uso final da água a ser reaproveitada seja caracterizado como não potável, pode haver riscos de ingestão direta da água pelo usuário – principalmente por crianças - e, uma vez contaminada, pode gerar uma série de enfermidades. Assim sendo, é ideal que seja feito um controle microbiológico a fim de garantir a segurança sanitária dos usuários finais.

O monitoramento microbiológico é feito principalmente através da análise da presença de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*, que podem indicar a possível contaminação da água por microrganismos patogênicos.

Os materiais dos quais são constituídas as cisternas também podem alterar a qualidade da água, assim como ocorre na superfície de coleta. Segundo HEINJEN (2012), cisternas novas normalmente afetam os parâmetros da água armazenada, podendo dar sabor e odor devido a lixiviação do material do qual é composta ou elevar o pH, como é o caso dos reservatórios de concreto e ferrocimento devido à liberação de cal em excesso.

- **Água Distribuída: No ponto de uso.**

A água no ponto de consumo deverá manter a mesma qualidade do reservatório de acumulação, desde que não haja contaminação na rede de distribuição. É fundamental que seus parâmetros de qualidade estejam dentro dos padrões requeridos ao uso referido, atendendo dentro do que é previsto pelas normas técnicas e legislação.

3.5. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O sistema de aproveitamento da água da chuva é um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais, que tem como objetivo suprir à demanda de água para fins menos restritivos, ou seja, que não exijam um padrão de qualidade muito elevado. Geralmente, esses sistemas recolhem a chuva que cai sobre os telhados de edificações através de uma estrutura de calhas e condutores, que a encaminham a um reservatório de acumulação, para então ser utilizada. Isto posto, pode-se citar como componentes usuais desses arranjos: área de captação; calhas e condutores; descarte do volume de chuva inicial (*first flush*); tratamento; armazenamento e distribuição. (Figura 5)

Segundo LEE (2000), as técnicas de captação de água de chuva podem ser divididas em três formas distintas: superfícies de telhados, superfícies no solo ou por barragem. A captação por barragem normalmente enfrenta a dificuldade de necessitar locais com geologia e geomorfologia adequadas. A captação por telhado e a captação no solo são relativamente mais convenientes, porém a primeira é o método mais simples e que armazena uma água de melhor qualidade, uma vez que, a água é contaminada mais facilmente ao escoar pelo chão (LEE, 2000).

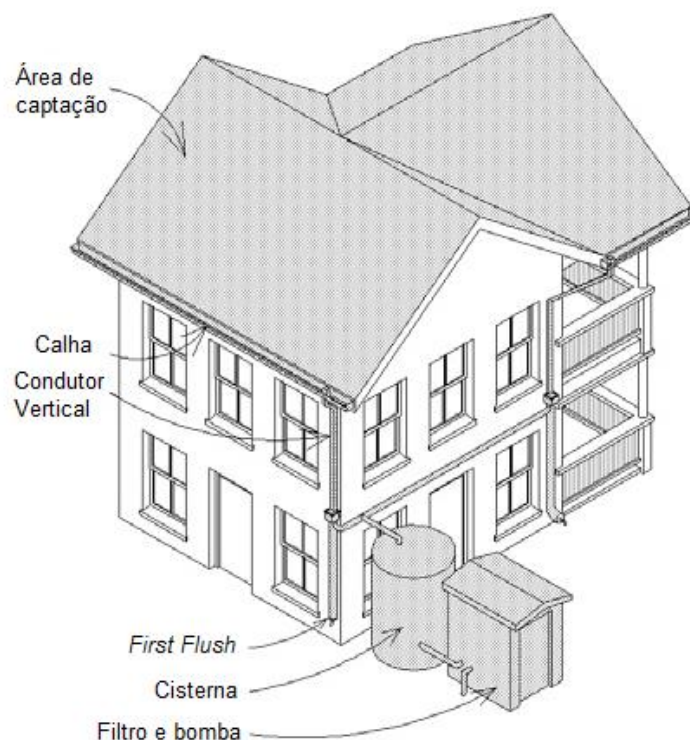


Figura 5 – Instalação residencial típica.

(Adaptado de: *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*, 2005)

Sistemas de captação de águas de chuva podem apresentar diferentes configurações. HERRMANN e SCHMIDA (1999) apresentam quatro diferentes formas, descritas e representadas na Figura 6 a seguir.

1. Sistema de fluxo total – O volume de chuva coletado passa por um filtro seguindo diretamente ao reservatório de acumulação e ao extravazar, é direcionado à drenagem urbana.
2. Sistema com derivação – Também denominado Auto-limpante (*Self-cleaning*), esta conformação conta com uma derivação instalada no condutor vertical de descida da água da chuva, a fim de descartar a primeira água de chuva para rede de drenagem. Normalmente, esta derivação conta com um filtro de forma que os sólidos retidos são encaminhados também para a rede pública. No caso de chuva de alta intensidade, o volume extravazado também é direcionado o sistema público de coleta. Nesses sistemas, a eficiência dos dispositivos de descarte diminui conforme a vazão coletada aumenta, uma vez que, durante uma tempestade, a maior parte da água coletada é descartada e durante uma garoa, apenas um fluxo mínimo é derivado para a rede, levando a eficiência a um nível baixo.

3. Sistema com volume adicional de retenção – Neste caso, o reservatório é superdimensionado, para um volume acima daquele necessário para suprir a demanda. Uma válvula reguladora é localizada logo acima do nível correspondente ao volume consumido, derivando o volume adicional à rede de drenagem.
4. Sistema com infiltração no solo – Neste sistema todo volume de chuva que extravasa do reservatório é direcionado de forma a infiltrar no solo, sendo uma alternativa ao sistema de drenagem urbano. Os autores afirmam ainda que a combinação da utilização de água de chuva e da infiltração local restabelece e mantém o balanço hídrico local.

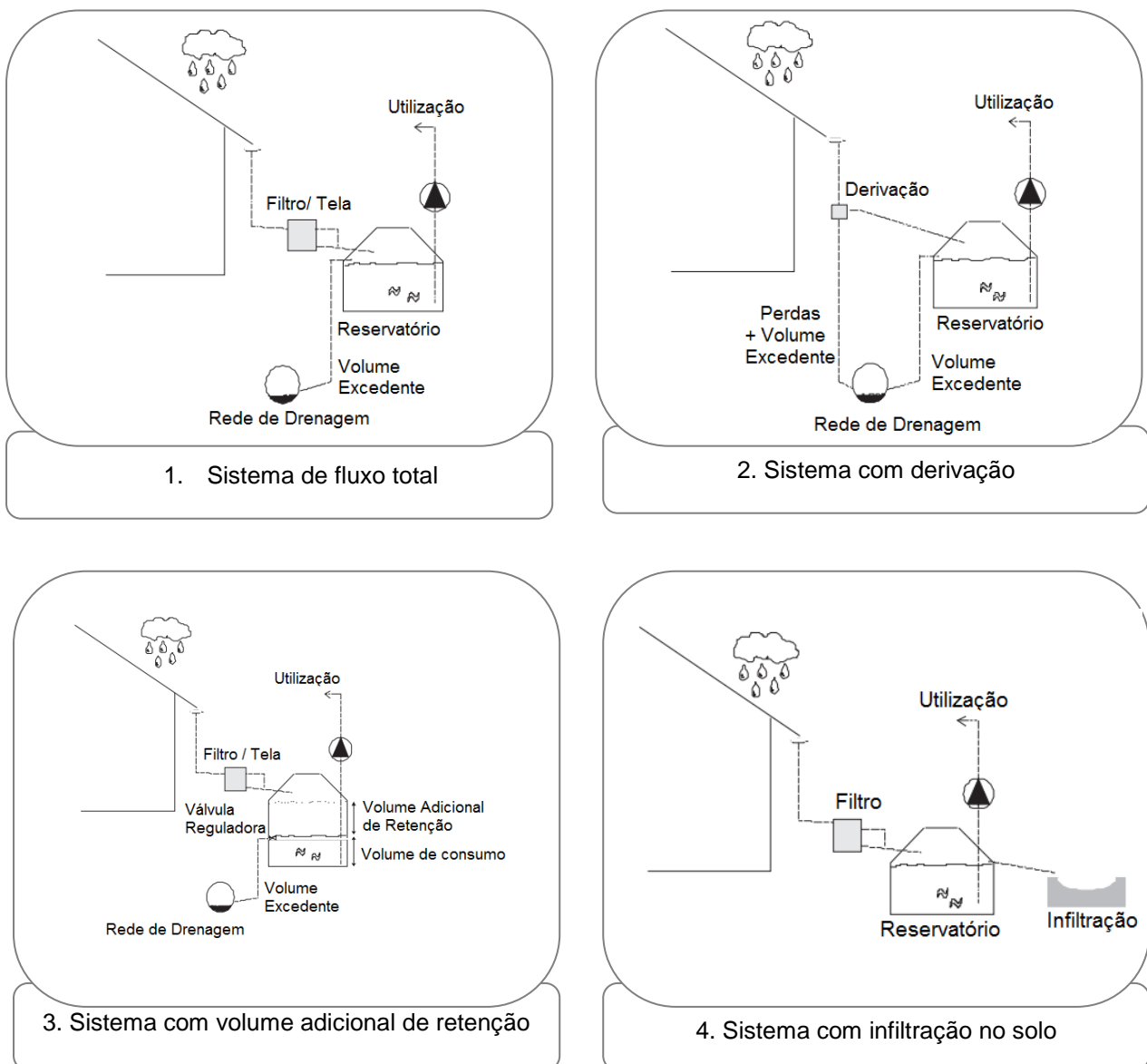


Figura 6 – Diferentes tipos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Fonte: HERRMANN e SCHMIDA, 1999.

O esquema normalmente adotado atualmente é o Sistema com Derivação, que prevê o descarte da precipitação inicial, como apresentado na Figura 7.

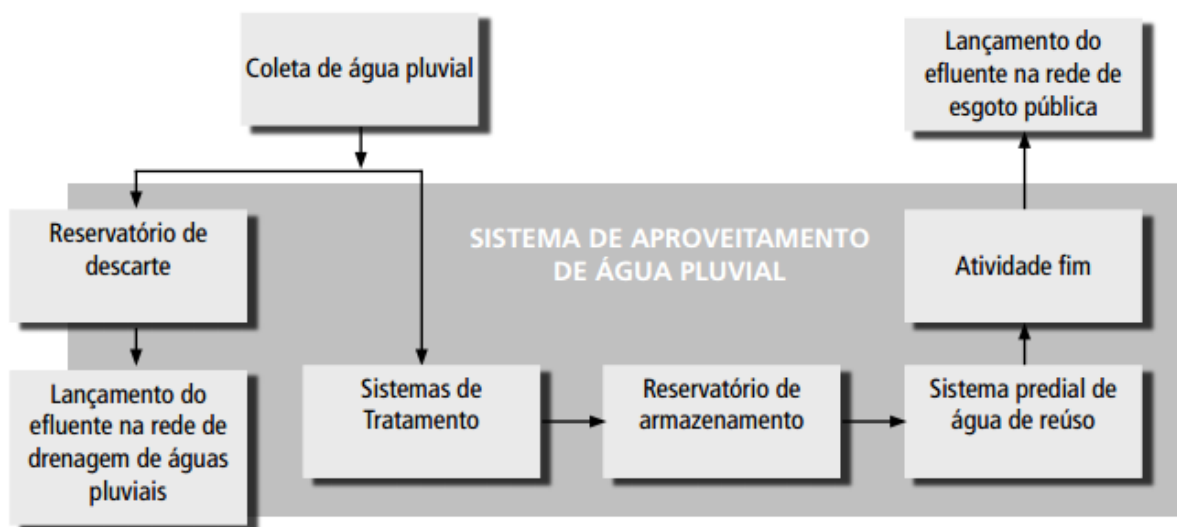


Figura 7 – Esquema de sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Fonte: ANA *et al.*, 2005.

A construção de uma instalação de aproveitamento de águas pluviais deve ser prognosticada por uma análise de viabilidade técnica e econômica. O bom custo benefício da iniciativa pode ser encontrado em áreas com alto índice pluviométrico; com escassez de recursos hídricos; onde há um custo elevado para se extrair água subterrânea (MAY, 2009); ou ainda onde há incentivos fiscais para iniciativas a favor do uso racional da água – como o IPTU Verde.

De acordo com o documento “Considerações para o Aproveitamento de Águas Pluviais”, elaborado pelo Programa de Uso Racional das Águas da USP (USP, 2011), a realização do prognóstico deve, entre outros:

- Analisar o balanço hídrico, estimando o volume de água a ser coletado (através do regime e volume de chuvas e da área de captação local) e de água pluvial a ser consumida, considerando a necessidade de abastecimento de água para fins não potáveis para os períodos de seca;
- Averiguar as condições da área para coleta quanto à existência de potenciais contaminantes e poluentes;
- Examinar a disposição de local para a instalação dos reservatórios e demais elementos do sistema;

- Prever a qualidade da água de chuva coletada e consequente tratamento a ser empregado de acordo com o fim específico já pré-definido, bem como ponderar os parâmetros a serem controlados;
- Antecipar custos de execução, operação, manutenção e gestão do abastecimento, bem como o tempo de retorno do investimento.

3.5.1. Área de Captação

Segundo a NBR 15.527/2007, o conceito de área de captação é dado como a área da superfície impermeável da cobertura, em metros quadrados, projetada na horizontal, onde a água é captada. Normalmente, a área utilizada para captação de águas pluviais são telhados ou lajes de edificações (Figura 8 e Figura 9). Entretanto, também é possível valer-se de superfícies como pátios e estacionamentos (Figura 10), desde haja um tratamento preliminar que retire os detritos, óleos e graxas encontrados nesses locais (MAY, 2009).

Esta definição não deve ser confundida com a o conceito de Área de Contribuição (ABNT, 1989), que é a soma das áreas das superfícies que conduzem as águas para um determinado ponto da instalação. Esta área é utilizada para o cálculo da vazão de projeto e o consequente dimensionamento de calhas e condutores, de acordo com a NBR 10.844/1989 (Norma Brasileira de Instalações Prediais de Águas Pluviais). As fórmulas para o cálculo das áreas de contribuição com diferentes conformações e inclinações são apresentadas na referida norma. A área de captação, então, pode ser dividida em diferentes áreas, de forma que o volume a ser transportado por uma determinada calha corresponde à quantidade captada em apenas uma parte do telhado.

