

ESCOLA DE ARQUITETURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído

Bárbara Anne Dalla Vechia Konzen

**SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM PRÉ-
EXISTÊNCIAS (CONSTRUÇÕES MULTIFAMILIARES)**

Belo Horizonte, MG

2017

Bárbara Anne Dalla Vechia Konzen

SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM PRÉ-EXISTÊNCIAS
(CONSTRUÇÕES MULTIFAMILIARES)

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade do Ambiente Construído.

Orientadora: Grace Cristina Roel Gutierrez

Belo Horizonte, MG

Escola de Arquitetura da UFMG

2017

RESUMO

O desperdício de água potável nas cidades tem grande influência nos desastres causados por enchentes. O consumo excessivo de água potável em usos que podem aproveitar águas de menor qualidade, influencia diretamente no volume de água disponível. Considera-se o aproveitamento de água da chuva uma alternativa a utilização da água tratada para alguns usos que não exigem potabilidade. Sendo assim, o objetivo do trabalho é apresentar o método de aproveitamento de água da chuva e explicar sobre sua aplicação em construções existentes. Para isso, a pesquisa envolve uma revisão bibliográfica sobre o assunto, reunindo os principais tópicos referentes ao tema proposto. Elucida sobre viabilidade da aplicação do sistema e sua eficiência e apresenta uma comparação mostrando que o consumo doméstico é muito maior para fins não potáveis do que potáveis, evidenciando o desperdício do recurso. Como conclusão, é possível ratificar a eficiência dos sistemas de aproveitamento da água da chuva para o racionamento dos recursos hídricos.

Palavras-chave: águas pluviais, impacto ambiental, arquitetura sustentável.

ABSTRACT

Wasting potable water in cities has a huge influence in disasters caused by floods. The excessive consumption of potable water for uses that can be served with a lower quality water, influence directly in the volume of water available. Using rainwater is considered an alternative to the water from water treatment companies for some uses that do not demand potability. Therefore, the objective of this study is to introduce the method of rainwater use and to explain about the application in existing buildings. To achieve this, the research involves a literature review about the subject, gathering the main topics referring to the proposed theme. This clarifies the viability of application of the system and its efficiency and presents a comparison showing that the domestic water consumption can be much larger in non-potable uses than the potable ones, proving the waste of this resource. As a conclusion, is possible to confirm the efficiency of rainwater use systems to rationing water resources.

Palavras-chave: rainwater, environmental impact, sustainable architecture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do Ciclo Hidrológico	15
Figura 2: Precipitação média anual Brasil	19
Figura 3: Precipitação acumulada mensal Janeiro	20
Figura 4: Precipitação acumulada mensal Julho	20
Figura 5: Temperatura média compensada Janeiro	21
Figura 6: Temperatura média compensada Julho	21
Figura 7: Aquíferos Brasileiros	22
Figura 8: Hidrografia Brasil	23
Figura 9: Rios Aéreos	24
Figura 10: Bacias e Sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul	25
Figura 11: Precipitação Pluviométrica Anual do Estado do Rio Grande do Sul	26
Figura 12: Temperatura média anual do estado do Rio Grande do Sul	27
Figura 13: Biomas do Estado do Rio Grande do Sul	27
Figura 14: Hipsometria (altimetria) do Estado do Rio Grande do Sul	27
Figura 15: Mosaico de imagens	27
Figura 16: Esquema representando sistema de aproveitamento de água da chuva para conforto térmico de ambientes	35
Figura 17: Diferentes níveis de qualidade da água exigidos conforme uso	38
Figura 18: Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos restritivos não potáveis	39
Figura 19: Esquema de funcionamento do reservatório de autolimpeza	44
Figura 20: Dispositivo para remoção automática da primeira parte da chuva	46
Figura 21: Reservatório de autolimpeza com torneira boia	47
Figura 22: Reservatório de água da chuva com tonel	48
Figura 23: Técnicas de Tratamento da água da chuva	49
Figura 24: Obtendo água clara por sedimentação	50
Figura 25: Filtragem simples sem equipamentos elétricos	51
Figura 26: Esquema representando exemplo de filtro	52
Figura 27: Tabela de precipitações médias mensais em milímetros das capitais do Brasil	56
Figura 28: Tabela de valores de consumo médio per capita de água por dia segundo estado e região geográfica do Brasil	57
Figura 29: Coeficiente de Rugosidade	63
Figura 30: Ilustração de amortecedor de queda de água	65
Figura 31: Sistema de grade sobre calha	71
Figura 32: Separador de folhas Harvesting	71
Figura 33: Filtro para tubo de queda	72
Figura 34: Esquema indicando tipos de manutenção	74
Figura 35: Frequência de manutenção dos componentes	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Projetos aprovados pelo Senado Federal	42
Tabela 2: Projetos em tramitação pelo Senado Federal	43
Tabela 3: Coeficientes de escoamento de materiais de revestimento da superfície de recolha	62

Tabela 4: Valores cobrados pelo fornecimento de água pelas empresas relacionadas	76
Tabela 5: Relação custo-benefício	77
Tabela 6: Planilha de verificação	80

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	OBJETIVOS.....	11
2.1	Objetivo Geral.....	11
2.2	Objetivos Específicos	11
3.	JUSTIFICATIVA.....	12
4.	BREVE PANORAMA DA ÁGUA	14
4.1	A água no contexto mundial	14
4.2	Ações internacionais de promoção de captação de água da chuva	16
4.3	Panorama de reservas de água e regime de chuvas no Brasil	18
4.4	A água no ambiente construído.....	28
5.	USO DA ÁGUA PLUVIAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO.....	30
5.1	Porque utilizar a água da chuva.....	30
5.2	Popularização do sistema	31
5.3	Usos.....	33
5.4	Qualidade da água	36
5.5	Normativas com relação a água.....	40
5.6	Funcionamento do sistema.....	44
5.6.1	Captação	45
5.6.2	“First flush” (Primeira descarga)	45
5.6.3	Tratamento da água	48
5.6.4	Armazenamento	52
5.6.5	Distribuição.....	52
6.	APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL EM EDIFICAÇÕES EXISTENTES 54	
6.1	Caracterização da Edificação.....	54
6.1.1	Índice pluviométrico da região.....	55
6.1.2	Usuário	56
6.1.3	Uso da água da chuva na edificação	58
6.1.4	Análise do local de instalação do reservatório	58
6.1.5	Sistema estrutural existente.....	60
6.1.6	Sistemas de distribuição de água fria e pluvial existentes	60
6.1.7	Superfície de recolha	61
6.2	Pré-dimensionamento de instalações	64

6.2.1 Dimensionamento do reservatório	64
6.2.2 Novas instalações	67
6.2.3 Ladrão	70
6.2.4 Vala de infiltração.....	70
6.2.5 Filtros	70
6.2.6 Bomba	72
6.2.7 Instalação.....	73
6.2.8 Manutenção	73
6.3 Relação custo-benefício	76
7. RESULTADOS.....	79
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
9. REFERÊNCIAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados de Nuvolari et al. (2007), a quantidade total de água na Terra é estimada em 1386 milhões de km³. Desses, 97,5% são água salgada, e 2,5%, água doce. Esse volume tem permanecido aproximadamente constante nos últimos 500 milhões de anos, ainda que as quantidades estocadas nos diferentes reservatórios sofram significativas alterações ao longo desse período. Dessa água doce no mundo, 12% encontram-se em território brasileiro.

Considera-se que a crise hídrica tenha entre suas principais causas, o acelerado desenvolvimento urbano e crescimento demográfico mundial, muitas cidades não conseguiram acompanhar tais avanços e suprir as necessidades de infraestrutura de seus habitantes. Assim, com a demanda maior que o fornecimento, muitas pessoas que residem mais afastadas das fontes, começaram a não ter acesso a quantidade de água usual para suprir seus hábitos diários. (BERTOLO, 2006)

Além da captação de água dos rios, o ser humano sempre utiliza da água da chuva para suprir suas necessidades básicas desde a antiguidade (SILVA 1998). Atualmente, o aproveitamento da água da chuva é considerado um dos artifícios que pode atender muitas pessoas e resolver o problema da falta de água em muitas regiões. No âmbito da sustentabilidade, esse artifício é considerado uma alternativa importante para a redução da poluição das águas, por aproveitar de um recurso alternativo. (BERTOLO, 2006)

Ainda que nos dias atuais, não seja recomendado utilizar da água da chuva para beber sem qualquer tratamento (BERTOLO, 2006), a chuva é um recurso importantíssimo para muitas pessoas que moram em regiões onde não existe o atendimento das empresas de tratamento de água e esgotos. Atualmente, no Brasil, existe o programa “Um Milhão de Cisternas”, do Governo Federal, que constrói cisternas para famílias que não têm acesso a água próxima de suas casas. O atendimento do programa é predominante na região Nordeste, provando que mesmo as regiões mais secas do país, tem potencial para aproveitar a água da chuva. Podendo usufruir desse recurso, muitas famílias conseguem suprir as necessidades básicas sem precisar fazer grandes deslocamentos a pé, e nem mudar de lugar para morar, como precisavam fazer antes de serem atingidas pelo programa. Deste modo, os habitantes da região ganham em saúde e qualidade de vida. (ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2011)

As técnicas para o reuso da água vêm se desenvolvendo juntamente ao desenvolvimento tecnológico. Aliadas a esse progresso, têm se tornado cada vez menos onerosas e as aplicações vêm se popularizando. (BERTOLO, 2006)

Assim como em muitos lugares no mundo, a água da chuva que escoia pelas ruas e edificações, não encontra área permeável no solo que seja suficiente para a absorção, causando enchentes. Esta água que não permeia o solo, cai diretamente nos bueiros urbanos, chegando em alguns casos em que os sistemas são mal planejados, a se misturar com o esgoto doméstico, e assim, poluem um volume de água muito maior. Com o aproveitamento da água da chuva, é possível reduzir o volume de água direcionado aos sistemas pluviais, ou mesmo aos esgotos, e assim, reduzir a poluição das águas e controlar enchentes.

Nos centros urbanos, quando a água da chuva não penetra o solo, o ciclo hidrológico não completa todas suas etapas, o que causa a redução da reposição de água nos lençóis freáticos, e assim reduz também o volume disponível. Não permeando o solo, essa água que seria relativamente limpa, se contamina. A má destinação da água, juntamente com a crescente demanda de água nas cidades, agrava o problema da redução de disponibilidade de água limpa, por impedir e comprometer o processo natural do ciclo hidrológico. (GROUP RAINDROPS, 2002)

O ciclo hidrológico, envolve algumas etapas, que nos grandes centros urbanos, acabam por não acontecer. Após as chuvas, a água pode ter alguns destinos: penetrar o solo, escoar diretamente para os cursos d'água (rios, lagos, mares...) ou ainda evaporar (BERTOLO, 2006). A parcela de água que consegue penetrar o solo, e alcançar os aquíferos subterrâneos, vem a abastecer as nascentes, ou mesmo os rios e lagos. Desses depósitos superficiais, pelo calor do sol ou altas temperaturas, a água evapora, e ao se condensar, precipita novamente em forma de chuva.

No Brasil, começa-se a falar em regulamentações para os sistemas de recolhimento e aproveitamento da água da chuva. Atualmente, existem alguns projetos de leis que visam determinar que as novas construções recolham a água da chuva como método de controle de enchentes e racionamento de água. (BRASIL, 2017b)

Um outro aspecto que precisa ser considerado no desenvolvimento urbano das grandes cidades brasileiras, é o processo de urbanização desatento ao impacto ambiental (VERDADE, 2008). Esse crescimento acelerado acabou deixando de lado algumas etapas que influenciam na qualidade da água liberada nos esgotos. A

infraestrutura urbana para esgotos e escoamento da água das ruas, acaba por poluir um volume de água que poderia ter outras finalidades úteis, substituindo a água tratada. Deste modo, atenderia alguns usos que não necessitam de água potável para seu funcionamento, como por exemplo, descargas sanitárias, limpeza e paisagismo, por exemplo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o sistema de captação, tratamento e destinação das águas pluviais no ambiente construído, e desenvolver sobre os tópicos de avaliação para a implantação do sistema em edificações habitacionais existentes.

2.2 Objetivos Específicos

- Explicar os benefícios do recolhimento da água da chuva, em macro escala, como o meio urbano, mas também microescala, como uma unidade habitacional;
- Explicar o funcionamento do sistema de aproveitamento da água da chuva;
- Apresentar os possíveis usos da água da chuva na construção;
- Apresentar os graus de limpeza que essa água precisa ter para cada uso e como fazer para deixá-la limpa;
- Apresentar uma lista de etapas a serem estudadas para a instalação desses sistemas em edificações pré-existentes;
- Apresentar uma relação custo x benefício de forma simplificada, de fácil análise e compreensão.

3. JUSTIFICATIVA

A sustentabilidade na arquitetura e urbanização é um tema que vem sendo debatido nas últimas décadas. Ao longo de praticamente todo o desenvolvimento urbano e da construção, pouco se pensou na eficiência e impacto ambiental nesse processo. Hoje, existem cidades que geram grande poluição, mas que poderiam ser mais sustentáveis.

É alarmante o fato de que ainda se vêm muitos novos projetos arquitetônicos ineficientes e que geram grandes desperdícios no setor da construção civil. Lamentavelmente, muitos desses projetos, não cumprem com sua função como, por exemplo, residências que não têm espaço adequado às necessidades dos moradores ou prédios comerciais que obrigam os usuários a instalar sistemas de climatização artificial, pois em fase de projeto, o conforto térmico não foi uma das prioridades. Mas ainda, a principal razão que motivou esse estudo, no que se refere às novas construções, é que mesmo sendo projetadas nos últimos anos, não contam com sistemas de aproveitamento da água da chuva. Um sistema tão simples de ser implantado quando nas fases iniciais do projeto, e que traz grandes benefícios, tanto para os usuários, quanto para a cidade, e para a própria comunidade em si.

A cidade como ambiente já consolidado é um meio onde as mudanças são difíceis de serem aplicadas. Quando se pensa a cidade como um todo, grandes construções, grandes redes de infraestrutura, torna-se complexo encontrar soluções sustentáveis que substituam antigos hábitos, e que a população adote com facilidade. Medidas sustentáveis exigem a aceitação da população para que se alcance um funcionamento eficiente. O aproveitamento da água da chuva é um sistema que pode ser implementado nos mais variados tipos de construções, mesmo as mais antigas. Isso porque traz benefícios ambientais, mas também economia de recursos para os usuários, e deste modo, é possível conquistar a aceitação da população e o sucesso na aplicação do sistema.

O arquiteto é um dos grandes responsáveis pela aplicação da sustentabilidade na construção civil e seus usos. Cabe ao profissional conscientizar sobre a otimização dos recursos dentro da área de atuação profissional e pessoal. Sejam estes, recursos naturais como a água, ou recursos materiais, como o as construções.

A proposta desse trabalho resulta de uma indignação pessoal, causada pelo pouco que se faz nas cidades com relação aos impactos ambientais causados pela

ação humana. São grandes e muitos meios de poluir, e muitas formas simples de reduzir esse impacto.

Dessa maneira, buscou-se desmistificar os sistemas de recolhimento e aproveitamento de água da chuva. Explicar o funcionamento, para comprovar que este não é um método complexo quando em relação ao benefício que traz. Isso, a fim de convencer os usuários de construções pré-existentes, de que a instalação de recolhimento de água da chuva, traz benefícios à comunidade, retorno financeiro, e diminui o impacto ambiental.

Há muito investimento para que a água que recebemos das estações de tratamento se torne potável, e esta, acaba por ser desperdiçada em usos que não precisam desse tratamento. É inquietante o fato de a água da chuva escoar pelas tubulações de infraestrutura urbana em vez de permear o solo ou ainda substituir a água potável que é utilizada em sanitários, paisagismo, indústrias, ou lavagem de carros. Isso porque, mesmo que haja grande disponibilidade, a água potável nunca deveria ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior.

Assim, este trabalho vai explicar o funcionamento do sistema de forma simples e prática, a fim de conscientizar sobre a importância do aproveitamento da água da chuva. Dessa forma, desenvolvendo sobre as etapas de estudo para a instalação destes sistemas em edificações já existentes através de textos de fácil compreensão, para que seja possível atingir tanto aos usuários da edificação, quanto as equipes técnicas de obra.

4. BREVE PANORAMA DA ÁGUA

4.1 A água no contexto mundial

Antes do desenvolvimento dos grandes centros urbanos, as populações não tinham muita preocupação com a conservação da água (SILVA, 1998). Captavam diretamente dos rios, faziam seu uso doméstico e descartavam, muitas vezes sem qualquer destino específico. Hoje em dia, principalmente nas grandes cidades que contam com um sistema de abastecimento, a água passa por muitas etapas de tratamento antes de ser usada, assegurando qualidade e potabilidade, e seus efluentes passam por várias outras etapas de tratamento de esgoto antes de ser descartada.

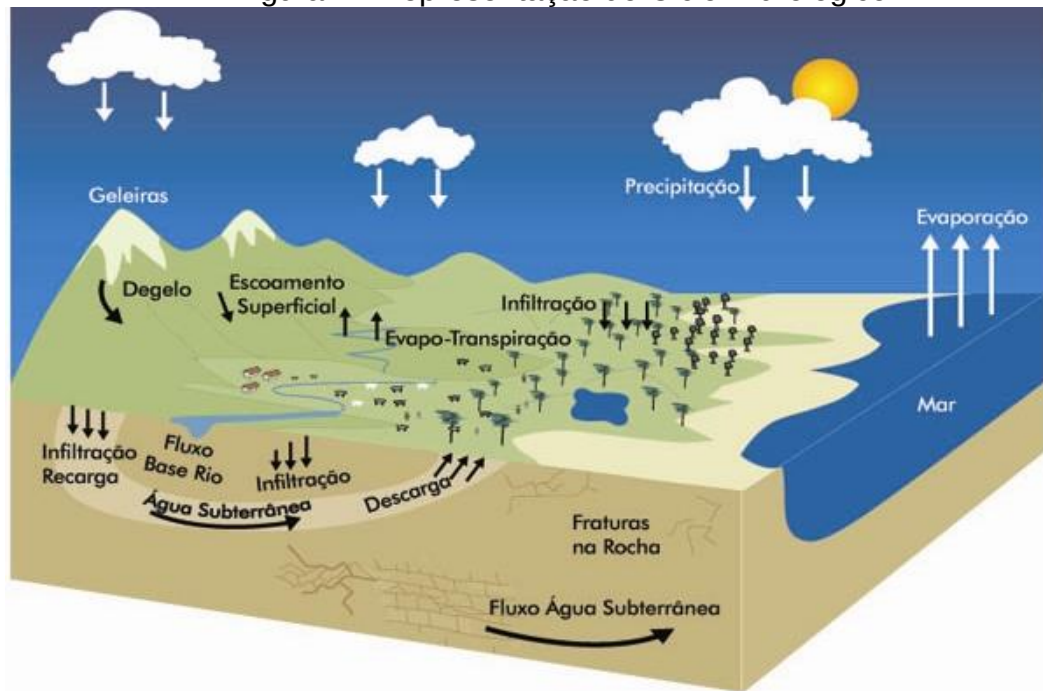
Nesses grandes centros urbanos, o aproveitamento da água da chuva, pode funcionar como controlador de alagamentos e enchentes. Isso porque, ao recolher e utilizar a água da chuva, aproveita-se um grande volume de água que seria descartada através da infraestrutura urbana. Algumas enchentes ocorrem porque muitas vezes essa infraestrutura não comporta a necessidade de vazão da água da chuva que cai em um curto espaço de tempo. (GROUP RAINDROPS, 2002)

Outra causa para as enchentes nos grandes centros urbanos, é a falta de áreas verdes, permeáveis, que permitam a penetração da água da chuva no solo (GROUP RAINDROPS, 2002). O desenvolvimento acelerado das cidades acompanhado da redução das áreas permeáveis, aumenta o volume de água que precisa ser escoado pela infraestrutura urbana. E assim, o dimensionamento anteriormente aplicado, torna-se ineficiente. Além disso, o descarte de lixo nas ruas causado pelo descaso da população, gera grande volume de detritos que escoam junto com a água, entupindo os bueiros.