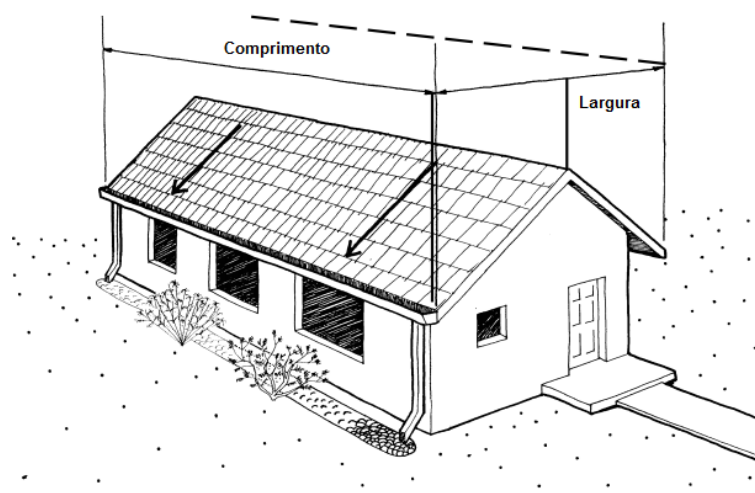


Figura 8 – Área de Captação - telhado: comprimento x largura.

Fonte: WATERFALL, 2004.

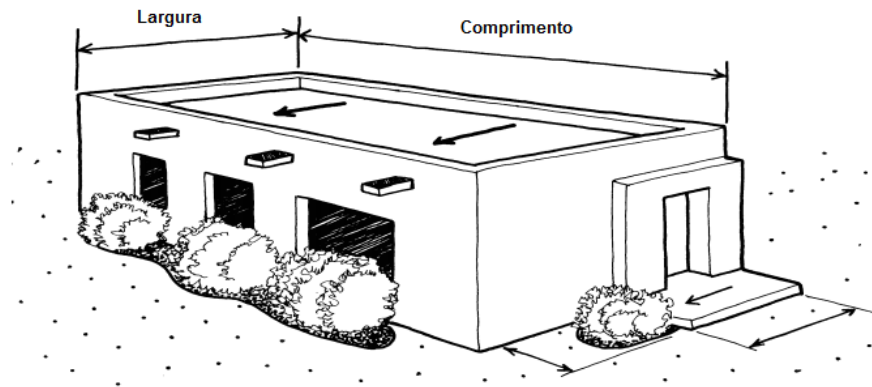


Figura 9 – Área de Captação - laje: comprimento x largura.

Fonte: WATERFALL, 2004.

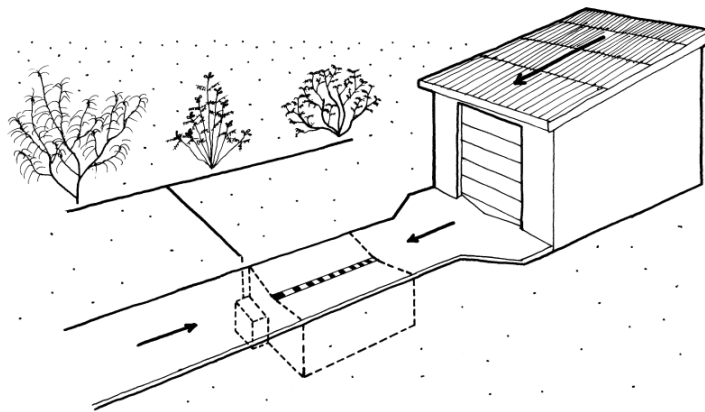


Figura 10 – Áreas de captação: telhado e pátio. Armazenamento em reservatório subterrâneo.

Fonte: WATERFALL, 2004.

Definir a área de coleta é um dos primeiros passos quando da concepção de um projeto de aproveitamento de água de chuva, uma vez que afeta diretamente o volume de água a ser reservado. O índice pluviométrico local, o fator de captação e o coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) também são variáveis essenciais para o cálculo da quantidade de água armazenada (ABNT, 2007). As características das superfícies de captação – como o material constituinte e inclinações – influem tanto na quantidade quanto na qualidade da água armazenada. A cobertura, portanto, deve ser verificada a fim de se avaliar as impurezas presentes, bem como a sua capacidade de autolimpeza (DIAS, 2010) Segundo a norma NBR 10.844/1989, a declividade mínima de superfícies horizontais de laje é de 0,5%, de modo que seja garantido o escoamento das águas pluviais, até os pontos de drenagem previstos e sejam evitados empoçamentos (ABNT, 1989).

Os telhados usados como superfície de captação podem ser de diferentes materiais como telha cerâmica, de fibrocimento, de zinco, de aço galvanizado, de plástico, de vidro, de acrílico, ou mesmo, de concreto armado ou manta asfáltica (ANNECHINI, 2005). Cada material apresenta um diferente coeficiente de *runoff* (C). Este coeficiente representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado e varia conforme as características da superfície de coleta: quanto menor a rugosidade do material e quanto menor a absorção da água, maior o coeficiente é, e, portanto, maior o volume captado. Alguns valores para este parâmetro estão compilados no Quadro 4, apresentada por TOMAZ (2015). Segundo o autor, o melhor valor a ser adotado para C é 0,95.

Quadro 4 – Coeficientes de *runoff* médios para alguns materiais de telhado.

	MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i> (C)
Telhado	Telhas Cerâmicas	0,80 a 0,90
	Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
	Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
	Cimento amianto	0,80 a 0,90
	Plástico	0,90 a 0,95
Pavimento	Concreto, asfalto	0,90 a 0,95
Saibro	-	0,25 a 0,70
Solo	Plano, exposto	0,20 a 0,75
	Plano, com vegetação	0,10 a 0,60
Gramado	Plano, solo arenoso	0,05 a 0,10
	Plano, solo argiloso	0,13 a 0,17

Fonte: TOMAZ (2015) e WATERFALL (2004).

Além desses, outro tipo de cobertura que tem sido bastante considerado atualmente devido a sua vantagem ambiental é o telhado verde (Figura 11). O telhado verde consiste em uma cobertura vegetal – a ser instalada sobre lajes ou telhados – que proporciona, não só conforto térmico e acústico nos ambientes, como também atua contra a poluição atmosférica, já que aumenta o sequestro de carbono nos centros urbanos.

Apesar de ser bastante positiva em termos ecológicos, a cobertura verde não é melhor opção para projetos de aproveitamento que visam coletar o máximo possível do volume precipitado. Isto porque a retenção nesse tipo de telhado varia entre 40% e 70% da precipitação, de forma que ocorre a evaporação de uma considerável parcela de água acumulada, principalmente em lugares com elevada taxa de evapotranspiração.



Figura 11 – Exemplo de cobertura verde em edificação.

Fonte: <<http://www.jardinaria.com.br/>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2017.

3.5.2. Calhas e condutores

Após interceptarem a área de captação, as águas pluviais são transportadas através de um conjunto de calhas e condutores até o reservatório de acumulação, que podem ficar ocultos (internos as paredes da edificação) ou anexados no lado externo (WATERFALL, 2004). Esses componentes também podem ser feitos de diferentes materiais, fator que, assim como na área de coleta, irá influenciar no escoamento das águas e, conseqüentemente, no volume transportado. Normalmente, os materiais mais utilizados são PVC e metálicos (alumínio e aço galvanizado).

Para garantir a eficiência do sistema de captação, é essencial o dimensionamento correto do sistema de condução, uma vez que, o subdimensionamento pode ocasionar transbordamentos (e, portanto, desperdício de água) e até problemas estruturais. A concepção de calhas e condutores deve seguir as orientações da NBR 10.844/1989 e condutores horizontais devem contar com uma inclinação mínima de 0,5%, a fim de promover o escoamento das águas via gravidade. Outra ação necessária ao bom funcionamento do sistema (recomendada pela NBR 15.527/2007) é a instalação de dispositivos para remoção de materiais grosseiros. O acúmulo de folhas, galhos, poeira, areia e dejetos de animais é inevitável durante os dias secos, de forma que filtros, telhas e grades podem ser instalados a fim de reter estes detritos, assegurando a passagem livre de água nos condutores e uma melhor qualidade da água. Telhas e grades podem ser usadas em cima das calhas ou apenas na saída das mesmas para o condutor vertical.

Ralos do tipo “abacaxi” também são comumente utilizados na entrada dos condutores (Figura 12). Os filtros utilizados devem ser de materiais que não oxidem e podem ser implantados tanto no tubo de descida quanto na entrada do reservatório (OLIVEIRA, 2007). Ainda, é recomendado que seja feita uma inspeção mensal e limpeza trimestral desses componentes (ABNT, 2007).

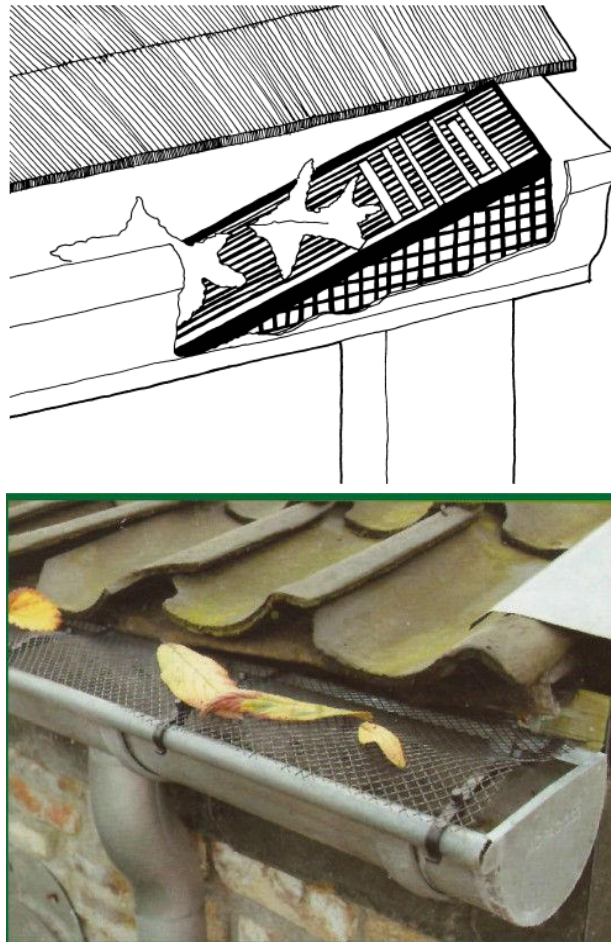


Figura 12 – Exemplos de dispositivos de remoção: grades, telas e ralo-abacaxi.
Fontes: WATERFALL (2004), <www.amoedo.com.br> e <www.uniterras.com.br>.
Acesso em: 21 de janeiro de 2017.

Ademais das grades e telas instaladas nas calhas para retenção de partículas grossas, pode-se utilizar filtros conectados em linha ao sistema de condução. Estes filtros podem ser feitos com PVC (Figura 13) ou podem ser dispositivos mais robustos comprados comercialmente.



Figura 13 – Filtro feito de PVC.

Fonte: <<http://revista.zapimoveis.com.br/>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2017.

3.5.3. Descarte da Primeira Chuva

A área de captação está constantemente sujeita a deposição de folhas, excreta de animais, poluição atmosférica (deposição de particulados), entre outros. Dessa forma, apesar dos sólidos grosseiros ficarem retidos nos dispositivos de filtragem utilizados nas calhas e condutores, a água de chuva ainda carrega substâncias e partículas menores (sólidos dissolvidos) que prejudicam a sua qualidade. Isto é verdade principalmente para o primeiro volume de chuva precipitado, responsável por “lavar” a área de captação. Quanto mais tempo sem chuva, maior a concentração de poluentes no primeiro volume de água, sendo três dias de estiagem o suficiente para contaminar toda a água armazenada (ZANELLA, 2015). Além disso, o primeiro milímetro de chuva também é satisfatório para limpar a atmosfera dos poluentes presentes, melhorando significativamente a qualidade da água de chuva restante (SILVA, 2013). Tendo isto em vista, é fundamental que haja no sistema de aproveitamento um dispositivo que descarte a água captada nos primeiros momentos da precipitação (água da primeira chuva).

O dispositivo de descarte tem como objetivo segregar a primeira lavagem do telhado da água coletada que será aproveitada. Segundo GONÇALVES (2009), o volume a ser descartado depende das condições ambientais, da área do telhado, do regime de chuvas e da quantidade de água passível de descarte sem que haja comprometimento significativo das reservas do usuário, sendo usualmente indicado o descarte do primeiro 1 milímetro de chuva (ZANELLA, 2015). Entretanto, devido à grande quantidade de poluentes nos centros urbanos, é recomendado por norma, que na falta de dados para o cálculo do volume ideal, sejam descartados 2 milímetros da chuva inicial (NBR 15527/2007). Algumas pesquisas orientam o descarte do volume referente aos 15 ou 20 minutos iniciais (USP, 2011).

Algumas técnicas de descarte podem ser utilizadas, porém o dispositivo mais difundido é um reservatório de descarte, com capacidade de armazenamento correspondente ao volume da água de primeira chuva a ser descartada. Este reservatório pode contar com vedação automática ou não, configurando duas variações desse tipo de sistema de descarte. No primeiro, no interior deste reservatório é colocada uma esfera de flutuante, com diâmetro maior que o da entrada do reservatório, de forma que, assim que o nível de água atinge o topo, a esfera fecha a passagem da água, desviando-a para o reservatório de aproveitamento (Figura 14). No segundo, ao se completar o volume do reservatório de primeira chuva, o mesmo extravasa, fazendo com que a água passe para o reservatório de armazenamento (Figura 15). A água reservada é posteriormente descartada na rede de drenagem pública ou pode ser infiltrada naturalmente no solo.

O *Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva* (ZANELLA, 2015) apresenta um modelo de reservatório em tubos proposto pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), mostrado na Figura 16. O sistema funciona de modo similar ao reservatório de descarte sem vedação e consiste em um arranjo de canos de PVC que é conectado ao tubo de queda e pode ser fixado na parede. A quantidade de tubos e o diâmetro dos mesmos dependem da quantidade de água a ser descartada. De acordo com o documento, seu formato garante que a água de lavagem não se misture com a água “limpa” a ser armazenada. Por ser simples, o sistema é de baixo custo e poderia ser aplicado a regiões mais humildes, como o semiárido brasileiro.

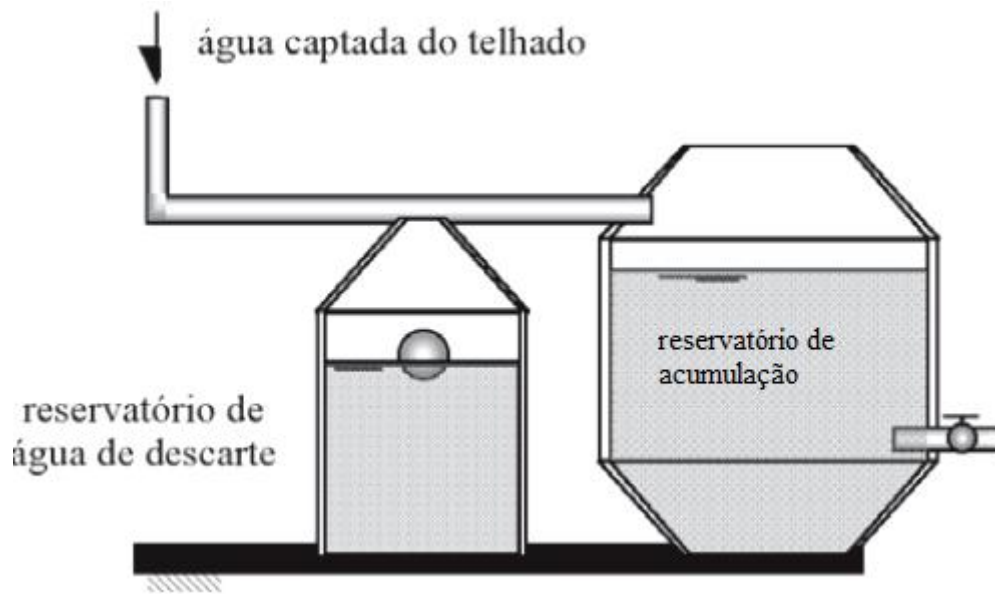


Figura 14 – Reservatório de descarte com vedação.