Conforme Nuvolari et al. (2007), as precipitações pluviométricas são uma importante etapa no ciclo hidrológico, pois dão continuidade ao processo de reposição hídrica da terra. Quando a água segue o processo natural do ciclo hidrológico, ela se renova por meio de sistemas naturais como um recurso limpo e seguro. Nos grandes centros urbanos, quando acontece dessa água correr diretamente aos bueiros, etapas do seu ciclo natural são interrompidas, a água é contaminada, e não volta a abastecer as nascentes de forma natural.

O ciclo hidrológico no meio ambiente pode ser representado através do esquema na figura 1.

Figura1 – Representação do Ciclo Hidrológico.



Fonte: BRASIL (200-).

Na figura 1, pode-se visualizar o escoamento superficial direcionado ao fluxo dos rios, exemplificando uma das etapas do fluxo da água. Porém, se essa água estiver contaminada, conforme for descarregada nos rios, ocorre o fenômeno chamado eutrofização. Isso acontece porque a água poluída, contém altas concentrações de nitrogênio e fósforo, o que aumenta a matéria orgânica e a quantidade de fitoplâncton a níveis indesejáveis nos rios, favorecendo os focos de doenças de veiculação hídrica. Esse fenômeno provoca a redução da zona eufótica, que significa redução de profundidade da zona onde a água é transparente o suficiente para garantir a entrada de luz que permite a fotossíntese dos seres vivos desse habitat. (NUVOLARI et al., 2007)

No mundo, o regime de chuvas varia de acordo com o período do ano, condições climáticas, poluição, pressão, temperatura, topografia e geografia. Essas características, justificam a grande diversidade de peculiaridades de cada localidade. (NUVOLARI et al., 2007)

Deste modo, fica clara a disparidade do ciclo da água nos centros urbanos e no meio natural, assim como, os impactos que a urbanização causa no ambiente. Sendo assim, o aproveitamento da água da chuva, é uma alternativa a reduzir esse impacto.

4.2 Ações internacionais de promoção de captação de água da chuva

O Brasil é um país rico em recursos naturais, e mesmo tendo abundância em reservas de água, muitas regiões ainda não são atendidas pelas concessionárias de fornecimento e tratamento de água (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2015). Diante disso, a popularização dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, seria de grande importância para a qualidade de vida dessas populações. Contudo, no país ainda são poucos os incentivos a implementação do sistema. (ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2011)

Atualmente, muitos países como Alemanha, Dinamarca e Holanda, já promovem o aproveitamento da água da chuva. Na Alemanha, há incentivo financeiro. A população é estimulada a recolher a água, utilizá-la, e a água que sobra, deve infiltrar o solo recarregando o depósito de água subterrânea. (GROUP RAINDROPS, 2002)

O Japão é um país de grandes precipitações. A grande densidade demográfica causa dificuldades de abastecer a população de água com qualidade de potabilidade. Devido a isso, a população é estimulada a recolher água da chuva para os outros usos que não necessitam água potável. Group Raindrops (2002) confirma que já em 1994, os japoneses recolhiam e aproveitavam a água da chuva de diversas maneiras, seja para uso comunitário, ou nas unidades habitacionais. Isso ainda antes da crise da água no Brasil por exemplo.

Group Raindrops (2002) ainda confirma que, antes dos grandes processos de urbanizações com alto impacto ambiental, as populações aproveitavam a água das nascentes. Nesse contexto, devido às grandes precipitações, a água da chuva não tinha dificuldade em infiltrar o solo, chegava aos lençóis freáticos e um volume virava água de nascente que jorrava em várias partes de Tóquio. Já, atualmente no Japão, devido à urbanização e impermeabilização do solo nas grandes cidades, “a quantidade máxima de água que infiltra no solo é somente metade do que infiltrava no passado.” (GROUP RAINDROPS, 2002, p. 67)

Group Raindrops (2002, p. 128) ainda apresenta outras razões para a importância de a água infiltrar o solo:

Não só coletando e usando a água da chuva de telhados, mas também infiltrando a água de transbordamento em áreas abertas no solo através de trincheiras de infiltração, consegue-se a regeneração da circulação de água regional sadia, controlando-se as inundações urbanas. Especialmente em áreas urbanas, a percolação de água da chuva reaviva a água subterrânea,

previne o rebaixamento do solo, cultiva a vegetação e umedece o ar. (GROUP RAINDROPS, 2002, p. 128)

Ainda hoje, grande parte da população urbana mundial sofre com a falta de água. Os problemas relacionados à escassez, incentivam o desenvolvimento de métodos que eduquem para a utilização e melhor aproveitamento desse recurso. O incentivo ao reuso da água é uma dessas ações. Isso influencia no reaproveitamento de água limpa não potável, para o atendimento de usos que podem abdicar da potabilidade, e assim, resulta em menor desperdício da água tratada, e menor poluição. (NUVOLARI et al., 2007)

A utilização de sistemas de aproveitamento de água da chuva vem se popularizando lentamente. Para que sejam possíveis melhorias nessa área, é preciso que a população compreenda a simplicidade do sistema, e conheça seus benefícios e economias.

Nuvolari et al. (2007, p.93) elucida sobre a conscientização a respeito do impacto ambiental:

[...] de uma forma ou de outra o próprio meio ambiente manifestará, e já está manifestando, uma renovada condição de subsistência de qualquer atividade. A conscientização ocorre em escalas múltiplas e a realização ainda é tímida e limitada a contextos políticos, culturais, sociais, geográficos e econômicos. A técnica do reuso da água não foge a regra. Embora ela seja, cada vez mais, reconhecida como uma das opções mais inteligentes para a racionalização dos recursos hídricos, depende da aceitação popular, aprovação mercadológica e vontade política para se efetivar como tecnologia sistemática. (NUVOLARI et al., 2007, p. 93)

Dito isso, é possível se ratificar a importância da aplicação de sistemas mais sustentáveis para o equilíbrio do meio ambiente. E é através do incentivo a alternativas como o aproveitamento da água da chuva que se pode obtê-lo.

4.3 Panorama de reservas de água e regime de chuvas no Brasil

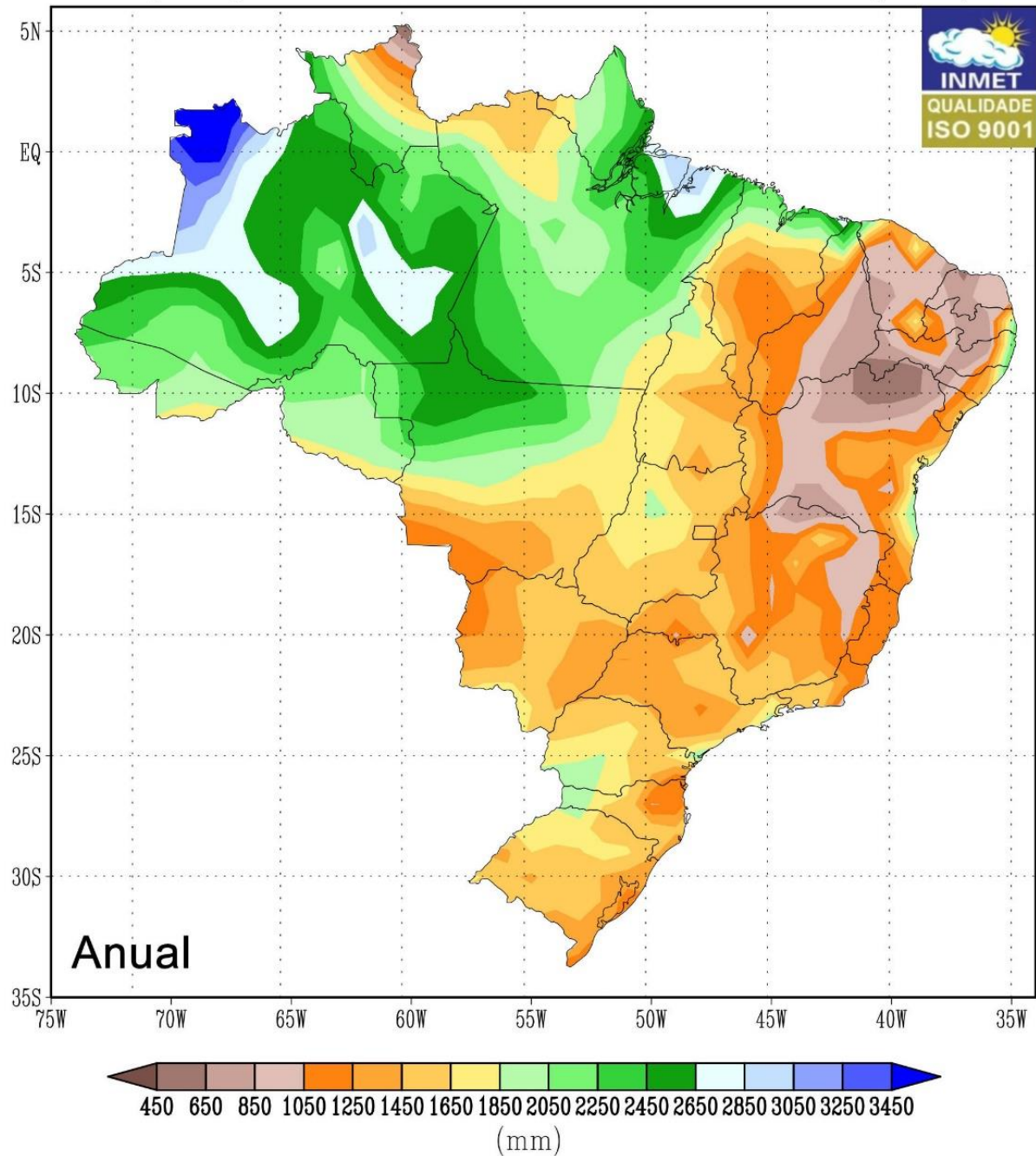
O Brasil é o 5º maior país em extensão territorial, com 8.515.767,049 km². Apresenta grande diversidade climática por ser cortado tanto pela Linha do Equador quanto pelo Trópico de Capricórnio. Devido a essa vasta extensão, possui grandes variações em seu regime de chuvas, clima, relevo e vegetação. (FRANCISCO, 2017).

Em virtude dessa grande diversidade climática do país, não é possível generalizar tipologias, nem o funcionamento e a eficácia dos sistemas de aproveitamento de água da chuva. Por isso, cada projeto para a instalação do sistema, exige diferentes especificações, desde o uso da água, ao tamanho do reservatório e materiais a serem utilizados.

Apesar das grandes variações do regime de chuvas no país, ainda se tem potencial para o aproveitamento da água da chuva mesmo nas regiões mais secas como o Nordeste. Essa capacidade é comprovada pela grande concentração de focos atendidos pelo Programa “Um milhão de Cisternas” na região semiárida brasileira. O programa promove a instalação de cisternas abastecidas com água da chuva para suprir as necessidades básicas da população que vive no meio rural sem fornecimento de água das concessionárias. Com isso, fica evidente a capacidade das mais diversas regiões do país com relação ao aproveitamento da água da chuva. (ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2011)

O índice pluviométrico é um fator de grande importância ao se avaliar a instalação desses sistemas. Dito isso, a figura 2 abaixo, representa o mapa da média de chuva anual no Brasil, demonstrando a disparidade referente às diferentes regiões do país.

Figura 2 – Precipitação média anual Brasil.
Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990
Precipitação acumulada mensal e anual (mm)



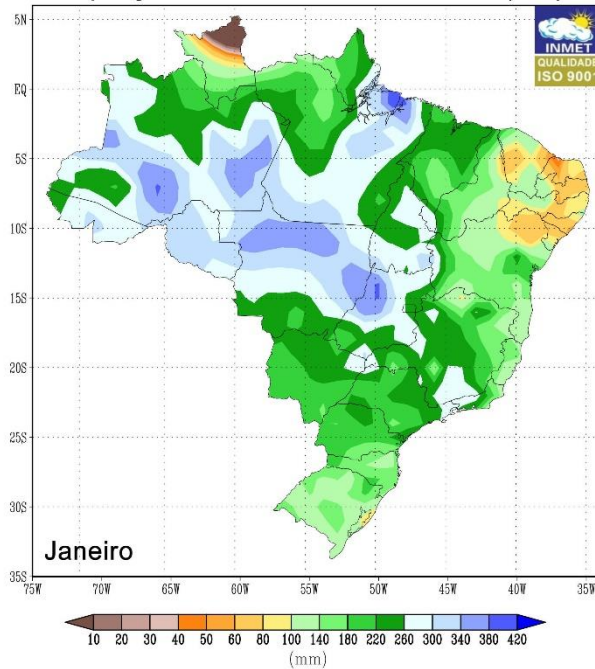
Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2009).

A figura 2 demonstra essa divergência do índice pluviométrico médio no território brasileiro. Sendo assim, é possível perceber as regiões do país com maior potencial para o aproveitamento da água da chuva. Isso, sem descartar a aplicação do sistema mesmo nas regiões com índices pluviométricos mais baixos.

Esses contrastes climáticos, também são ilustrados por meio dos mapas nas figuras 3 a 6, que apresentam o índice pluviométrico e a temperatura média mensal de janeiro e julho, representando o verão e o inverno no Brasil, respectivamente.

Figura 3 – Precipitação acumulada mensal Janeiro.

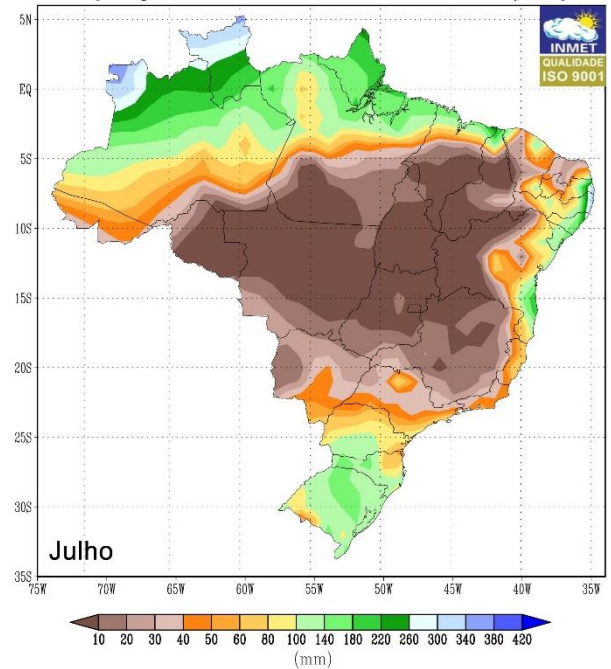
Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990
Precipitação acumulada mensal e anual (mm)



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE
METEOROLOGIA (2009).

Figura 4 - Precipitação acumulada mensal Julho.

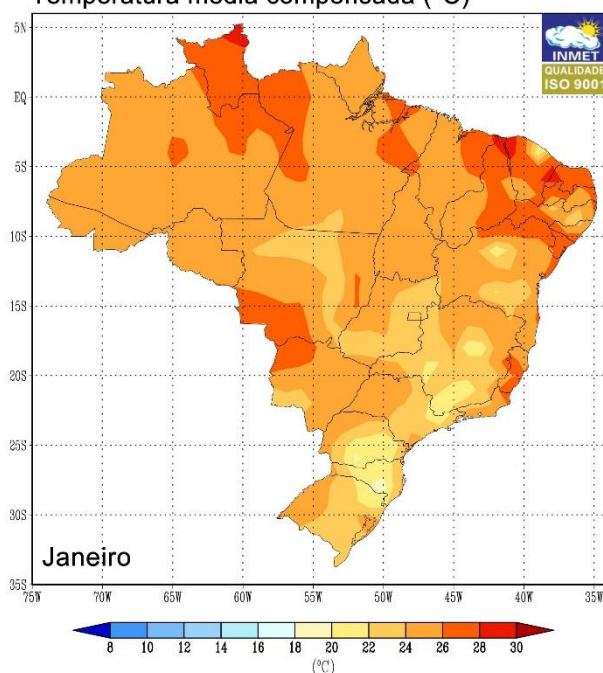
Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990
Precipitação acumulada mensal e anual (mm)



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE
METEOROLOGIA (2009).

Figura 5 – Temperatura média compensada Janeiro.

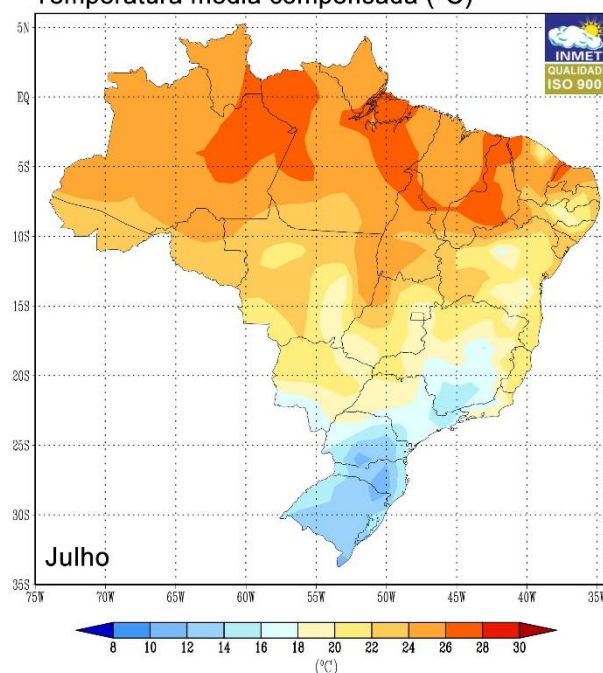
Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990
Temperatura média compensada (°C)



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2009).

Figura 6 – Temperatura média compensada Julho.

Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990
Temperatura média compensada (°C)



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2009).