Adaptado de: GONÇALVES, 2009.

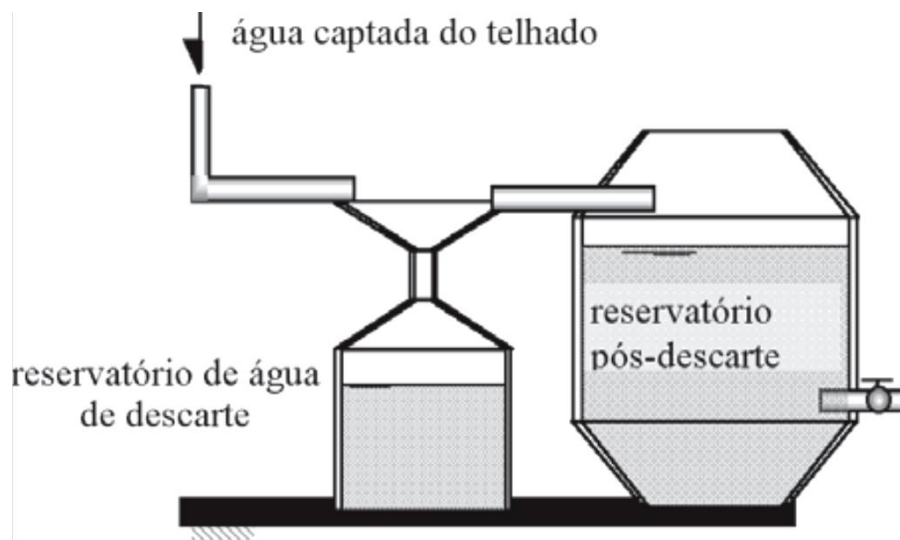


Figura 15 – Reservatório de descarte sem vedação.

Fonte: GONÇALVES, 2009.

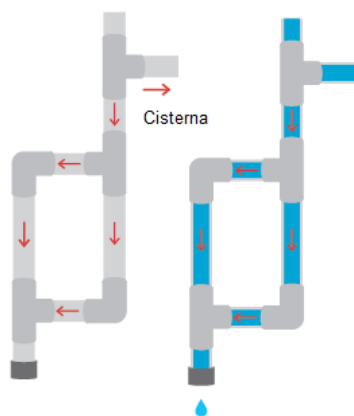


Figura 16 – Reservatório de tubos.

Fonte: ZANELLA, 2015

Existem ainda dispositivos automáticos que contam com válvulas que descartam o volume estipulado pelo projetista, fechando o desvio feito para o reservatório de descarte assim que todo o volume projetado é separado.

3.5.4. Reservação

O reservatório de armazenamento (também denominado cisterna) pode estar localizado logo após o dispositivo de autolimpeza ou após um tratamento complementar, cuja necessidade de implantação está atrelada a qualidade requerida para o uso final. Segundo TOMAZ (2015) e OLIVEIRA (2007), este componente pode ser basicamente de plásticos, fibra de vidro, aço, fibrocimento, de concreto armado ou alvenaria de bloco armada, sendo estes dois últimos os mais comuns (Figura 17 e Figura 18). Ainda, os reservatórios de acumulação podem ser enterrados, semi-enterrados, apoiados sobre o solo, ou elevados.



Figura 17 – Cisternas de Concreto Armado e de Tela e Arame.

Fontes: <<http://cidadeverde.com/>> e <<http://www.ideiasedicas.com/>>.

Acesso em: 21 de janeiro de 2017.



Figura 18 - Reservatórios comerciais de água de chuva feitos de polietileno

Fontes: <<http://www.maisconstrucao.com.br/>> e <<http://www.ecohospedagem.com/>>.

Acesso em: 21 de janeiro de 2017.

A concepção – local de instalação, modelo e material utilizado – do reservatório deve ser feita de acordo com a NBR 12.217/94 – “Projetos de reservatórios de distribuição de água para abastecimento público” – considerando as condições do terreno ou da edificação, no caso de projetos em áreas urbanas. De acordo com ANNECHINI (2005), reservatórios sobre o solo devem ser escolhidos quando da disponibilidade de área livre, uma vez que apresentam a vantagem de possibilitar alguns usos sem a necessidade de bombeamento, como para a lavagem de pátios ou rega de jardins; enquanto os semi-enterrados ou enterrados, normalmente, necessitarão de bombeamento - seja ele manual ou mecânico. Outra opção, se a arquitetura do telhado for conveniente, é instalar o reservatório logo abaixo do telhado, evitando que seja necessário o bombeamento da água (ANNECHINI, 2005). O aconselhável é que os reservatórios de água de chuva estejam acessíveis à operação e à manutenção.

Tecnicamente, de acordo com a NBR 15527/2007, o dimensionamento do reservatório de acumulação (volume de água de chuva aproveitável) é diretamente proporcional à precipitação média, da área de captação, do coeficiente superficial da cobertura e do fator de captação. O fator de captação (η) é a eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, levando o dispositivo de remoção de sólidos grosseiros e principalmente o descarte da primeira água de chuva. TOMAZ (2015) considera este fator igual a 0,85, de forma que o cálculo pode ser feito de acordo com a fórmula abaixo. A norma também apresenta diferentes métodos de dimensionamento do reservatório que podem ser usados pelo projetista.

$$V = P * A * C * \eta$$

Onde:

V = volume da cisterna (L);

P= precipitação média mensal (mm);

C = coeficiente de runoff do telhado (adimensional) = 0,95;

η = fator de captação = 0,85;

A = área de coleta (m²).

Outros fatores intervenientes no projeto do reservatório são: demanda a ser suprida, os períodos de estiagem, estética, preferência pessoal e orçamento, visto que trata-se do componente mais oneroso do sistema (TEXAS, 2005) e varia com o tamanho. Portanto, dimensioná-lo com critério é essencial para tornar viável economicamente a implementação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Áreas com chuvas sazonais vão requerer cisternas maiores de modo que sejam atendidas também as estações secas.

É importante salientar que, salvo casos extremos, a água de chuva não deve ser considerada como a única fonte de suprimento de água para fins não potáveis, e sim, como uma fonte alternativa complementar. Dessa forma, deve-se avaliar um sistema de abastecimento de água potável ao reservatório de água de chuva, para o caso de falhas do sistema de captação, seja por estiagem ou por problemas estruturais. Entretanto, é imprescindível que não haja conexão cruzada entre os dois sistemas de abastecimento, ou seja, que não haja qualquer ligação entre a tubulação que conduz água potável e a outra água de qualidade não potável.

Segundo OLIVEIRA (2007), dois dispositivos hidráulicos podem ainda ser utilizados para melhorar as condições de reservação: um amortecedor (freio d'água) e um sifão de limpeza do freio do espelho d'água. O freio d'água é instalado no fundo do reservatório e visa evitar que haja turbulência quando da entrada da água no reservatório e conseqüentemente a movimentação do sedimento de fundo através de um aumento do diâmetro de entrada. Já o sifão deve ser implantado na altura da lamina d'água máxima projetada e tem como objetivo retirar partículas muito finas e substâncias oleosas que ficam no espelho d'água. De modo geral, ambos os aparelhos buscam evitar a contaminação e proporcionar água em melhores condições.

Com relação à instalação, manutenção e garantia de qualidade da água no reservatório, alguns cuidados devem ser tomados (NBR 15527/2007), como elencados a seguir:

- A cisterna deve contar com um extravasor (ladrão) e de uma abertura (visita), para inspeção e limpeza.
- Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a ABNT NBR 5626.
- O reservatório deve ser protegido contra a incidência direta da luz do sol, bem como à entrada de animais através da tubulação de extravasão.
- Deve haver placas de advertência nos pontos de consumo, caso este não seja o único sistema de água da residência, alertando o usuário sobre a qualidade da água.
- A cisterna, caso seja subterrânea, deve ser devidamente selada a fim de evitar contaminação por micro-organismos.
- Prever dispositivo no fundo do reservatório de armazenamento para evitar turbulência evitando a ressuspensão e arraste do material sedimentado;
- A qualidade da água distribuída deverá ser submetida a um processo de monitoramento programado.

3.5.5. Tratamento de água de chuva

O tratamento da água de chuva captada no sistema de aproveitamento começa logo após atingir área de captação através da remoção dos sólidos grosseiros presentes no telhado. Em um segundo momento, ocorre outra etapa de pré-tratamento, através do descarte da primeira água de chuva, no qual é dispensado um volume de água com uma alta carga orgânica, micro-organismos e outros contaminantes.

Além desses processos é fortemente recomendado que seja feita a desinfecção da água armazenada. Segundo a NBR 15527/2007, pode-se utilizar para desinfecção um derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio ou outros, sendo priorizado o uso do cloro em aplicações onde é necessário um residual desinfetante. O cloro residual livre, quando utilizado, deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

A desinfecção tem como função básica a inativação dos micro-organismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e ou químicos. Ainda que nas outras etapas anteriores do sistema de aproveitamento haja redução do número de micro-organismos

presentes na água de chuva, a desinfecção faz-se indispensável para a segurança dos usuários, pois garante a inativação e previne o crescimento microbiológico no reservatório e na rede de distribuição – quando houver (FUNASA, 2014). A pesquisa realizada por MAY (2004) ratifica este argumento, uma vez que os resultados obtidos em seu “Estudo da Viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações” mostraram concentrações muito elevadas de coliformes termotolerantes, clostrídio sulfito-redutor e *enterococos* em amostras de água de chuva coletadas. Essas duas últimas bactérias, se ingeridas, podem causar graves danos à saúde.

O cloro é o desinfetante mais utilizado, não só pela sua capacidade de esterilização, mas também por apresentar alto poder oxidante, sendo útil no controle de outros parâmetros de qualidade como controle de sabor e odor, prevenção de crescimento de algas, remoção de ferro e manganês e remoção de cor. (LIBÂNIO, 2010 *apud* FUNASA, 2014). Além disso, é uma substância de fácil acessibilidade e custo razoável, o que não inviabiliza o sistema economicamente. Sua ação germicida tem amplo espectro e boa persistência devido a sua propriedade residual (FUNASA, 2014).

Os principais produtos disponíveis no mercado para a desinfecção da água são: cloro gasoso, cal clorada, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio. Estes produtos podem ser utilizados por intermédio de alguns equipamentos como bombas dosadoras elétricas (dispositivos automáticos reguladores de cloro), clorador de pastilhas, entre outros (Figura 19).



Figura 19 - Bomba dosadora de cloro e clorador de pastilhas.

Fonte: <<http://www.emecbrasil.com.br/>> e <<http://poolshop.com.br/loja/>>.

Acesso em: 21 de janeiro de 2017.

Dentre essas opções, o clorador de pastilhas é um dispositivo de desinfecção que alia eficiência, baixo custo de investimento e simplicidade operacional, podendo ser utilizado

em soluções alternativas individuais ou em reservatórios (SVS, 2006). Este clorador é confeccionado de materiais resistentes à corrosão química que promove a abrasão de pastilhas de hipoclorito de cálcio armazenadas em seu interior pela passagem de água ou líquido a ser tratado, formando a solução clorada que será aplicada ao efluente a ser desinfetado (AISSE et al., 2003 apud SVS, 2006).

As etapas de tratamento descritas normalmente já são suficientes para fins não potáveis. Todavia, dependendo da qualidade requerida pelo uso pretendido da água de chuva, pode ser necessário um tratamento mais completo da água. Outras etapas de tratamento são mandatórias porque, apesar de o cloro ser eficaz contra uma grande gama de germes, ele não tem efeito sobre alguns microrganismos patogênicos, como a *Giardia* e o *Cryptosporidium*.

A necessidade de um tratamento mais complexo deve ser bem avaliada, devido aos custos de implantação, manutenção e monitoramento dos mesmos. Pode ser conveniente analisar a qualidade da água de chuva antes da implantação do sistema.

3.6. CONSUMO DE ÁGUA NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS

O consumo residencial de água em geral depende de diversos fatores, dentre eles, número de habitantes, situação socioeconômica, clima, aspectos culturais, entre outros. Apesar de ainda ser incipiente, tem crescido uma maior consciência sobre o uso racional da água e com isso, novos aparelhos e dispositivos economizadores tem ganhado espaço nas residências pouco a pouco.

O uso da água de chuva tem papel importante na redução do consumo de água para fins não potáveis, que representa uma parcela significativa da demanda residencial total. Um dos aparelhos que mais consome água em uma residência, por exemplo, é a bacia sanitária sem caixa acoplada, responsável por aproximadamente 30% do consumo médio residencial (USP, 1999). Considerando a média nacional de consumo per capita de 162 litros por dia e que 163.236.203 pessoas são atendidas com o abastecimento de água potável (SNIS, 2016), o vaso sanitário em todo o país consumiria quase 8 bilhões de litros de água potável por dia, água esta que poderia ser substituída por águas de reuso ou águas pluviais e que deixaria de ser extraída de mananciais, contribuindo para a conservação destes.

A consumação por água não potável em uma edificação pode ser dividida em demanda interna e demanda externa. A Tabela 1 (extraída de TOMAZ, 2015) informa alguns valores aproximados para consumo residencial interno de água potável para o Brasil, enquanto o

Quadro 5 apresenta faixas de valores de consumo de demandas externas de água não potável.

Tabela 1 – Consumo médio residencial de água por aparelho no Brasil.

Tipos de usos da água	Porcentagem
Bacia Sanitária	29 %
Chuveiros	28%
Lavatório	6%
Pia de cozinha	17%
Tanque	6%
Máquina de lavar roupas	5%
Máquina de lavar louças	9%
TOTAL	100%

Fonte : USP (1999 apud TOMAZ, 2015)

Quadro 5 - Demandas externas de água não potável

Uso da água	Faixa de valores	Frequência de uso	Consumo mensal médio
Rega de jardim	2 l / dia / mês	10 regas / mês	20 l
Lavagem de veículos	115 l / lavagem / carro	2 lavagens ao mês	230 l / carro
Mangueira de jardim	50 l / dia	20 vezes / mês	1000 l

Adaptado de: TOMAZ, 2015.