A partir das figuras 3 e 4, pode-se perceber as variações pluviométricas ao longo do ano em quase todo o país. Porém, fica evidente nos mapas, algumas áreas que tendem a manter os índices aproximados ao longo do ano, mesmo ao se analisar estações tão distintas quanto o verão e o inverno. Contudo, ao avaliar as figuras 5 e 6, pode-se perceber variações distintas. Os estados ao norte do país, tendem a manter as mesmas médias o ano todo, enquanto os estados mais ao sul, apresentam maior a discrepância entre as temperaturas.

Ainda que apresentando climas tão diferentes, o Brasil é um país abundante em recursos hídricos. As reservas subterrâneas de água representam grande importância para as bacias hidrográficas do país. O Aquífero Alter do Chão e o Aquífero Guarani, representam relevante fração das reservas de água doce do mundo (ARAÚJO, 2011). A figura 7 abaixo, representa as zonas de abrangência dos aquíferos.

Figura 7 – Aquíferos Brasileiros.

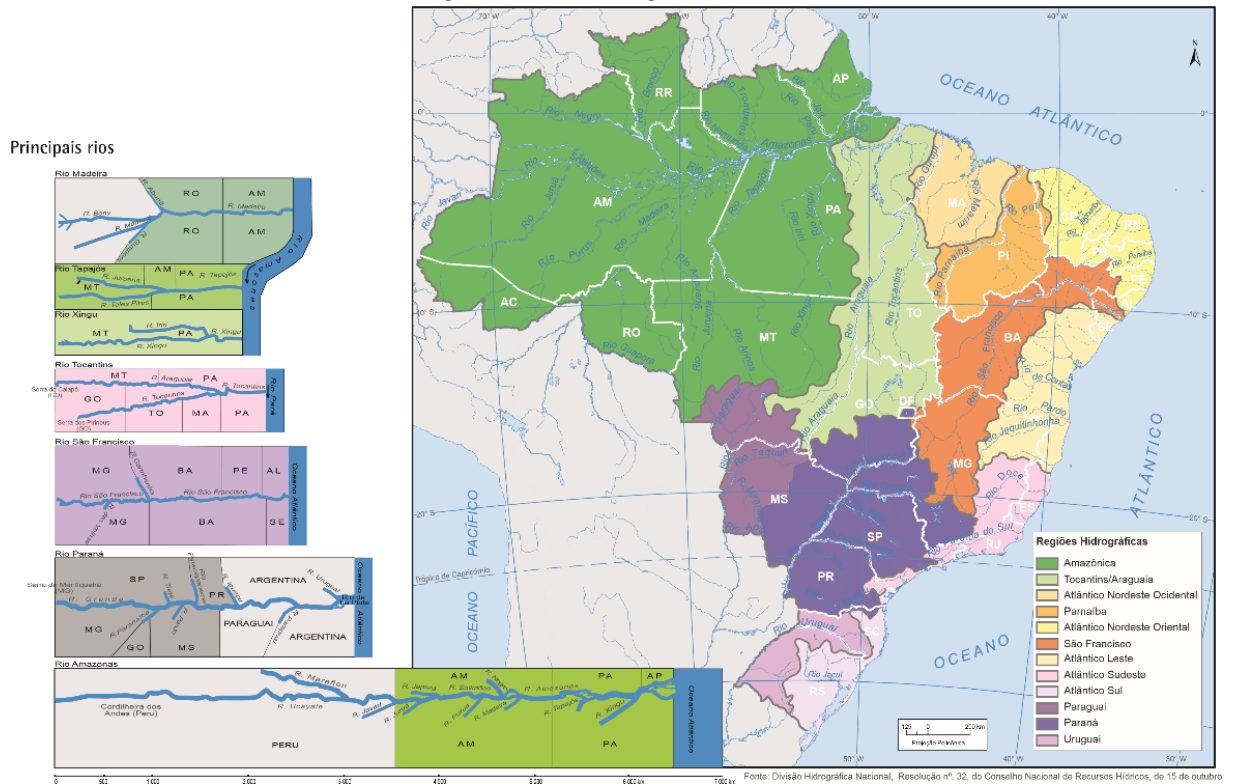


Fonte: ARAÚJO (2011).

Pode-se perceber na figura 7, que o Aquífero Guarani abrange área relevante no país e ainda outros países vizinhos. Já o aquífero Alter do Chão, contempla apenas estados brasileiros e grande parte da Amazônia.

Ainda sobre os recursos naturais brasileiros, a figura 8 apresenta as diferentes regiões hidrográficas do Brasil e seus principais cursos d'água.

Figura 8 – Hidrografia Brasil.



Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2017).

Além das reservas hídricas representadas pela figura 8, a umidade e o regime de chuvas do Brasil também são afetados pelos Rios Aéreos. Essas massas de vapor de água são impulsionadas pelos ventos e ao encontrar frentes frias ou outras condições meteorológicas propícias, precipitam em forma de chuva (DALL'AGNOL, 2017). É possível perceber essa dinâmica na figura 9.

Figura 9 – Rios Aéreos.

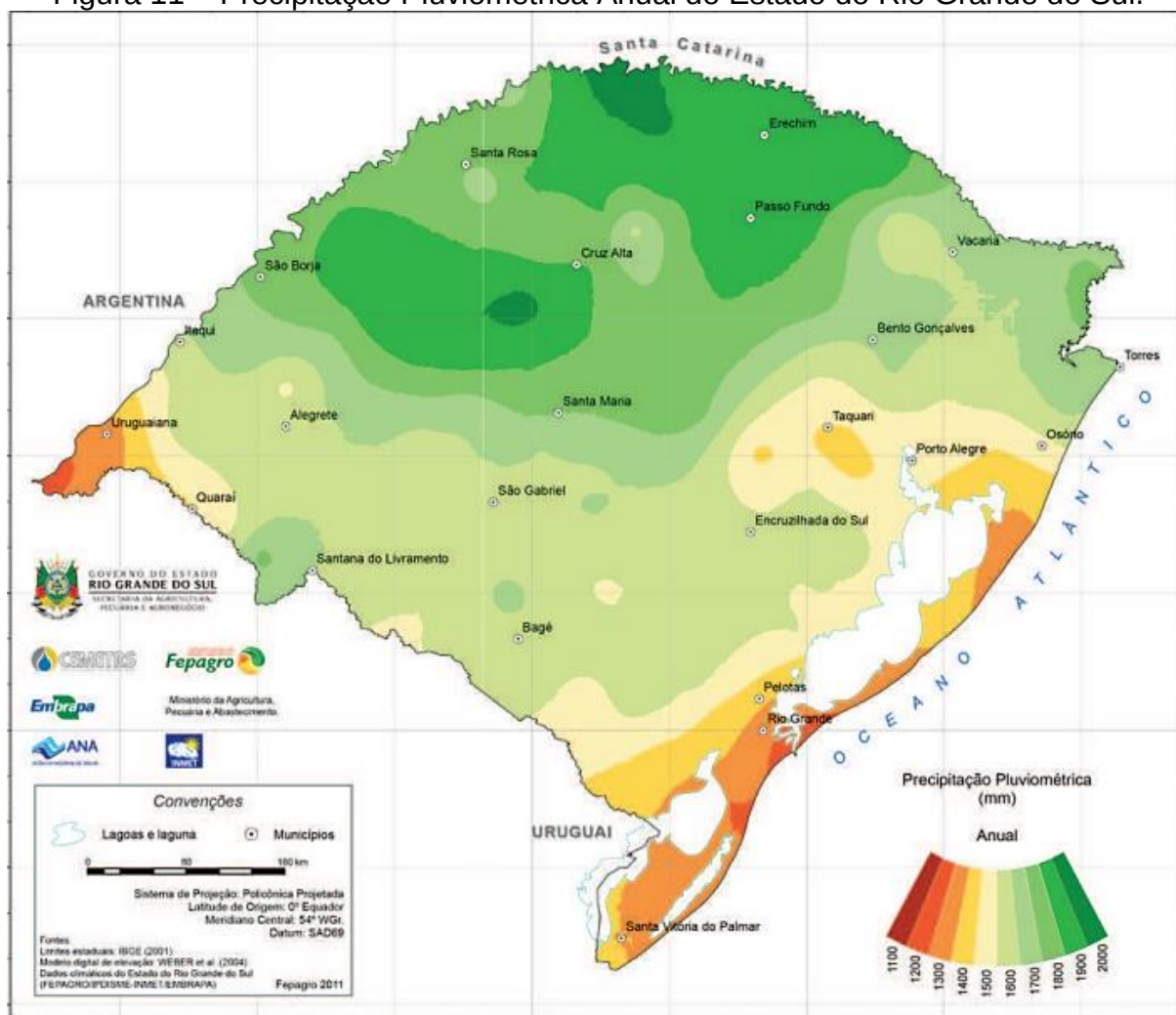


Fonte: ÁRVORE SER TECNOLÓGICO (2015).

Pode-se perceber por meio da figura 9, a influência dos rios aéreos no regime de chuvas do país. Ao se relacionar a figura 9 com os mapas representados nas figuras 2, 3 e 4, fica clara a compatibilidade do percurso dos rios aéreos com as áreas de maiores índices pluviométricos do Brasil.

Com grandes variações climáticas ao longo do ano, o Rio Grande do Sul também apresenta regime de chuvas bem característico. Com chuvas bem distribuídas o ano inteiro, o estado tem grande potencial para o aproveitamento de água da chuva.

Figura 11 – Precipitação Pluviométrica Anual do Estado do Rio Grande do Sul.