Uma pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), apresentada por GONÇALVES (2009) realizou a caracterização do consumo de água em dois edifícios, um convencional e um dotado de reuso de água cinza, avaliando, entre outros, a demanda de água de reuso. A água cinza foi reutilizada para fins não potáveis, correspondendo ao volume de água consumido em vasos sanitários e em torneiras de uso geral das áreas comuns do condomínio. A Figura 20 mostra o resultado da pesquisa e apresenta valores percentuais de consumo de água potável e não potável na edificação dotada de sistema de reuso.

O consumo não potável pode ser usado para estimar o possível consumo de água de chuva para estes mesmos fins em uma edificação.

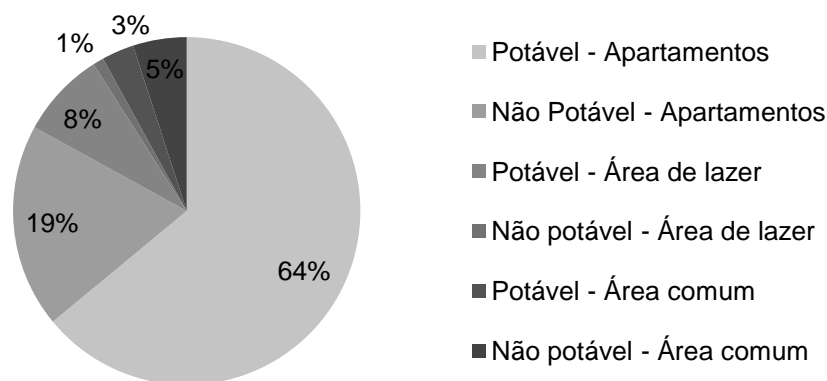


Figura 20 – Distribuição do consumo de água em uma edificação dotada de reuso.

Adaptado de: GONÇALVES (2009)

Considerando que o consumo de água potável médio per capita por dia é de 162 litros (SNIS, 2016) e que a prática do reuso é desprezível frente ao consumo total, pode-se estimar o consumo de água potável utilizado para fins não potáveis. Dado que na edificação do estudo 25% da água era não potável, estima-se que, aproximadamente, 40 litros por habitante por dia são usados para fins não potáveis.

A regulamentação e promoção do aproveitamento da água de chuva no Brasil devem ser realizadas pelos órgãos competentes através, não só da instituição de políticas de incentivo à instalação destes sistemas, mas também do apoio a pesquisas que estudem as vantagens e desvantagens de sistemas de captação, bem como a qualidade da água da chuva e a necessidade de tratamento.

4. MATERIAL E METODOLOGIA

4.1. EQUIPAMENTO UTILIZADO

O Chove Chuva, aparelho objeto deste estudo, é um equipamento vendido comercialmente, que se propõe a tratar a água de chuva utilizando uma tecnologia simples e de relativo baixo custo. O aparelho é conectado diretamente em um condutor vertical, que recebe a água de chuva coletada diretamente nas calhas, e na outra extremidade a um reservatório (ou cisterna), que visa reservar a água tratada para consumo. Seu sistema de tratamento suporta uma área de captação de até cem metros quadrados (100 m²) e consiste nas seguintes etapas (Figura 21): descarte da primeira água, separação de sólidos grosseiros, regulação do pH, filtração e cloração.

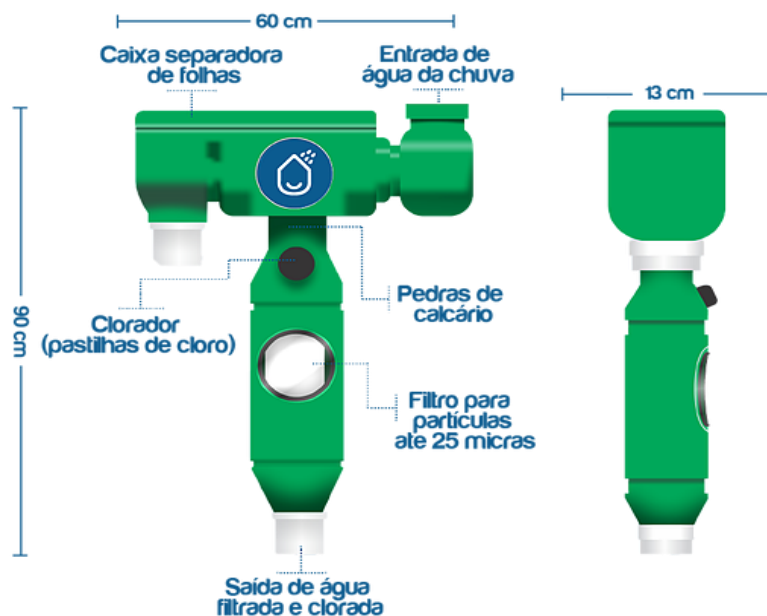


Figura 21 – Aparelho Chove Chuva.

Fonte: <<http://www.chovechuva.com.br/>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2017.

Segundo o fabricante, o equipamento é projetado de forma que, ao entrar no sistema, a água passe por um cilindro de aço vazado (Figura 22), no qual, aproximadamente 20% do total da água captada é conduzido para uma saída de descarte e o restante, filtrada e direcionada às próximas etapas do tratamento. Este cilindro (presente dentro da Caixa Separadora de Folhas destacada na Figura 21) é, portanto, responsável por reter folhas e detritos, fazendo a separação de sólidos grosseiros. Após esta etapa, a água entra em contato com uma pedra de calcário para a correção do pH (tornando-o mais básico) e, em seguida, passa por um recipiente cilíndrico com pastilhas de cloro, a fim de ser desinfetada (Figura 23). Por fim, o tratamento é finalizado por um filtro *bag* de 25 micra (0,025 milímetros), que tem como finalidade reter partículas menores.

Nota-se que a tubulação de descarte não prevê o descarte do primeiro volume precipitado (água de lavagem) e sim, de parte do volume total precipitado.



Figura 22 - Cone de aço utilizado para a remoção de sólidos grosseiros.

Fonte: Acervo pessoal.



Figura 23 – Placa de calcário (localizada abaixo do cilindro) e dosador de cloro ao fundo.

Visão superior do equipamento.

Fonte: Acervo pessoal.

O recipiente clorador consiste em um pequeno copo cilíndrico de acrílico vazado que contém orifícios com dois tamanhos distintos em sua superfície, permitindo ao usuário optar por duas diferentes dosagens de cloro (Figura 24).

O controle da dosagem é feito manualmente pelo ajuste da posição do recipiente no equipamento. De acordo com o manual do equipamento, girar o copo no sentido anti-horário resulta em uma dosagem menor de cloro, enquanto girá-lo no sentido inverso confere uma dosagem maior. Para o experimento, foram colocadas duas pastilhas de cloro, como é indicado pelo manual que acompanha o aparelho. O dosador foi colocado de forma que a parte da superfície com os orifícios maiores ficou virada pra cima, permitindo uma maior vazão de entrada e menor vazão de saída, promovendo um tempo de retenção maior do líquido, e, conseqüentemente, maior tempo de contato.

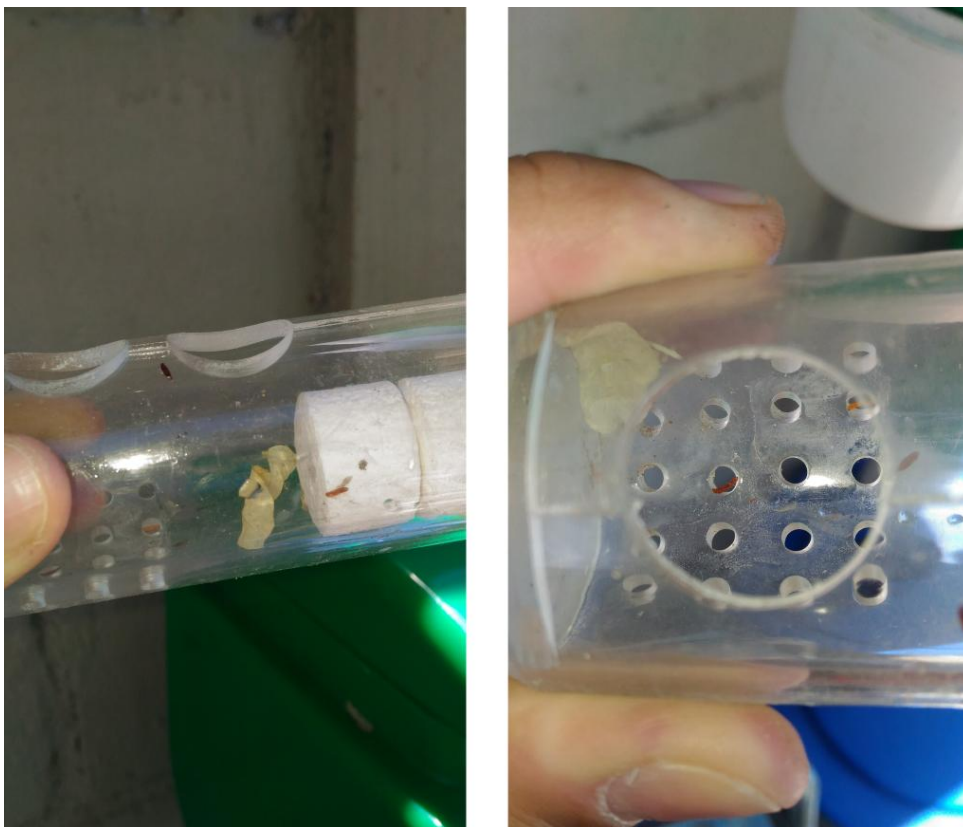


Figura 24 – Recipiente dosador de cloro.

Fonte: Acervo pessoal.

A Figura 25, apresentada no *site* do produto, sugere um modo de instalação do Chove Chuva, mostrando sua conexão aos diversos componentes: calhas, reservatório e tubulação de descarte.



Figura 25 - Exemplo de instalação do aparelho.

Fonte: <<http://www.chovechuva.com.br/>>. Acesso em 10 de dezembro de 2016.

O produto é vendido com um *kit* de análise da água para a realização de monitoramento de cloro residual e pH, 200 gramas de cloro em pastilhas, um filtro *bag* reserva e um manual de instalação e manutenção (Figura 26 e Figura 27).



Figura 26 – Produtos auxiliares vendidos com o Chove Chuva.

Fonte: Acervo pessoal.



Figura 27 – Kit para análise da qualidade da água.

Fonte: Acervo pessoal.

4.2. SISTEMA DE COLETA DA ÁGUA

O sistema de captação de água de chuva para esta pesquisa foi instalado no Centro Experimental de Saneamento Ambiental (CESA/UFRJ), localizado no campus da UFRJ, na Ilha do Fundão. O CESA é um laboratório dedicado ao ensino, pesquisa e extensão, subordinado ao Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

No local, já existia uma estrutura de aproveitamento de água de chuva decorrente de uma pesquisa de mestrado realizada por Oliveira (2007). O sistema existente contemplava dois telhados como superfície de coleta, um reservatório de descarte, um gradeamento seguido de uma cisterna e filtros de areia, que eram o objeto do estudo em questão (OLIVEIRA, 2007). Entretanto, a estrutura já se encontrava levemente desgastada, de forma que, para garantir um bom volume de água de chuva coletada, foi necessária a troca de parte do material já instalado.

Para esta pesquisa, a área de captação consistiu em um telhado ecológico composto por fibras orgânicas, betume e resina à prova de raios (OLIVEIRA, 2007), cuja área é de aproximadamente 30 metros quadrados.

A fim de coletar o volume de água de chuva que seria tratado pelo aparelho em questão, foi instalado um total de 9 metros de extensão de calhas coletoras de PVC à beira da área de captação (A_1), além de um condutor vertical de PVC e das conexões necessárias. Na

saída do produto, foi conectado um tubo PVC para conduzir a água tratada a um reservatório de 200 litros (Figura 28).



Figura 28 - Chove Chuva instalado.

Fonte: Acervo pessoal.

Neste estudo, pretendeu-se principalmente avaliar a qualidade da água tratada pelo aparelho. Por esta razão, não foi realizado o dimensionamento do reservatório. A cisterna utilizada no projeto estava disponível no CESA, de modo que, era conveniente reaproveitá-la para o experimento. O reservatório conta com um extravasador para desbordar o volume em excesso.

Para coletar a água escoada sobre o telhado, foi aproveitada a estrutura de calhas e condutores já instalada anteriormente, que conduz a água de chuva que cai sobre a outra vertente do mesmo telhado (A_2). O volume captado foi encaminhado a um reservatório, para que pudesse ser amostrado em um momento posterior à ocorrência da chuva.

Partiu-se da premissa que a Água do Telhado apresenta a mesma qualidade para toda a área de captação. É fato que a deposição de detritos e poluentes pode eventualmente ocorrer de forma desigual nas diferentes vertentes do telhado, entretanto, não há uma fonte de poluição específica que atinja apenas um dos lados. Dessa forma, pode-se

considerar que a contaminação da superfície de coleta é a mesma em toda a área, promovendo uma qualidade final da chuva percolada padrão, independente do ponto de coleta.

A Figura 29 apresenta um esquema de uma visão superior do aparato experimental instalado para análise do aparelho de tratamento de água de chuva, Chove Chuva. A área pontilhada representa a área de captação da água de chuva a ser tratada pelo Chove Chuva (em verde) e armazenada no reservatório localizado abaixo do dispositivo.

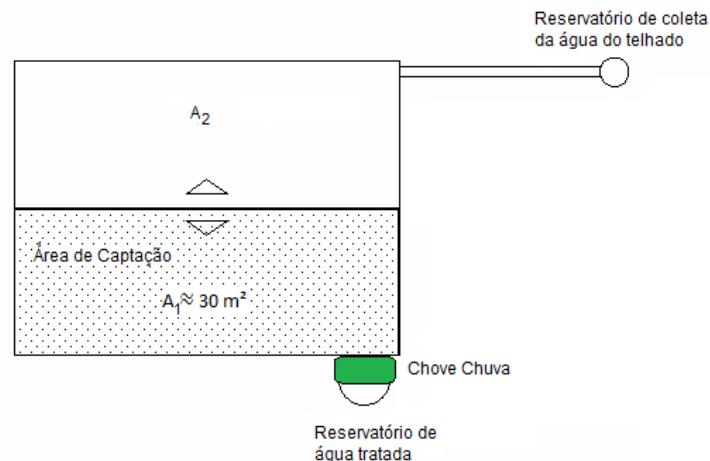


Figura 29 – Esquema do Sistema experimental de tratamento de água de chuva, instalado no CESA/UFRJ.

Fonte: Esquema realizado pela autora.

4.3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL DE COLETA E ANÁLISE

O aparelho foi instalado ao final do mês de dezembro de 2016 e testado durante o período de um mês, de 05 de janeiro a 05 de fevereiro de 2017.

Foram coletadas amostras da água do telhado (volume de água pluvial escoado sobre o telhado, sem tratamento) e da água tratada pelo aparelho. A imprevisibilidade da chuva e o curto tempo de pesquisa dificultaram a análise da água da chuva, que exigiria a coleta no momento da precipitação para que não houvesse contaminação do frasco de coleta. A água de descarte não foi analisada devido a um erro do projeto do próprio aparelho, que será comentada nos Resultados.

As coletas foram realizadas diretamente dos reservatórios de água tratada e de armazenamento de água do telhado, em um prazo máximo de um dia após a ocorrência da chuva. Depois de cada coleta, o reservatório foi esvaziado e limpo até a chuva seguinte. O cilindro filtrante foi também limpo periodicamente, a fim de evitar o seu entupimento e

assegurar a passagem de água através do aparelho, garantindo melhores condições operacionais do sistema.

As amostras foram analisadas pelo Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente (LEMA), pertencente à Escola Politécnica e foram recebidas em três dias da semana (terças, quartas e quintas-feiras), sendo processadas segundo o que preconiza o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Devido à condição de funcionamento do laboratório, as águas coletadas nos outros dias da semana foram mantidas sob refrigeração, a fim de evitar o crescimento bacteriano e manter seus parâmetros com valores constantes.

4.3.1. PARÂMETROS ANALISADOS

A escolha dos parâmetros para estudo foi feita considerando aqueles que pudessem melhor caracterizar a qualidade da água tratada, tendo como objetivo avaliar os seus possíveis usos.

- Parâmetros Físicos: Cor, Turbidez, Sólidos Suspensos Totais (SST) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV).
- Parâmetros Químicos: pH, Alcalinidade, Cloro Total e Cloro Residual Livre.
- Parâmetros Bacteriológicos: Coliformes totais e Coliformes termotolerantes.

Os parâmetros de análise foram os mesmos para ambas as águas, a fim de poder compará-los, com exceção do Cloro Total e Cloro Residual Livre, que só poderiam ser verificados na água tratada.

A maior parte dos parâmetros ficou sob a responsabilidade do laboratório, exceto as análises de turbidez e cloro, que foram realizadas in loco pela autora do trabalho, com o auxílio de um turbidímetro e um clorímetro, disponibilizados pelo LEMA. O laboratório não dispõe de um peagâmetro, de forma que não foi possível a medição do pH in loco.

As coletas feitas em um período maior do que vinte e quatro horas não tiveram os coliformes totais e termotolerantes quantificados, acordando com o previsto nas normas. Esta situação foi frequente devido à disponibilidade do laboratório em receber e analisar as amostras. Entretanto, foi feita a análise de presença e ausência, para poder se avaliar as condições microbiológicas da água tratada e a eficiência de tratamento do aparelho.

4.3.2. ANÁLISE DA ETAPA DE DESINFECÇÃO

A fim de avaliar melhor a eficiência da etapa de desinfecção do aparelho (realizada através da cloração por pastilhas), foi realizado um teste experimental utilizando água mineral engarrafada, após o período de estudo com a água de chuva. Tal experimento objetivou avaliar as concentrações de Cloro Total e Cloro Residual Livre presentes na água tratada logo na saída equipamento.

Neste sentido, foi utilizado um recipiente para armazenar a água mineral contendo um registro de pressão (Figura 30), de forma que a vazão de entrada ao aparelho pudesse ser ajustada às vazões de projeto calculadas para o teste. O recipiente foi instalado logo acima do aparelho e sua tubulação foi projetada de forma que a vazão de saída do recipiente fosse igual à vazão de entrada ao equipamento.



Figura 30 – Esquema experimental para avaliação da cloração do aparelho.

Fonte: Acervo pessoal.

Foram testados um par de pastilhas de cloro novas (vendidas com o Chove Chuva) e o par de pastilhas de cloro antigas, que tinham sido utilizadas no aparelho durante o mês do estudo anterior e que, portanto, já se encontravam desgastadas. O objetivo foi avaliar a diferença de desempenho entre pastilhas com diferentes tempos de uso.

O tempo de detenção hidráulica (tempo entre a entrada e a saída da água) do recipiente clorador também foi medido, uma vez que o tempo de reação é um dos fatores que influencia diretamente na ação do desinfetante (no caso, o cloro).

As vazões de projeto para este experimento foram calculadas com base nas chuvas ocorridas entre os dias 05 de janeiro a 05 de fevereiro de 2017, período no qual foi testado o equipamento utilizando água de chuva. Para tanto, foram utilizados os dados pluviométricos da estação meteorológica da Ilha do Governador, devido a maior proximidade com o local de estudo (ALERTA RIO, 2017).

A partir dos dados de intensidade e de duração das precipitações, foram calculadas as vazões de entrada do equipamento, referentes a cada chuva. A vazão de entrada foi calculada da seguinte forma:

$$Q = \frac{P * A * C}{t}$$

Onde:

Q = vazão de entrada no sistema (L/min);

P = precipitação (mm);

A = área de coleta = 30 m²;

C = coeficiente de *runoff* do telhado (adimensional) = 0,95;

t = tempo de duração da precipitação (min).

Como o aparelho não realiza o descarte do primeiro volume, não foi considerado o fator de captação (η).

Posteriormente, considerando o conjunto de dados obtidos, foram determinadas duas vazões para o teste: a vazão média e a vazão mediana. Optou-se por testar ambas as vazões com o objetivo de ponderar a relação entre a magnitude da vazão de entrada e a concentração de cloro na água tratada. Os resultados obtidos estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Vazões de projeto para o teste experimental.

Vazão	Q (L/min)
$Q_{\text{média}}$	2,1
Q_{mediana}	0,8

A regulação das vazões durante o experimento foi feita com a ajuda de um cronômetro e uma proveta. Após percorrer o aparelho, foram coletadas amostras diretamente da saída do aparelho, sendo as mesmas analisadas imediatamente após a coleta.

As análises foram feitas em triplicata para cada vazão (média e mediana), e para cada par de pastilhas (novas e velhas), por intermédio do clorímetro (Figura 31).



Figura 31 – Clorímetro utilizado para as análises.

Fonte: Acervo pessoal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO CHOVE CHUVA

No período experimental, foi possível analisar amostras resultantes de oito precipitações. As amostras 01 e 05 foram coletadas no momento da chuva, enquanto as outras foram realizadas em um momento posterior, diretamente dos reservatórios de acumulação. A cada precipitação foram geradas duas amostras: uma da água do telhado e outra da água tratada.

Inicialmente, pretendia-se analisar a qualidade da água de lavagem, também denominada de primeira água, que, possivelmente, fosse descartada pelo aparelho. Entretanto, não se constatou o descarte.

A fim de verificar a vazão de fato descartada pelo Chove Chuva, em um dia de sol, testou-se a sua capacidade de descarte. Com auxílio de um balde, um volume de água foi derramado nas calhas conectadas ao aparelho e não houve a rejeição de nenhuma vazão pela saída de descarte do dispositivo.

Esta observação foi o primeiro resultado relativo ao sistema de tratamento. O *first flush* (descarte) é altamente recomendado por especialistas da área e notadamente pela NBR 15.527/2007, que trata do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. A não realização desta etapa pode comprometer a qualidade prevista para água tratada e consequentemente corresponder a um risco para a segurança sanitária do usuário.

As análises dos parâmetros qualitativos de cada amostra resultaram no Quadro 6.

Quadro 6 – Qualidade das Amostras Coletadas.

Amostras		1 ¹		2		3		4		5 ¹		6		7		8		
Data de Coleta		05/01/2017		12/01/2017		13/01/2017		16/01/2017		19/01/2017		27/01/2017		03/02/2017		05/02/2017		
Data de Análise		10/01/2017		12/01/2017		17/01/2017		17/01/2017		24/01/2017		31/01/2017		07/02/2017		07/02/2017		
Parâmetros	Unidade	Telhado	Tratada	Telhado	Tratada	Telhado	Tratada	Telhado	Tratada	Telhado	Tratada	Telhado	Tratada	Telhado	Tratada	Telhado	Tratada	
Turbidez	NTU	7,4	3,9	-	3,9	2,1	1,7	4,8	2,4	8,0	6,4	5,6	4,8	2,7	2,6	2,9	4,5	
Cloro Livre	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,0	-	0,0	
Cloro Total		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,0	-	0,0
Alcalinidade		27,8	53,6	-	33,2	35,1	30,7	28,5	28,5	38,7	33,0	10,9	30,5	35,0	33,0	20,0	18,0	
SST		24,0	50,0	-	6,0	6,0	14,0	6,0	6,0	6,0	25,0	13,0	6,0	3,0	3,0	2,0	17,0	
SSF		6,0	0,0	-	4,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	14,0	7,0	1,0	1,0	2,0	2,0	15,0	
SSV		18,0	50,0	-	2,0	16,0	16,0	8,0	4,0	3,0	11,0	6,0	5,0	2,0	1,0	0,0	2,0	
ST		63,3	40,0	-	116,7	23,3	40,0	16,7	3,3	123,3	99,3	56,7	46,7	153,3	13,3	52,8	143,3	
SF		50,0	30,0	-	70,0	0,0	0,0	0,0	3,3	30,0	40,0	3,3	13,3	140,0	13,3	29,3	143,3	
SV		13,0	10,0	-	46,7	60,0	40,0	16,7	0,0	93,3	53,3	53,3	33,3	13,3	0,0	23,6	0,0	
pH	-	-	-	-	6,0	6,0	6,0	6,0	7,6	7,6	6,4	7,4	7,6	7,7	7,2	4,3		
C. Totais	NMP/100 ml	Presente	Ausente	-	>=16	-	-	24000,0	0,0	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	
C. Termo		Ausente	Ausente	-	0,0	-	-	43,0	0,0	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	
Cor	UH	53,0	36,0	-	27,0	21,0	18,0	31,0	20,0	28,0	3,0	19,0	19,0	19,0	13,0	11,0	37,0	

¹ As amostras 01 e 05 foram coletadas no momento da chuva, enquanto as outras foram realizadas em um momento posterior, diretamente dos reservatórios de acumulação.

Nota-se que a Amostra 02 consiste somente na água tratada. Não houve a coleta da Água do Telhado, devido à ocorrência de um pequeno incidente na conexão das tubulações condutoras. O rompimento de uma das conexões causou o desvio do volume de água pluvial que deveria ser reservado, impossibilitando sua coleta e análise.

A maior parte das precipitações deste mês de experimentação ocorreu em datas inconvenientes à disponibilidade laboratório, o que prejudicou a quantificação dos microrganismos. Neste caso, foram feitas análises qualitativas que indicaram apenas presença ou ausência de coliformes totais e coliformes termotolerantes. Este parâmetro foi analisado em somente 07 pares de amostras.

Tendo em vista os aspectos bacteriológicos, foi verificada a presença de Coliformes Totais em um total de 04 amostras de água tratada (das sete analisadas). Os Coliformes Termotolerantes estiveram ausentes em grande parte das amostras de água do telhado e, conseqüentemente também nas amostras de água tratada correspondentes. Houve apenas um par de amostras (Amostra 04) no qual houve a identificação de Coliformes Termotolerantes na água do telhado e verificou-se sua ausência na água tratada. Entretanto, a situação contrária também foi percebida: na Amostra 07 a concentração de microrganismos termotolerantes foi igual a zero para a Água do Telhado, entretanto constatou-se a presença destes na água tratada.

Com relação aos parâmetros Cloro Total e Cloro Residual Livre, um defeito no Clorímetro inviabilizou que a análise destes parâmetros nas Amostras 01 a 05. Os resultados obtidos nas demais amostras se apresentaram desfavoráveis, uma vez que as concentrações de Cloro Residual Livre estiveram muito baixas, próximas de 0,0 mg/l. Este resultado indica a possível presença de organismos na água reservada, uma vez que a ausência de residual é correlacionada com a manutenção de patógenos.

Destaca-se que as análises de Cloro Total e Residual são importantes para avaliar este protocolo experimental. Por isto, foi realizado um teste experimental complementar para avaliar especificamente a etapa de cloração do sistema, cujos resultados são apresentados no item seguinte. Foi priorizada a análise quantitativa facultada pelo clorímetro, por isto, o kit de análise vendido com o aparelho não foi utilizado em um primeiro momento.

Os resultados obtidos de Cloro Residual Livre foram poucos e, portanto, não são conclusivos quanto à capacidade de desinfecção do equipamento. Entretanto, no que tange os parâmetros microbiológicos, aparentemente, o aparelho não foi capaz de remover completamente os microrganismos patogênicos da água tratada.

A Cor foi caracterizada por valores que variaram entre 3 uH e 37 UH, apresentando grande discrepância nos resultados.

O valor máximo obtido para o parâmetro Turbidez nas amostras de água tratada foi igual a 6,4 uT (Amostra 05). Fora esta, todas as outras amostras de água tratada apresentaram turbidez inferior a 5,0 uT.

Os resultados relativos à concentração de SST e SSV foram discrepantes e, conseqüentemente, não são conclusivos. A remoção de sólidos não se mostrou uniforme e, em alguns casos, não foi sequer constatada (a concentração de sólidos na água tratada foi superior à água do telhado). Isto poderia indicar uma possível deficiência dos processos de filtração existentes no equipamento, em especial do filtro bag, responsável pela retenção das partículas menores.

De maneira geral, não foi possível observar um padrão entre os valores obtidos para os parâmetros analisados, com exceção do pH que se manteve dentro do que é recomendado – na faixa de 6,0 a 8,0 – apresentando apenas um resultado de acidez elevada na última amostra de água tratada coletada, destoando das demais amostras.

Considerando que o tempo de avaliação do equipamento foi curto e que as dificuldades experimentais enfrentadas influenciaram na qualidade dos dados obtidos, não se pode afirmar que o aparelho não é eficiente quanto ao tratamento da água de chuva. Entretanto, devido à presença de coliformes em algumas amostras e à variabilidade da qualidade da água tratada, entende-se que o aparelho não é muito eficiente no atendimento aos padrões requeridos para fins potáveis.

5.1.1. AVALIAÇÃO DA ETAPA DE DESINFECÇÃO

A fim de suprir a falta de resultados relativos à capacidade de cloração do equipamento, foi realizado um teste experimental utilizando água mineral engarrafada, cujo único objetivo foi quantificar o Cloro Total e o Cloro Residual Livre na água tratada pelo aparelho. Foram consideradas diferentes vazões de teste e pastilhas com diferentes tempos de uso (as utilizadas durante o estudo anterior e novas).

A água mineral utilizada tinha uma concentração mínima de cloro, que foi quantificada (Tabela 3) e deduzida da concentração encontrada na água tratada. Os resultados médios obtidos através das análises em triplicata, para cada pastilha, estão apresentados nas Tabelas 4 e 5 a seguir.

Tabela 3 – Cloro Total e Residual Livre na água mineral utilizada.

Água Mineral	
Parâmetro	Concentração (mg/L)
Cloro Total	0,025
Cloro Residual Livre	0,02

Tabela 4 – Cloro Total e Residual Livre na água tratada considerando as pastilhas usadas.