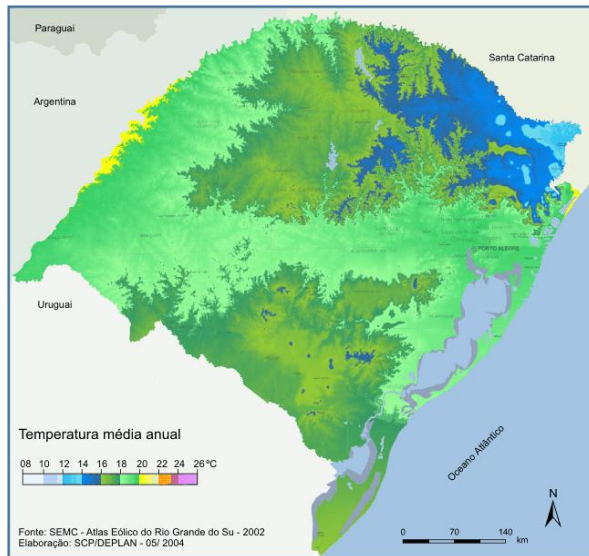


Fonte: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA (2013).

Na figura 11, pode-se perceber que o Estado do Rio Grande do Sul apresenta regime de chuvas relativamente homogêneo. Quando comparado às demais regiões do país, fica evidente o índice pluviométrico médio constante ao longo do ano.

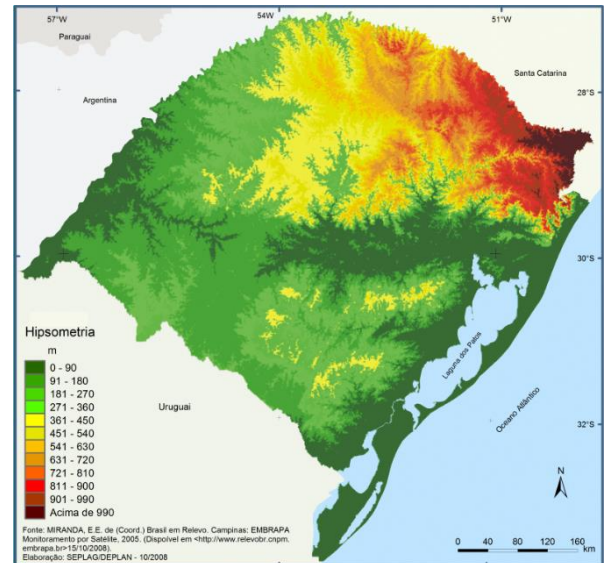
As figuras 12 a 15, apresentam as temperaturas médias, biomas, altimetria e a incidência de vegetação no estado do Rio Grande do Sul, respectivamente.

Figura 12 – Temperatura média anual do Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: GOVERNO ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL (2004?).

Figura 14 – Hipsometria (altimetria) do Estado do Rio Grande do Sul.



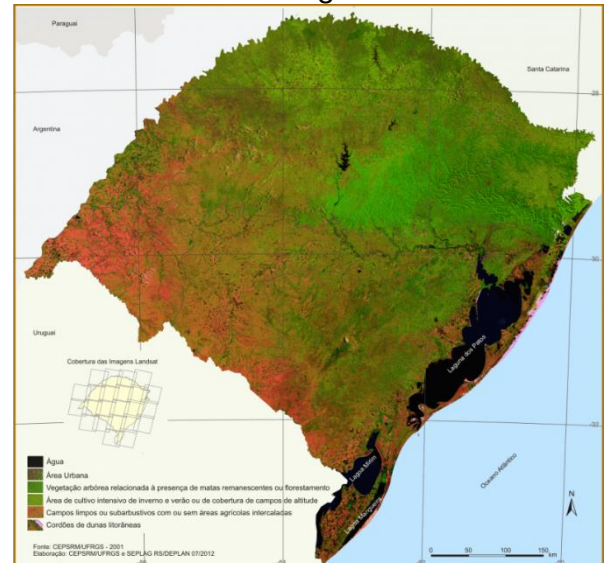
Fonte: GOVERNO ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL (2008?).

Figura 13 – Biomas do Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: GOVERNO ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL (2012?).

Figura 15 – Mosaico de Imagens.



Fonte: GOVERNO ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL (2012?).

A partir das figuras 12 a 15 é possível caracterizar os atributos físicos do estado.

Os mapas apresentados acima, demonstram as características físicas e climáticas do Brasil e do Estado do rio Grande do Sul. Particularidades estas, que influenciam diretamente no projeto e eficiência dos sistemas de aproveitamento da água da chuva.

4.4 A água no ambiente construído

O homem começou a ter domínio sobre a água, quando construiu aquedutos, que desviavam o curso natural, destinando o recurso às cidades, de modo que os povoados pudessem se situar mais afastados das margens de rios e lagos. Já nos centros urbanos, haviam os chafarizes, grandes fontes, que abasteciam a população. (SILVA, 1998)

De acordo com Silva (1998), por volta de 3000 a.C., já existiam sistemas de abastecimento de água e esgoto, banheiros e privadas e já se sabia sobre a influência da qualidade da água na saúde. São datados de 2000 a.C. os primeiros filtros de água de areia e cascalhos. E em 45 a.C., foram construídos os primeiros poços artesianos como suprimento de água em regiões áridas. Além disso, os primeiros indícios de reaproveitamento da água são da República Romana, onde se reaproveitava a água dos banhos públicos em latrinas dotadas de água corrente. (SILVA, 1998)

A história da urbanização do nosso país, mostra inúmeras falhas administrativas e falta de planejamento da infraestrutura urbana ao longo de seu desenvolvimento (SILVA, 1998). Os problemas do saneamento básico evoluem proporcionalmente ao aumento da população. Ou seja, cada vez mais aumenta a população do país, e cada vez menos obras de infraestrutura são promovidas pelo governo.

No Brasil, no final do século XIX, devido aos surtos epidêmicos, teve início a rede de abastecimento de água e esgotos (SILVA, 1998). E assim, na história do Brasil, é claramente perceptível a busca por resolver problemas depois de estes já se tornarem praticamente irreversíveis. A prevenção de falhas é inexistente. As doenças se disseminam, e só posteriormente são distribuídas as vacinas. As tubulações de esgoto rompem, para que depois sejam construídas maiores, que supram a necessidade do bairro, e não há manutenção ou planejamento de substituição da rede obsoleta. Em vez de asfaltos de qualidade, percebe-se que se deixa a chuva causar buracos nas rodovias, para depois remendá-los. E seguindo este comportamento, é preciso que falte água potável para a população, para que depois se busquem alternativas a suprir essas necessidades básicas, o que serviu de inspiração para este trabalho.

Group Raindrops (2002) confirma que a água recebida pelo brasileiro em casa, é considerada potável simplesmente por não conter coliformes fecais, que são eliminados pelo cloro ao longo do tratamento da água. Porém, o cloro pode se

acumular e causar doenças como câncer, e ainda assim, é uma substância cada vez mais presente em maiores concentrações na água das concessionárias.

5. USO DA ÁGUA PLUVIAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

5.1 Porque utilizar a água da chuva

A água da chuva mal direcionada, também influencia na redução da quantidade de água para o abastecimento. Nos grandes centros urbanos, quando a água da chuva escoar pelas ruas, sem conseguir permear o solo, uma quantidade significativa de água deixa de abastecer os aquíferos subterrâneos. E assim, influencia na quantidade de água que deveria dar sequência ao ciclo hidrológico. (GROUP RAINDROPS, 2002)

É de extrema importância salientar os efeitos do recolhimento da água da chuva como método de controle de inundações. Quando a água da chuva é recolhida e reaproveitada em grandes quantidades nos centros urbanos, esse volume de água não vai precisar escoar aos bueiros e às tubulações urbanas, reduzindo o índice de transbordamentos. (GROUP RAINDROPS, 2002)

Esses transbordamentos podem acontecer devido à poluição que causa entupimento das tubulações e aos dimensionamentos incompatíveis com as grandes chuvas, ocasionando as enchentes. Como uma das pequenas soluções, Group Raindrops (2002, p. 128) sugere que “grandes terrenos, como os de muitos estacionamentos ou estradas, deveriam ter superfícies permeáveis para minimizar a quantidade de água da chuva que corre nos canais de rua. ”

Sendo assim, esse volume de água da chuva que apenas escoar pelos bueiros urbanos, aumenta o volume de água contaminada. Dito isso, é possível confirmar que o desperdício e mau uso da água potável são significativos poluidores dos rios e mares, pois simples sistemas de aproveitamento da água da chuva poderiam resultar em grandes melhorias. (GROUP RAINDROPS, 2002)

Os sistemas de aproveitamento da água da chuva garantem maior sustentabilidade dos recursos ambientais. Considerando um real aproveitamento da água da chuva nos centros urbanos, o volume de água tratada utilizada seria substituído pela água da chuva em alguns usos, economizando a retirada de água limpa do meio ambiente, e conservando os reservatórios de água naturais. (GROUP RAINDROPS, 2002).

5.2 Popularização do sistema

Atualmente, consideram-se muitas as justificativas para a não popularização dos sistemas de aproveitamento de água da chuva. E a grande maioria delas, se fundamentam em análises econômicas e nos valores da instalação do sistema, desconsiderando a economia de água em si.

Ao se falar em aproveitamento da água da chuva, se disseminou a ideia de que não se pode bebê-la. Com isso, a maioria das pessoas acaba excluindo os demais usos, que significam uma grande porcentagem do consumo mensal das habitações. A inviabilidade de potabilidade, influencia ao não uso por receio de contaminação. (NUVOLARI et al., 2007)

O projeto de residências sustentáveis, tende a ter mais sucesso quando a sustentabilidade é uma prioridade do morador que desde o princípio está ciente que isso pode significar em maior investimento inicial, mas que trará economia a longo prazo. No caso de empreendimentos multifamiliares propostos por construtoras ou grupos de investidores, a sustentabilidade é aplicada quando o construtor conhece a eficiência e economia que virá a ter durante a obra e o uso da edificação.