Pastilhas Usadas		
	Cloro Total (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)
Q média	1,30	1,30
Q mediana	0,62	0,60

Tabela 5 – Cloro Total e Residual Livre na água tratada considerando as pastilhas novas.

Pastilhas Novas		
	Cloro Total (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)
Q média	1,78	1,68
Q mediana	1,87	1,74

Nota-se que as pastilhas antigas tiveram concentrações menores de Cloro Total e Cloro Residual Livre do que as pastilhas novas, tanto para a vazão maior (Qmédia), quanto para a menor (Qmediana), o que era o esperado.

Percebe-se que para a menor vazão de projeto (Qmediana), as pastilhas usadas apresentaram valores bem inferiores de cloro do que aqueles obtidos com a maior vazão de teste (Qmédia), enquanto o contrário aconteceu para as pastilhas novas: concentrações mais altas de Cloro Total e Cloro Residual foram observadas para a menor vazão. No entanto, cabe destacar que os valores encontrados foram próximos para ambas as vazões quando da utilização das pastilhas novas.

Estes resultados podem indicar que, conforme vão sendo desgastadas com o uso, as pastilhas perdem sua capacidade e eficiência de cloração neste equipamento. Em especial, para precipitações de baixa intensidade, uma vez que a maior concentração de cloro na água tratada por pastilhas antigas parece estar associada à erosão da pastilha pela força da água chuva.

A concentração e o tempo de reação do desinfetante determinam a ação do desinfetante (MEYER, 1994). Levando isto em conta e considerando que o tempo de detenção hidráulico do recipiente clorador medido foi de aproximadamente 1,5 segundo, pode-se intuir que o desempenho da cloração é prejudicado pela soma de dois fatores: decaimento do cloro presente na pastilha (menor concentração desinfetante) e baixo tempo de reação.

Esta avaliação pode auxiliar na compreensão dos valores mínimos de cloro encontrados durante o estudo do aparelho com água de chuva (apresentados no Quadro 6, no item anterior). Nota-se que a capacidade de cloração do aparelho não é nula e, portanto, outros fatores devem influenciar na manutenção de cloro residual livre (necessário à desinfecção).

O decaimento de cloro na pastilha pode ter ocorrido não só pelo desgaste das mesmas quando da ocorrência de chuvas, mas também devido às altas temperaturas que ocorrem nesta época do ano no Centro Experimental (CESA), que podem ter favorecido a volatilização do cloro destas. A exposição ao calor também pode ter causado a diminuição de cloro residual da água tratada.

Outra hipótese para o decaimento do cloro na água tratada é de uma possível reação do cloro com outros compostos, carregados pela água de chuva, que podem ter passado pelo processo de filtração. Segundo JORDÃO E PESSOA (2014), a demanda de cloro consiste na perda do cloro adicionado em reações secundárias devido à presença de substâncias nitrogenadas, aromáticas, orgânicas, de certos metais. Tais reações podem gerar cloraminas (cloro residual combinado), cujo poder desinfetante é bastante reduzido, quando comparado ao do Cloro Residual Livre; e trihalometanos, que podem apresentar efeitos tóxicos quando ingeridos.

Estas potenciais reações secundárias podem ser favorecidas pelo fato da etapa de filtração fina do aparelho se dar depois da etapa de desinfecção. Posto isto, entende-se que há um erro na concepção do equipamento que pode prejudicar a eficiência da cloração e ainda gerar compostos nocivos à saúde humana. Tal questão pode ser agravada pelo fato de o aparelho também não fazer o descarte da água de lavagem, uma vez que há um aporte ainda maior de poluentes para o recipiente clorador.

A adição de mais pastilhas no recipiente clorado – além do que é indicado pelo fabricante, pode ser uma solução para que se garanta uma concentração de cloro residual livre satisfatória. Entretanto, outros estudos devem ser feitos para comprovar o resultado desta ação.

5.2. POSSÍVEIS USOS

Tendo em vista as normas NBR 13.969/97 e NBR 15.527/07, principais referências de padrões de qualidade que podem ser levadas em conta para a água de chuva, e a Portaria Nº 2914/11, uma vez que o fabricante se propõe a vender um sistema de suprimento de água potável, são apresentados no Quadro 7 abaixo os valores dos principais parâmetros a serem avaliados e os valores encontrados nesta pesquisa durante a avaliação do sistema de tratamento do Chove Chuva.

Quadro 7 – Principais parâmetros e valores a serem considerados.

Parâmetros	Portaria Nº 2914/11	NBR 15.527/07	NBR 13.969/97		Resultados obtidos dessa pesquisa
			Classe 1	Classe 2	
Cloro Residual Livre (mg/L)	0,2 - 5,0	0,5 – 3,0	0,5 - 1,5	>0,5	0,0 - 0,1 ² 0,6 – 1,3 ³
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	0	0	<200	<500	Presença eventual.
Cor (UH)	15,0	<15,0	-	-	3,0 – 37,0
pH	6,0-9,5	6,0-8,0	6,0-8,0	-	4,3 – 7,6
Turbidez (uT)	5,0	<2,0. Para fins menos restritivos: <5,0	< 5,0	< 5,0	1,7 – 6,4

Com relação aos Coliformes Termotolerantes, a água tratada pelo Chove Chuva não poderia ser utilizado para fins não potáveis mais restritivos, tornando impróprio o consumo direto. Os resultados obtidos com relação à análise de patógenos não foram ideais, porém indicaram a potencial presença de organismos patogênicos na água tratada, o que gera dúvidas sobre a garantia de segurança sanitária dos usuários.

Outras análises de quantificação de coliformes deveriam ser feitas para se chegar a resultados conclusivos sobre os possíveis usos da água tratada pelo aparelho. Todavia, considerando que houve a presença de coliformes em duas das oito amostras analisadas, pode-se sugerir, segundo os aspectos microbiológicos, que a água tratada seja destinada

² Teste com água de chuva.

³ Teste complementar da desinfecção. Valores obtidos quando da utilização das pastilhas antigas, para efeitos comparativos.

para fins não potáveis adequados às Classes 1 e 2 (NBR 13.969/97) e não seja utilizada para fins potáveis.

Os valores de turbidez encontrados para a água tratada pelo sistema estiveram em sua maioria abaixo do patamar exigido para fins não potáveis menos restritivos. A Cor esteve acima do valor máximo estabelecido pelos padrões de qualidade de água levantados pela NBR 15.527/2007 e pela Portaria nº2914/2011 em 75% das amostras de água tratada analisadas, não enquadrando o reuso dessa água de chuva aos fins mais restritivos. Já o pH da água tratada foi o único parâmetro que esteve apropriado em todas as amostras, com exceção da última, que apresentou um valor muito baixo.

As concentrações de Cloro Residual Livre encontradas nas amostras analisadas de água de chuva tratada foram ínfimas e impossibilitaria o seu uso para fins não potáveis mais restritivos (NBR 15.527/07), para fins que requeiram contato direto do usuário com a água (Classe 1 pela NBR 13.969/97), bem como para atividades como lavagens de piso e irrigação de jardins (Classe 2 pela NBR 13.969/97). Desta forma, os únicos usos possíveis seriam: o reuso nas descargas dos vasos sanitários (Classe 3); reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual (Classe 4). Além de também ser própria para utilização em sistemas de combate a incêndio.

Segundo o teste experimental complementar realizado, a concentração mínima deixada pelo aparelho no tratado foi de 0,6 mg/L. Considerando todos os parâmetros analisados, caso esta concentração fosse mantida na água reservada, os possíveis fins para a água de chuva tratada por este aparelho seriam todos aqueles previstos pela NBR 13.969/97, incluído também lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes (Classe 1); e lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins; manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos (Classe 2).

Considerando os resultados obtidos nas análises, conclui-se que o tratamento fornecido pelo aparelho à água de chuva não foi capaz de enquadrá-la nos padrões exigidos para usos mais restritivos.

5.3. CORRELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E QUALIDADE

De maneira a melhor entender a variabilidade da qualidade da água de chuva bruta – água do telhado – buscou-se correlacionar os parâmetros Cor e Turbidez com a pluviometria,

considerando para tanto a altura da chuva amostrada e o volume total precipitado nos quatro dias anteriores a coleta.

Entende-se que maiores volumes precipitados resultam em uma maior diluição dos poluentes e, portanto, em uma melhor qualidade da água tratada. Além disso, quanto maior for a distância temporal entre uma chuva e outra, ou quanto menor for o volume precipitado entre cada coleta, maior é o acúmulo de contaminantes na área de captação, resultando em uma piora na qualidade da água.

Os dados pluviométricos⁴ da estação meteorológica da Ilha do Governador foram obtidos para esta análise, devido a maior proximidade desta com o local do experimento. O período de tempo de quatro dias considerado para a análise do volume precipitado acumulado foi arbitrado.

A Quadro 8 apresenta os dados pluviométricos relativos a cada amostra, bem como os valores encontrados para Cor e Turbidez. A amostra 02 não foi considerada, uma vez que não foi possível coletar a água do telhado nesta campanha.

Quadro 8 – Dados pluviométricos, Cor e Turbidez por amostra.

Amostra	Data da coleta	Volume precipitado acumulado nos 04 dias anteriores (mm)	Precipitação relativa à coleta em questão (mm)	Cor Telhado (uH)	Turbidez telhado (uT)
01	5/1	0,20	11,4	53,0	7,4
03	13/1	32,40	4,6	21,0	2,1
04	16/1	8,60	4,0	31,0	4,8
05	19/1	1,20	20,0	28,0	8,0
06	27/1	28,00	4,6	19,0	5,7
07	3/2	0,00	14,6	19,0	2,7
08	5/2	15,20	9,4	11,0	2,9

A fim de melhor visualizar a correlação entre os dados, foram plotados gráficos correlacionando cada parâmetro a cada variável pluviométrica considerada: a precipitação relativa à chuva coletada e, então, o volume de chuva acumulado nos 04 dias que antecederam à chuva coletada (Figura 32 e Figura 33).

⁴ Dados obtidos através do ALERTA RIO (2017). Disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/download/dados-pluviometricos/>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2017.

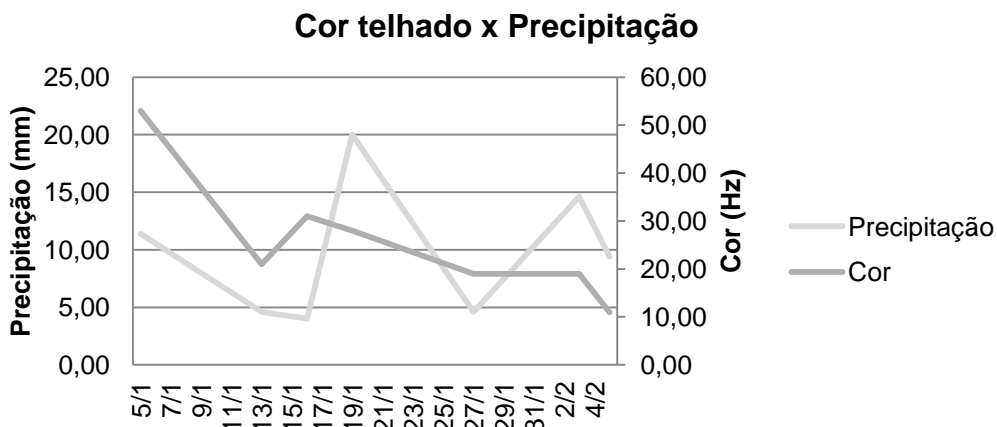


Figura 32 – Cor x Precipitação

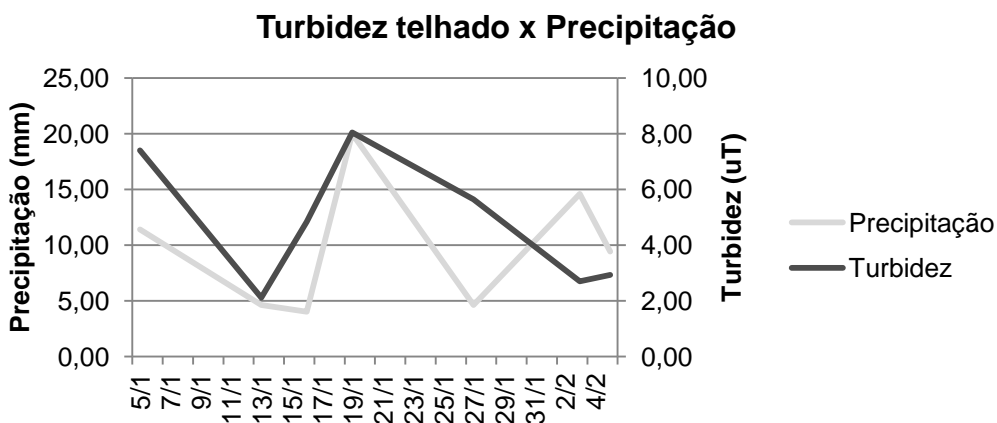


Figura 33 – Turbidez x Precipitação

Com relação à altura da precipitação referente à chuva amostrada, não foi possível estabelecer uma relação direta entre as variáveis analisadas. Era esperado que maiores volumes precipitados ocasionariam menores valores de Cor e Turbidez. Entretanto, isto não foi constatado. Na coleta feita no dia 19 de janeiro, por exemplo, cuja chuva amostrada foi a de maior volume, o resultado de Turbidez também foi o maior obtido.

Considerando o volume precipitado acumulado nos dias anteriores à data da chuva amostrada, por outro lado, pode-se notar alguma similitude entre os dados (Figura 34 e Figura 35). Como esperado as amostras de águas de telhado que foram precedidas por chuvas de maior intensidade, resultaram em menores valores de turbidez e cor, de uma maneira geral. Todavia, não existe uma relação explícita, possível de ser discretizada.

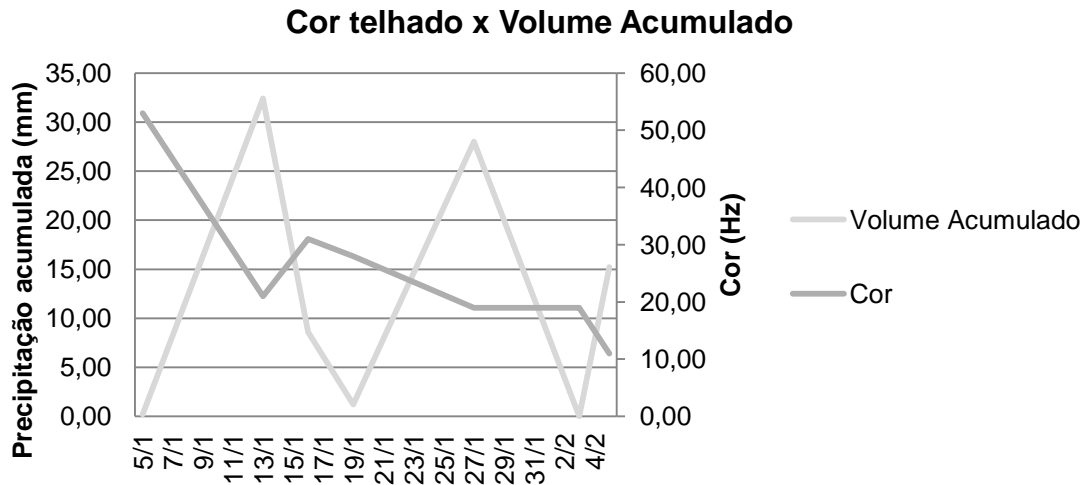


Figura 34 - Cor x Volume Acumulado

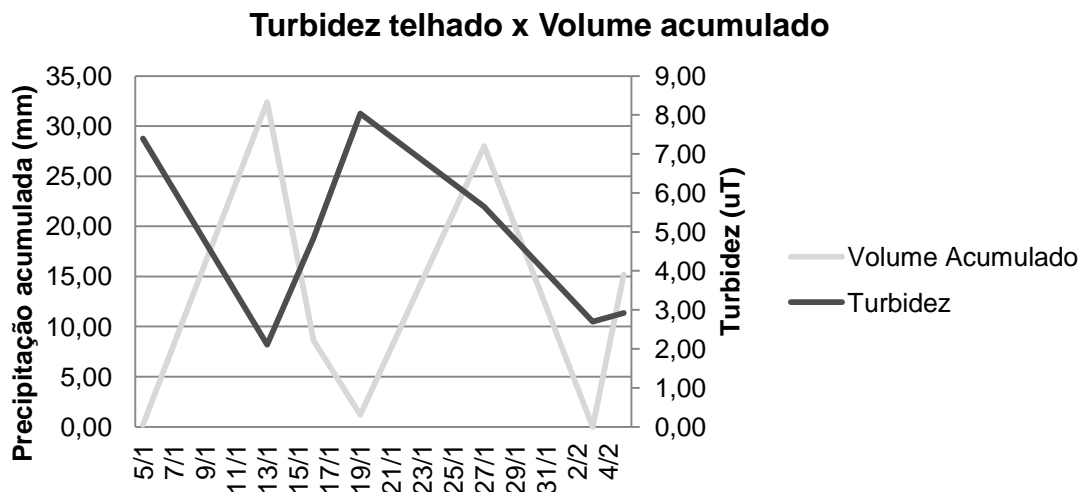


Figura 35 – Turbidez x Volume Acumulado

Os resultados obtidos não permitiram identificar uma correlação padrão entre a qualidade da água e os índices pluviométricos considerados. De acordo com gráficos, pode-se esperar que quanto maior for o período de estiagem (entre chuvas), pior será a qualidade da água do telhado devido ao acúmulo de contaminantes, entretanto não há uma relação de interdependência direta entre as variáveis.

Há, portanto, uma grande dificuldade em prever a qualidade de água bruta aflrente ao equipamento, cuja variabilidade pode prejudicar o tratamento da água, se não for levada em consideração. Considerando que o desempenho da cloração é sensível a esta variável, torna-se fundamental prever um dispositivo de proteção do clorador e evidencia-se a importância da localização do dispositivo de filtração anteriormente à etapa de desinfecção.

5.4. ANÁLISE CRÍTICA DO EQUIPAMENTO

O Chove Chuva é um aparelho vendido comercialmente que tem como proposta o tratamento de água de chuva para consumo tanto para fins não potáveis quanto para o consumo direto. Entretanto, segundo os resultados obtidos durante esta pesquisa, o equipamento parece não fornecer uma água tratada de qualidade apropriada para os usos potáveis sugeridos pelo fabricante. Além disso, o equipamento, como uma tecnologia de engenharia de fácil acesso ao público, apresenta outras inconformidades.

O principal problema do aparelho é a qualidade da água tratada. Contrariando o que é previsto pela NBR 15.527/2007, o equipamento é comercializado com o objetivo de tornar possível o consumo potável da água da chuva (Figura 36). Além disso, o fabricante sugere em seu site que seja feita “conexão cruzada” através do bombeamento da água de chuva tratada para o reservatório de água potável do consumidor (Figura 37), contrariando novamente a NBR 15.527/2007 e apresentando grande risco sanitário ao usuário.



Figura 36 - Propaganda extraída do site do fabricante.

Fonte: <<http://www.chovechuva.com.br/>>. Acesso em 10 de dezembro de 2016.

Com relação à concepção do seu sistema de tratamento, pode-se citar o fato de não haver o descarte da primeira água como é previsto. Tal deficiência vai novamente contra ao que é recomendado pela NBR 15.527/07, e compromete o desempenho do aparelho, uma vez que a água de lavagem carrega a maior parte dos contaminantes, incluindo microrganismos patogênicos resistentes à cloração.

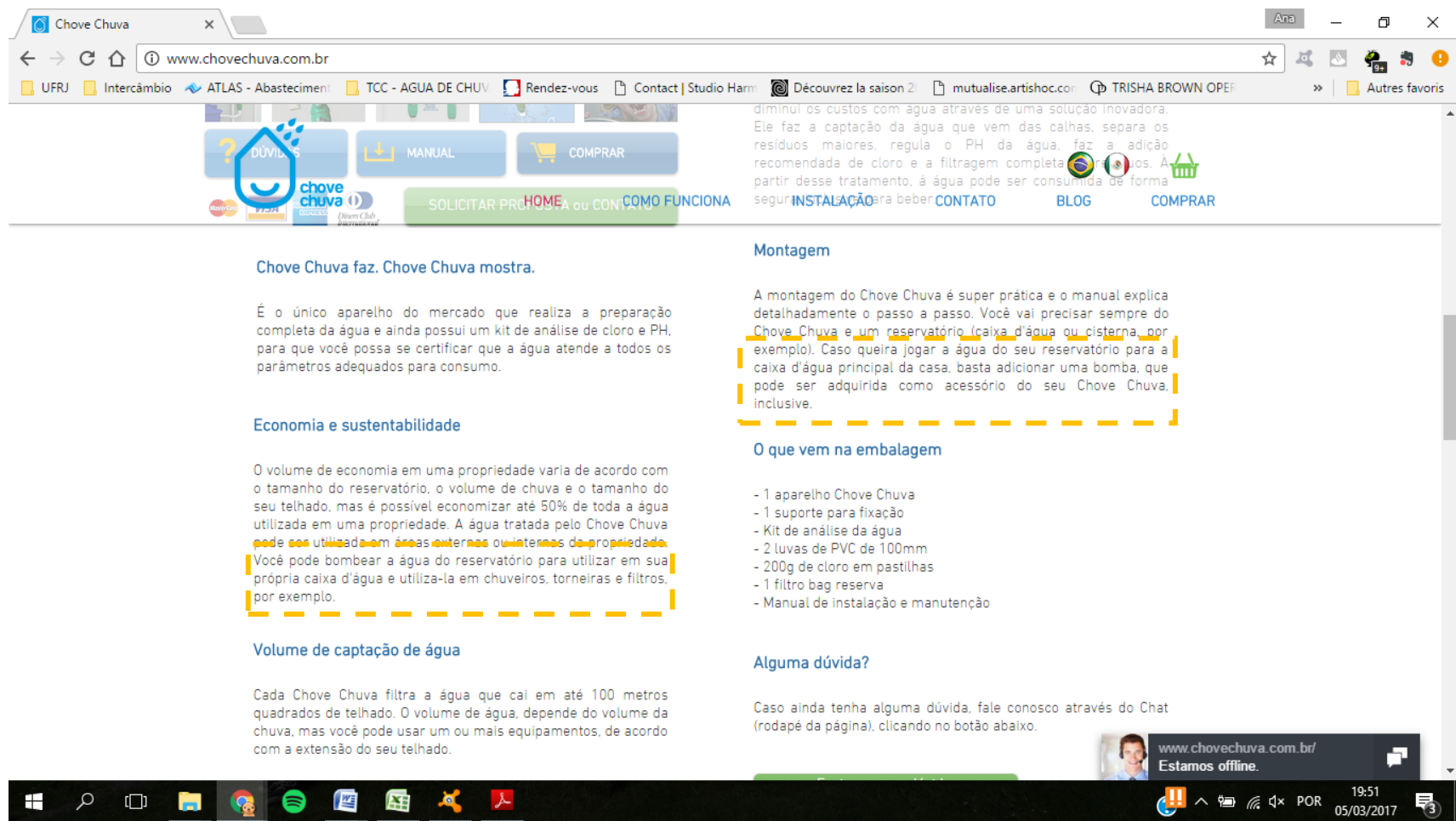


Figura 37 – Página principal do site do produto.
Fonte: <<http://www.chovechuva.com.br/>>. Acesso em 05 de março de 2017.

Ainda no que concerne ao tratamento da água, o dosador de cloro, componente principal do tratamento final da água de chuva, não é corretamente concebido. Não é indicada no próprio equipamento qual a dosagem que está sendo aplicada. No manual, indica-se a direção que o usuário deve girar o recipiente dosador para regulação da dosagem, porém não há um impedimento à rotação para nenhum dos dois lados. Dessa forma que o usuário não é capaz de saber claramente como regular de forma adequada a dose de cloro aplicada.

A julgar pela manutenção do sistema, não são indicadas as especificações dos dispositivos auxiliares como as pastilhas de cloro e filtro, nem onde o consumidor pode encontrar outros quando da necessidade de reposição. Isto pode prejudicar a manutenção do equipamento, bem como afetar a qualidade da água tratada.

Durante a pesquisa, foi constatado o acúmulo de água no interior do aparelho (Figura 38 e Figura 39), de forma que, sem a devida atenção, o aparelho pode ser um foco para proliferação de vetores como o mosquito da dengue.



Figura 38 - Verificação de acúmulo de água com resíduos no interior do Chove Chuva.

Fonte: Acervo pessoal.



Figura 39 – Marca do nível da água acumulada no interior do equipamento.

Fonte: Acervo pessoal.

Outra questão relativa ao Chove Chuva a ser apontada como deficiente é o seu Manual de Instalação e Manutenção (ANEXO 1), que vem na embalagem do produto. O manual não fornece algumas orientações que são essenciais para o bom funcionamento do sistema e para a segurança hídrica do usuário, entre elas:

- Não cita que o aparelho deve ser instalado ao abrigo da luz solar e do calor, como é recomendado pela NBR 15.527/07 – fator que pode contribuir para o crescimento de algas, proliferação bacteriana e com a volatilização do cloro presente nas pastilhas, prejudicando a etapa da desinfecção;
- Recomenda conexão a um reservatório disponível, não fazendo a ressalva de que não deve ser usado o reservatório de água potável;
- Cita a antiga Portaria de Potabilidade e não a Portaria nº 2.914/11;
- Recomenda a limpeza dos componentes, mas não dá instruções detalhadas quanto à limpeza do reservatório, fundamental para a garantia de qualidade da água.
- Não há instruções detalhadas sobre o monitoramento e o período entre análises.

Considerando que o aparelho é um produto de fácil obtenção pela população, o usuário pode ignorar os devidos cuidados necessários ao sistema de tratamento e à potabilidade.

Dessa forma, ainda que o aparelho apresentasse resultados enquadrados nos padrões estabelecidos, as instruções dadas são muito simples e podem não orientar corretamente o consumidor, apresentando um grande risco sanitário ao usuário.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O equipamento é um produto que consiste em um sistema de tratamento de água comercialmente vendido que pode ser facilmente adquirido pela população. Entretanto, segundo os resultados obtidos durante esta pesquisa, o equipamento não garante uma qualidade própria para os usos potáveis sugeridos pelo fabricante.

A primeira constatação relativa ao sistema de tratamento proposta pelo Chove Chuva é a não ocorrência da etapa de descarte da primeira água de chuva (água de lavagem). A não realização desta etapa é contrária à recomendação de especialistas da área e notadamente da NBR 15527/2007, e pode comprometer a qualidade prevista para água tratada e conseqüentemente corresponder a um risco para a segurança sanitária do usuário.

Os resultados relativos à concentração de SST e SSV foram discrepantes e, conseqüentemente, não são conclusivos. Notou-se que a remoção de sólidos não foi uniforme e, em alguns casos, não foi sequer constatada. Enquanto os valores encontrados para Cor apresentaram grande variabilidade e estiveram frequentemente acima do valor máximo estabelecido pelos padrões de qualidade de água levantados pela NBR 15.527/2007 e pela Portaria nº2914//2011, a Turbidez, entretanto, esteve majoritariamente abaixo do valor estabelecido pela norma para fins menos restritivos.

De maneira geral, não foi observado um padrão entre os valores obtidos para os parâmetros analisados, os quais variam bastante. Na tentativa de entender a oscilação da qualidade da água de chuva afluyente ao aparelho, foram analisadas as possíveis correlações existentes entre os parâmetros Cor e Turbidez com a pluviometria. Constatou-se que, para as amostras coletadas, não foi possível estabelecer uma relação direta entre os parâmetros e a altura de chuva precipitada. No entanto, considerando o volume precipitado acumulado nos dias anteriores à data da chuva amostrada, notou-se correlação entre os dados. Todavia, não houve sucesso em detectar uma relação explícita de interdependência.

Há, portanto, uma grande dificuldade em prever a qualidade de água bruta afluyente ao equipamento, cuja variabilidade pode prejudicar o tratamento da água pelo aparelho.

Considerando que o desempenho da cloração é sensível ao aporte de sólidos devido à possível ocorrência de reações secundárias entre o cloro e outros compostos, torna-se fundamental prever um dispositivo de proteção do clorador, a fim de estabelecer uma qualidade da água bruta mais homogênea e logo, garantir a eficiência da etapa de desinfecção. Evidencia-se a importância da localização do dispositivo de filtração anteriormente à etapa de desinfecção, o que não ocorre no Chove Chuva, onde o filtro fino é localizado após a o recipiente clorador.

Quanto à etapa da desinfecção, verificou-se que o aparelho não foi capaz de garantir a ausência de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes em 100% das amostras de água de chuva tratada. Ainda, as concentrações de Cloro Total e Cloro Residual Livre encontradas para as amostras analisadas foram ínfimas, quase nulas, pondo em dúvida a sua proposição de potabilização da água da chuva.

Como as análises de cloro não foram realizadas em todas as amostras durante a avaliação do aparelho com água de chuva devido a problemas experimentais, foi realizado um teste complementar em batelada para avaliação da etapa de desinfecção, cujo único objetivo foi quantificar o Cloro Total e o Cloro Residual Livre na água tratada pelo aparelho. Conclui-se que o aparelho realiza a cloração e que as pastilhas utilizadas durante o mês de avaliação do equipamento apresentaram menor capacidade de cloração frente a pastilhas novas.