Atualmente, é mais comum se pensar em sistemas de aproveitamento de água da chuva quando a construção ainda está em fase de projeto. Assim, as instalações são mais eficientes e o investimento financeiro é menor, por estarem inseridas de forma intrínseca ao projeto.

Ao se tratar da instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva posterior as etapas finais da obra, como o uso por exemplo, significa que a construção já funciona apenas com a água da concessionária, e o aproveitamento da água da chuva não seria uma necessidade primordial. Assim, a economia de água fica em segundo plano, buscando-se investir em outras pendências consideradas mais importantes, como instalação de sistemas de segurança, manutenção ou consertos em geral, por exemplo.

Segundo Bertolo (2006), o reservatório representa o investimento mais significativo nos sistemas de aproveitamento da água da chuva. Além disso, em construções já existentes, uma das dificuldades encontradas é o espaço disponível para adicionar reservatórios além do existente, no caso, o reservatório da água da chuva, que precisa ser separado dos demais.

O sistema ainda não se popularizou devido à falta de incentivo a economia e racionamento da água na grande maioria dos municípios. Em muitas cidades brasileiras, a disponibilidade de água atende as necessidades da população, e isso acaba por não incentivar a busca por outras fontes. Além disso, grande parte da população não conhece o funcionamento dos sistemas de aproveitamento da água da chuva e suas aplicações na habitação.

São poucas as publicações que vão a mídia e apresentam a relação custo benefício de forma a convencer da economia a longo prazo. O investidor tende a dar mais atenção ao investimento inicial e acaba por desvalorizar a economia gerada durante o uso da construção.

Quando em edificações multifamiliares, a utilização da água da chuva pode ser um rateio entre todos os moradores, no caso, a instalação do sistema pode ser incluída no condomínio. Com isso, a água da chuva substitui alguns usos da água da concessionária, reduzindo tal valor da conta de água. O valor da instalação é dividido e pago em um curto período, e a economia da água tratada se prolonga durante todo período de uso da construção.

É possível estimular a população por meio de incentivos por parte do poder público. Como por exemplo campanhas que apresentem o sistema de aproveitamento da água da chuva de forma simples e barata, de fácil instalação e adaptação as construções já existentes. Outra alternativa, por parte das concessionárias, é a promoção de descontos nos impostos ou contas de água para as residências que aproveitem a água da chuva.

Dito isso, a popularização do sistema está diretamente aliada a consciência ambiental da população e a economia que este promove. Seja de recursos naturais como a água, ou financeira. E assim, é importante que se disseminem os conceitos de redução de impacto ambiental que o sistema proporciona, para que possa o tornar cada vez mais comum nas residências do país.

5.3 Usos

A razão principal do uso de sistemas de aproveitamento de água da chuva é substituir a utilização da água tratada das concessionárias, com intenção de reduzir a poluição de efluentes e racionalizar o consumo de água potável. Sendo assim, quanto mais usos a água da chuva tiver, menor o desperdício de água limpa.

Os usos para a água da chuva dependem de sua qualidade. Após tratamentos intensos, também pode ser utilizada como água potável. Porém, nos grandes centros urbanos, a chuva carrega partículas da poluição do ar, e por isso, é indicado que se utilize a água das concessionárias para consumo, assim como outros usos diretos ao ser humano. Todavia, apesar da contaminação que a água da chuva pode carregar nas grandes cidades, ela ainda pode ser utilizada para tantos outros fins. (NUVOLARI et al., 2007)

Buscando alcançar maiores índices de economia de água limpa, alguns usos mais intensos de água potável como em indústrias, postos de gasolina e irrigação agrícola, poderiam ser substituídos por água da chuva (NUVOLARI et al., 2007). Nas indústrias por exemplo, a água da chuva pode substituir a água potável em grandes quantidades, podendo ser utilizada como matéria-prima de muitos produtos como: tecidos, produtos de limpeza, móveis, peças automotivas...

Além da indústria e produção agrícola, utilizam-se também grandes volumes de água em limpeza e manutenção urbana. Nuvolari et al. (2007) apresentam alguns usos urbanos não-potáveis tais como:

- Irrigação paisagística (parques, jardins, campos esportivos, gramados,);
- Combate ao fogo;
- Descarga de vasos sanitários;
- Sistemas de ar condicionado;
- Lavagem de veículos;
- Lavagem de ruas e pontos de ônibus.

Atualmente, em muitas das atividades acima, ainda se utiliza da água tratada das concessionárias, sendo que se poderia utilizar de água da chuva com simples tratamentos, gerando relevante economia de água potável. (NUVOLARI et al., 2007)

Segundo Group Raindrops (2002), referente a lavagem de carros, o cloro na água tende a encurtar a longevidade dos carros. Por isso, a proposta de utilizar a água da chuva na lavagem de carros tende a influenciar em sua durabilidade.

Nuvolari et al (2007, p. 102) evidencia o potencial da água da chuva ao substituir alguns usos da água potável:

Algumas atividades têm maior potencial para o reuso não potável, por envolverem riscos menores, e devem ser consideradas como a primeira opção de reuso na área urbana, respeitando os cuidados a serem tomados quando envolver contato humano direto. São elas: irrigação de parques e jardins, centros esportivos, campos de futebol, quadras esportivas, gramados, árvores, arbustos, etc; irrigação de áreas ajardinadas públicas, residenciais e industriais; reserva de proteção contra incêndios; sistemas decorativos aquáticos; descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais; lavagens de trens e ônibus; controle de poeiras em obras de engenharia e construção civil. (NUVOLARI et al., 2007, p. 102)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 15527 (2007) apresenta como exemplo alguns usos para a água da chuva:

- descargas em bacias sanitárias;
- irrigação de gramados e plantas ornamentais;
- lavagem de veículos;
- limpeza de calçadas e ruas;
- limpeza de pátios;
- espelhos d'água;
- usos industriais.

Porém, ainda podem ser citados outros. Com simples filtragem e tratamento no reservatório (cloração, por exemplo) para que a água não se contamine ao ser armazenada, em construções de uso doméstico também pode ser usada para:

- Lavagem de roupas;
- Jardinagem, rega de plantas;
- Manutenção de áreas externas, limpeza garagens;
- Limpeza da casa: limpeza de pisos e paredes, sanitários;
- Combate a incêndio.

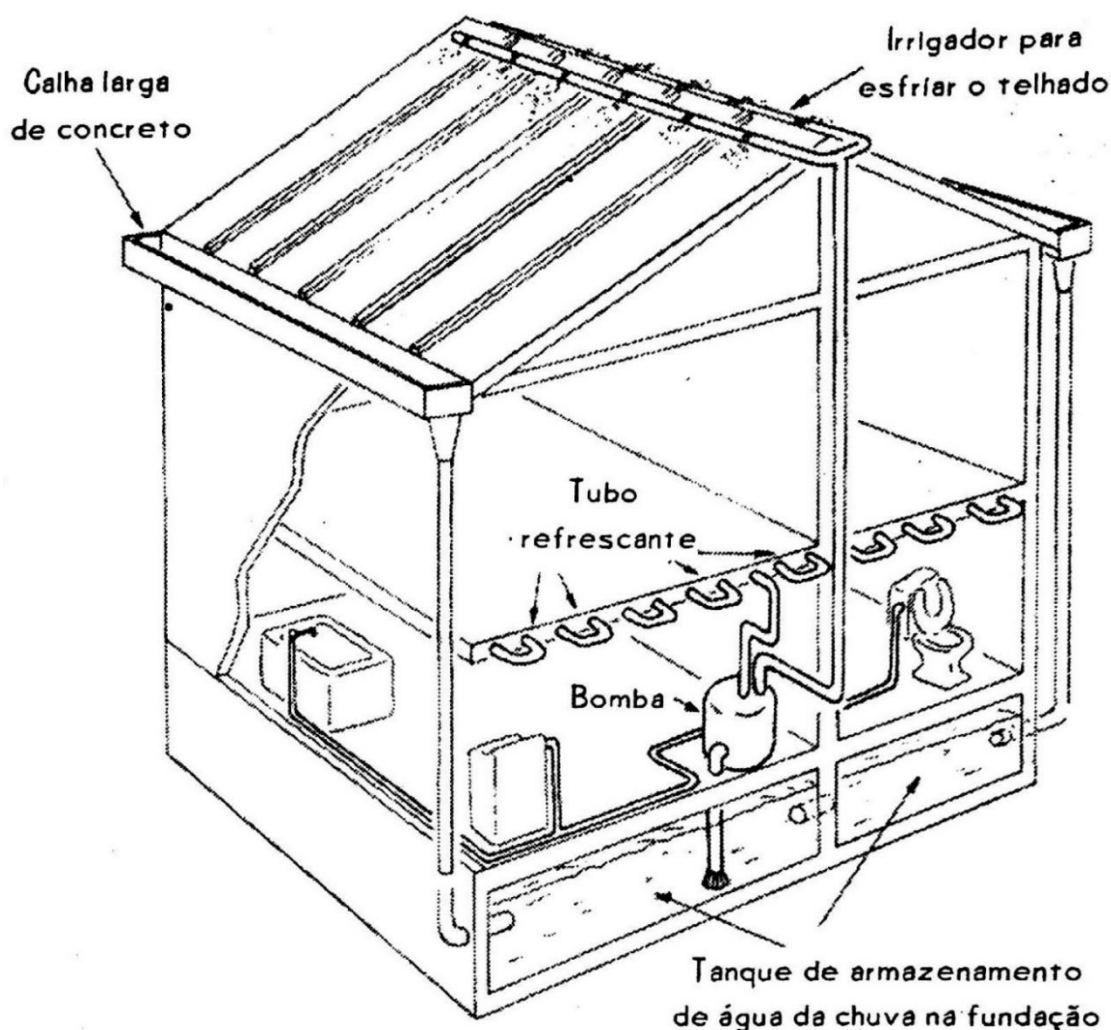
Ainda referente às aplicações da água na arquitetura, outro uso possível são os sistemas de conforto térmico (GROUP RAINDROPS, 2002). Alguns exemplos são:

- Resfriamento gerado por tubulações instaladas no forro, por onde passa a água da chuva, podem refrescar o ambiente em até 3°C;
- Borrifamento da água da chuva no telhado reduz o aquecimento causado pela radiação solar.