A constatação de Cloro Residual Livre quando da realização da avaliação etapa de desinfecção foi contrária aos primeiros resultados obtidos de forma que algumas hipóteses foram levantadas para explicar a diferença de qualidade entre a qualidade da água tratada na saída do aparelho e a qualidade da água armazenada. Entre elas, estão: baixo tempo de reação; decaimento do cloro da água tratada devido ao calor do local; possíveis reações secundárias. A adição de mais pastilhas no recipiente clorador – além do que é indicado pelo fabricante, pode ser uma solução para que se garanta uma concentração de cloro residual livre satisfatória. Entretanto, outros estudos devem ser feitos para comprovar o resultado desta ação. Sugere-se também a realização de pesquisas relacionadas ao decaimento do Cloro em pastilhas de cloro.

Considerando os resultados obtidos nas análises, conclui-se que o tratamento fornecido pelo aparelho à água de chuva não foi capaz de enquadrá-la nos padrões exigidos para usos mais restritivos, notadamente os fins potáveis. Estes aparentemente não devem ser considerados como uma opção pelo usuário, conforme garante o fabricante.

Dentre os principais parâmetros de qualidade considerados para a análise dos possíveis destinos da água de chuva tratada pelo aparelho, o Cloro Residual Livre é fator limitante. A

quase nula concentração encontrada na água de chuva tratada possibilita o uso desta somente para: reuso nas descargas dos vasos sanitários (Classe 3 – NBR 13.969/97) e reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual (Classe 4 – NBR 13.969/97).

Todavia, se a concentração de cloro fosse mantida tal qual a que foi constatada durante o teste complementar realizado, os possíveis fins para a água de chuva tratada por este aparelho seriam todos aqueles previstos pela NBR 13.969/97, incluído também lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes (Classe 1); e lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins; manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos (Classe 2).

A análise crítica do Chove Chuva como um produto comercial leva à conclusão que o mesmo apresenta inadequações, como a promessa de potabilização da água de chuva. Constatou-se também que faltam orientações essenciais ao usuário para que haja o bom funcionamento do sistema e a garantia da segurança hídrica do consumidor. Além disso, o aparelho acumula água em seu interior podendo ser um foco para proliferação de vetores.

Em conclusão, os erros de tratamento do sistema exigem esforço e cuidados muito grandes do usuário final no que diz respeito à manutenção e monitoramento. Usuário, este, que muitas vezes desconhece os cuidados necessários à água consumida diretamente e confia no que é vendido pelo fabricante.

Os benefícios trazidos pela utilização da água da chuva são evidentes e esta prática está alinhada com o uso racional e conservação da água. No entanto, ainda faltam no Brasil a institucionalização e a regulamentação desta iniciativa, sendo necessárias normativas e a criação de políticas que estimulem a adoção de sistemas de aproveitamento. Desta forma, o desenvolvimento dos sistemas de captação e tratamento de água de chuva seria conduzido de forma segura, garantindo o uso desta fonte alternativa de abastecimento de acordo com princípios técnicos adequados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012/** Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil); FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO – SISDUCON-SP. **Conservação e Reúso da Água em Edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil:** Informe 2014. Encarte Especial sobre a Crise Hídrica. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2015.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater,** 20^a.ed. Washington: American Water Works Association, Water Environmental Federation, 1998.

ALERTA RIO. **Sistema de Alerta da Prefeitura do Rio de Janeiro.** Disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/download/dados-pluviometricos/>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2017.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES).** 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA Brasil). **Programa 1 milhão de Cisternas – P1MC.** Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>. Acesso em: 05 de jan. 2017.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Instalações de Águas Pluviais: NBR 10.844.** Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Tanques sépticos unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos projeto, construção e operação: NBR 13.969.** Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº. 274, de 29 de novembro de 2000.** Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2017.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Publicada no Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, em 09 de janeiro de 1997.

BRASIL. **Lei nº 12.873, de 24 de outubro de 2013.** Institui o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água - Programa Cisternas, entre outras providências. Publicada no Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, em 25 de outubro de 2013.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934.** Decreta o Código de Águas. Publicado no Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, em 20 de julho de 1934.

BRASIL. **Decreto nº 8.038, de 4 de julho de 2013.** Regulamenta o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água - Programa Cisternas, e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, em 5 de julho de 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 dez. 2011.

COSCARELLI, A. P. F. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em uma atividade industrial: estudo de caso de uma edificação a ser construída, Rio de Janeiro, RJ.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CURITIBA. Lei nº 10.785, de 18 de Setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE. Paraná, 2003.

DANTAS, G. T. **O IPTU verde como instrumento de efetividade da função socioambiental da propriedade privada urbana.** 2014. 144 f. Dissertação (Programa de Mestrado em Direito) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

DIAS, A. P. Água – Procedimentos economizadores de água, aproveitamento de águas pluviais, gestão das águas visando sustentabilidade em planejamento urbano e construções. In: Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro – SEA – e Governos Locais pela Sustentabilidade – ICLEI (eds). **Teoria e Prática em Construções Sustentáveis no Brasil.** Projeto CCPS, 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://download.rj.gov.br/documentos/10112/1312245/DLFE56325.pdf/03_SECAOII_2_A_GUA_docfinal_rev.pdf>. Acesso em: 17 de dezembro de 2016.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa.** FUNASA, Brasília, 2014.

GALVÃOI, J.; BERMANN, C.J.. **Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas.** In: Estudos Avançados/Universidade de São Paulo. Instituto de Estudos Avançados. Vol. 29, n. 84 (2015) – São Paulo: IEA, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v29n84/0103-4014-ea-29-84-00043.pdf>>. Acesso em: 09 de dezembro 2016.

GARRIDO NETO, P. S. **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: Elaboração de dois projetos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e pratica sustentável na construção civil.** 2012. Projeto de Graduação em Engenharia Civil. UFRJ, Escola politécnica, 2012.

GNADLINGER, J. A Contribuição da Captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro – Uma abordagem focalizando o povo. In: **Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido**, 2001, Campina Grande, PB, Brasil. 21 a 23 de novembro de 2001. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/simpósio/3simp_johann_acontribuicaodacaptacaodeaguadechuva.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2017.

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. Associação Internacional de Sistemas de Coleta de Águas de Chuva. In: 2º Fórum Mundial da Água, Haia, Holanda, 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2017.

GONÇALVES, R.F. **Projeto PROSAB: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Ricardo Franci Gonçalves (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352p. 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf>. Acesso em: 12 de dezembro de 2016.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ; SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE ; INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Plano Estadual de Recursos Hídricos** – Rev. 01, Agosto de 2012. Disponível em: <<http://www.hidro.ufrj.br/perhi/documentos/R3-A%20-%20RT-04.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

GOVERNO FEDERAL. **Portal da Legislação**. Disponível em: <<https://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/fraWeb?OpenFrameSet&Frame=frmWeb2&Src=/legisla/legislacao.nsf%2FFrmConsultaWeb1%3FOpenForm%26AutoFramed>>. Acesso em: 01 dez. 2016.

HEIJNEN, H. **Captação de Água de Chuva Qualidade d' Água e Saúde**. In: 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 2012 – Campina Grande-PB. Disponível em: <http://www2.al.rs.gov.br/forumdemocratico/LinkClick.aspx?fileticket=Zv8iFiAtyTk%3D>. Acessado em 05 de fevereiro de 2017.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. **Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 307-316, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010 – Características Gerais da População**. Resultados da Amostra. IBGE, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_brasil_zip.shtm>. Público acesso em dez de 2016.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO – INSA. Sinopse **do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande – PB, INSA: 2012. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/wp-content/themes/insa_theme/acervo/sinopse.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2017.

JÓ, Aline Chieka. **Balço hídrico e energético de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Campinas - Campinas, 2011.

JORDÃO, E.P; PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014.

LEE, K. T. *et al.* Probabilistic design of storage capacity for rainwater cistern systems. **J. agric. Engng Res**, v. 3, n. 77, p. 343-348, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021863400905973>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

MARINGÁ. **Lei nº 6.345, de 15 de outubro de 2003**. Institui o programa de reaproveitamento de águas de Maringá. Paraná, 2003.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MAY, S. **Caracterização, Tratamento e Reúso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações**. 2009. 223 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MEYER, S. T. **O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública**. Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110, Jan/Mar, 1994.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E AGRÁRIO (MDSA). Programa Cisternas. Disponível em: <<https://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/programa-cisternas>>. Acessado em 10 dez. 2016.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E AGRÁRIO (MDSA). Assessoria de Comunicação Social. **Programa Cisternas entrega 54 mil tecnologias de acesso à água para famílias do Semiárido.** Disponível em: <http://www.mds.gov.br/webarquivos/sala_de_imprensa/boletins/release/2016/novembro/16112016_boletim_cisterna.html>. Acesso em: 30 nov. 2016.

NITERÓI. **Lei nº 2.626, de 30 de dezembro de 2008.** Dispõe sobre a instalação de sistemas de aquecimento solar de águas e do aproveitamento de águas pluviais na construção pública e privada no município de niterói e cria a comissão municipal de sustentabilidade urbana. Niterói, 2008.

NITERÓI. **Lei nº 2.630, de 07 de janeiro de 2009.** Disciplina os procedimentos relativos ao armazenamento de águas pluviais para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública. Niterói, 2009.

NITERÓI. **Lei nº 2.856 de 25 de Julho de 2011.** Estende as obrigações da Lei nº 2630, de 07 de janeiro de 2009, instituindo mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas. Niterói, 2011.

OLIVEIRA, 2007 C. L. **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no município do Rio de Janeiro.** 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2007.

PROGRAMAS DO GOVERNO. Política de Cisternas. Disponível em : <<http://www.programadogoverno.org/politica-de-cisternas/>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

REIS E SILVA, D. F.. **Aproveitamento da Água de Chuva Através de Um Sistema de Coleta com Cobertura Verde: Avaliação da Qualidade da Água Drenada e Potencial de Economia de Água Potável.** 2014. 110 f. Projeto de graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014.

REVISTA TÉCNICA. **Como Construir - Sistema de aproveitamento de água de chuva .** Edição nº148. Julho de 2008. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/148/artigo286613-1.aspx>>. Acessado em: janeiro de 2017

RIO DE JANEIRO. **Decreto Municipal nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004.** Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Diário Oficial do Município, Rio de Janeiro, 02 fev. 2004. Disponível em: <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil/Arquivos/PDF/D23940M.PDF>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

RIO DE JANEIRO. **Decreto Municipal Nº 42.776 de 1º de janeiro de 2017.** Estipula o prazo de 120 (cento e vinte) dias para que a Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente e a Secretaria Municipal de Fazenda apresentem Plano para instituir o Imposto Predial e Territorial Urbano Verde - IPTU Verde na Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.sinduscon-rio.com.br/n_agenda/d_020117/42776.pdf>. Acessado em dez de 2016.

RIO DE JANEIRO. **Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro 2005.** Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/documents/91265/148105/21_ResConjsmgsmosmu01-05-Dec23940.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016.

SÃO PAULO. **Lei nº 13.276, de 4 de janeiro de 2002.** Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Publicada na Secretaria do Governo Municipal, em 04 de janeiro de 2002. Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=05012002L%20132760000>. Acesso em: 20 nov. 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE DO RIO DE JANEIRO; GOVERNOS LOCAIS PELA SUSTENTABILIDADE. **Teoria e Práticas em Construções Sustentáveis no Brasil: Subsídios à Implementação de Gestão e Insumos para Construção e Compras Públicas Sustentáveis no Estado do Rio de Janeiro - Projeto CCPS.** Rio de Janeiro, 2010.

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE - SVS. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 284 p.

SILVA, Nara de Melo Dantas da. **Qualidade microbiológica das águas de chuva em cisternas da área rural do Município de Inhambupe, no semiárido baiano e seus**

fatores intervenientes. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, **Água** e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia. Salvador, Bahia, 2013.

SOARES, D. A. F. et al. **Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS. 12. Vitória, 1999. Anais. Vitória: ABRH, 1999, p.7. 1 CD-ROM.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2014.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília, 2016. Disponível em : <WWW.snis.gov.br>.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas manual on Rainwater Harvesting.** 3ª ed. Austin (TX), 2005. Disponível em: <http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf>. Acesso em 10 dez 2016.

TOMAZ, P., 2015. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Livro digital, 2015. Publicado em 05 de dezembro de 2015. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 11 de novembro de 2016.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos. Água e Emprego – Fatos e números.** WWAP. 2016. 12 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP. **Programa de Uso Racional da Água – PURA. 1999.** Disponível em:< <http://www.pura.usp.br/>>. Acessado em dez de 2016.


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP. **Considerações para o Aproveitamento de Águas Pluviais - Programa De Uso Racional Da Água – PURA, 2011.** Disponível em:< <http://www.pura.usp.br/>>. Acessado em dez de 2016.

WATERFALL, P. H., 2004. **Harvesting rainwater for landscape use.** 2ª edição. Cooperative Extension, University of Arizona. Arizona, Estados Unidos, 2004. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>> . Acesso em: 15 de dezembro 2016.

ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva** [livro eletrônico] / Luciano Zanella. - São Paulo : IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.

ANEXO 1 - Manual de Instalação e Manutenção do Aparelho

INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO



INSTALAÇÃO

O equipamento é entregue a ser montado e instalado em local próximo à tubulação das calhas. Siga os passos abaixo:

- 1. Planejar o local de instalação e a altura do equipamento. O Chovechuva deve ser posicionado, preferencialmente, em altura que facilite o acesso aos seus componentes para manutenção e acima da entrada do reservatório.
- 2. Fixar o suporte na parede e encaixar o Chovechuva.
- 3. Conectar o tubo da calha à entrada do sistema (1). Por padrão, a entrada é preparada para conexão de tubo de 100 mm.
- 4. Conectar a saída de escoamento/descarte (3) ao sistema de escoamento pluvial ou em um tubo para canalizar a água até um local desejado. Nesta fase é descartada, em média, 20% da água com folhas e detritos.
- 5. Conectar a saída de água tratada (6) até o reservatório disponível.
- 6. Coloque 2 pastilhas de cloro no recipiente clorador (4). Os índices ideais de cloro na água são de 0,4a 1,0 ppm.
- 7. Para controlar os índices de cloro, gire o copo de acrílico: no sentido anti-horário diminui a cloração e no sentido horário aumenta.

MANUTENÇÃO

- 1. A caixa separadora (2) retém os detritos maiores no início da chuva. Periodicamente, é importante fazer uma limpeza manual. Abra a tampa retire o cone de aço e proceda a limpeza. Mantenha a tampa sempre fechada.
- 2. É importante a análise constante da água do reservatório; use o aparelho que acompanha o Chovechuva. No caso de índice zero de cloro é provável a necessidade de reposição de pastilhas de cloro, ou a verificação da regulagem do recipiente (4).
- 3. **ATENÇÃO:** nunca deixe o aparelho sem cloro para manter a água constantemente desinfetada, conforme portaria no 514 do Ministério da Saúde.
- 4. Através do visor de acrílico, verifique as condições do filtro (5) que, quando necessário, deve ser retirado para lavar ou substituir. Retire a braçadeira com o auxílio de uma chave de fenda. Faça periodicamente a limpeza das calhas, caixas e reservatórios.

Fonte: <<http://www.chovechuva.com.br/>>. Acesso em 10 de dezembro de 2016.