Group Raindrops (2002) apresenta um esquema de sistema de aproveitamento de água da chuva para o conforto térmico de ambientes, demonstrado na figura 16.

Figura 16 – Esquema representando sistema de aproveitamento de água da chuva para conforto térmico de ambientes.

APLICANDO UM PRINCÍPIO DE CHUVEIRO DE CHUVA



Fonte: GROUP RAINDROPS (2002, p. 53).

É importante salientar que a maior fonte de consumo de água na maioria das residências é o chuveiro. Os padrões de potabilidade da água para banho são os mesmos que para água potável, devido ao contato direto com o ser humano. Por isso, quando o objetivo do uso da água da chuva for também atender aos chuveiros, é preciso que seja tratada tanto quanto a água potável e sejam feitos testes que confirmem seu grau de potabilidade. (VERDADE, 2008)

5.4 Qualidade da água

Existem algumas divergências quanto a potabilidade da água nos centros urbanos. Por exemplo, Group Raindrops (2002) sugere, que a água da chuva pode ser potável simplesmente por uma fervura. Ademais, considera que o principal determinante para a potabilidade da água da chuva é o local de coleta e que seu nível de qualidade depende do uso ao qual será destinada.

Porém, segundo Bertolo (2006), em grandes centros urbanos e industriais, as coberturas e outros tipos de superfícies de recolha, podem estar sujeitas a deposição de contaminantes, incluindo metais pesados e químicos, derivados da alta densidade do tráfego automotivo e das indústrias. Isso pode inviabilizar o uso potável da água recolhida, independentemente de tratamentos. Por isso, levando em conta a disponibilidade e a qualidade da água tratada fornecida pelas empresas de tratamento, a água da chuva recolhida nos centros urbanos não deveria ser utilizada para consumo. Isso, pode ser confirmado por Nuvolari et al. (2007, p. 133):

Nas metrópoles, ou em locais com grandes aglomerados industriais, a água de chuva tende a incorporar em sua massa os mais diversos tipos de impurezas que o ambiente possa proporcionar. Procede dizer que “a chuva lava o ar”. (NUVOLARI et al., 2007, p. 133)

Sendo assim, é preciso levar em conta, que áreas rurais, menos urbanizadas e menos industrializadas, concentram pouca poluição. Consequentemente, pode-se considerar que a chuva nessas regiões tende a carregar menos impurezas, pois o ar apresentará menor incidência de contaminantes. (GROUP RAINDROPS, 2002)

É importante ressaltar que de acordo com Nuvolari et al. (2007), transparência não significa pureza, ou potabilidade. Os padrões de qualidade da água devem ter suporte em legislações que convençionem requisitos de acordo com o uso previsto para a água. Ainda, o referido autor (2007), apresenta que no Brasil, os padrões de potabilidade são estabelecidos pelo Ministério da Saúde, pela Portaria n. 1469 de 29 de dezembro de 2000. Porém, a NBR 15527 (2007), aponta a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, como norma de qualidade de água para consumo humano.

É de extrema importância considerar que a qualidade da água depende do seu percurso. A água pode sofrer variações devido a superfície que escoar, ao solo por

onde infiltra, ao ser diluída em outros “corpos d’água”, ou ainda ao ser captada por sistemas de drenagem. Além disso, a qualidade da água também depende das condições meteorológicas, qualidade do ar no local da precipitação, presença ou não de vegetação, presença ou não de cargas poluidoras, proximidade ao oceano, proximidade a polos industriais e presença de gases na atmosfera (chuva ácida). (NUVOLARI et al., 2007)

UNIÁGUA (2005, *apud* NUVOLARI et al, 2007, p. 134) apresenta que “somente os primeiros volumes de água carregam ácidos, microrganismos e outros poluentes atmosféricos, e, normalmente, com pouco tempo de precipitação a chuva já adquire características de água destilada. ”

A água nos centros urbanos, apresenta alguns níveis de qualidade, que oscilam entre água utilizada para o consumo humano, e água de esgotos. Entre estes níveis estão:

- Água potável: água para consumo humano cujos parâmetros atendam ao padrão de potabilidade e não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2005);

- Água limpa não potável: é onde se enquadra a água da chuva recolhida, que pode ser aproveitada para outros usos domésticos, industriais ou agrícolas, que não envolvem o contato humano direto. Porém, segundo a NBR 15527 (2007), água não potável é toda aquela que não atende a Portaria nº 528 do Ministério da Saúde;

- Águas cinzentas: águas residuais domésticas que não provêm dos sanitários (VERDADE, 2008);

- Águas negras: águas do esgoto doméstico, contendo fezes humanas, urina e papel higiênico (GONÇALVES, 2006).

Além destes, a água pode ser avaliada por seus atributos. Segundo Nuvolari et al. (2007), a água possui propriedades avaliadas em:

- Físicas: cor, turbidez, odor, sabor, temperatura;
- Químicas: pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro e manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, metais pesados, micropoluentes orgânicos;
- Biológicas: algas, bactérias, fungos, vírus, protozoários, helmintos.

Algumas destas características da água indicam as impurezas contidas. Características físicas, são de menor importância quanto a qualidade da água, porém “levam à preferência pela água de melhor aparência, que pode inclusive, ser de pior qualidade” de acordo com Nuvolari et al. (2007, p. 28). Características biológicas

podem revelar a presença de organismos como bactérias, vírus, protozoários, algas, fungos e helmintos e a partir dessa avaliação é possível controlar a transmissão de doenças. (NUVOLARI et al., 2007)

O uso da água em residências exige algumas particularidades. Nuvolari et al. (2007), apresentam algumas características da qualidade da água requerida para uso doméstico, como:

- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde;
- Isenta de organismos prejudiciais à saúde;
- Adequada para serviços domésticos;
- Baixa agressividade e dureza;
- Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de microorganismos).

Segundo Group Raindrops (2002), alguns níveis de qualidade da água podem ser representados por meio da figura 17.

Figura 17 – Diferentes níveis de qualidade da água exigidos conforme uso.

Usos da água da chuva	Tratamento da água
Rega das plantas	Não é necessário
Irrigadores, Combate ao fogo, Para refrescar o ar.	É necessário para se manter os equipamentos em boas condições
Lagoa/Fonte, Banheiro, Lavar roupas, Lavar carros	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano
Banho/Piscina, Para beber, Para cozinhar.	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

A NBR 15527 (2007) recomenda que os padrões de qualidade da água da chuva a ser aproveitada devem depender do uso a que será proposta. Com isso, apresenta os parâmetros de qualidade de água da chuva para usos restritivos não potáveis, a partir da tabela representada na figura 18.

Figura 18 – Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos 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 usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da 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 desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: NBR 15527 (2007).

Com isso, conclui-se que a água da chuva pode suprir diversos usos domésticos mesmo não sendo potável. É importante evidenciar, que a qualidade da água depende do uso a que será destinada. Ademais, para que seja tratada, deve-se levar em consideração a região onde a água será coletada, pois as partículas carregadas pelo ar, serão levadas com a chuva, e podem contaminar o volume captado.

5.5 Normativas com relação a água

Atualmente, com a disseminação de assuntos e debates sobre sustentabilidade, em todo mundo, normas e leis começam a tratar sobre economia de água, reaproveitamento e eficiência energética, entre outros temas que demonstram essa preocupação com o meio ambiente. Ainda assim, essas normativas são muito recentes e até então, não tão populares quanto deveriam ser para causar uma real redução nas causas do impacto ambiental.

Segundo Silva (1998, p. 33), uma das primeiras leis sobre controle de poluição das águas é o “Acto Inglês”, de 1388, considerada a primeira lei britânica sobre poluição das águas e do ar, onde “proibia o lançamento de excrementos, lixo e detritos em fossas, rios e outras águas” e também regulamentava sobre resíduos industriais. Além desta, as leis de proteção aos mananciais, de Augsburgo (Alemanha), em 1453, buscavam controlar a contaminação dos rios que serviam ao abastecimento público. Outra normativa é o texto francês mais antigo a respeito do combate à poluição das águas, de 1829, que previa multa ou prisão a quem depositasse nos cursos de água, drogas ou produtos que causassem envenenamento dos peixes.

De acordo com Silva (1998, p. 69) em 1965, a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) lançou o Decênio Hidrológico Internacional, “com o objetivo principal de inventariar os recursos hídricos e capacitar pessoal técnico no seu manejo”. A partir de então, o Conselho da Europa elaborou a Carta Europeia da Água, para identificar alguns princípios éticos e técnicos sobre a gestão da água, buscando alternativas para menores impactos ao meio ambiente.

Com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, em Estocolmo, em 1972, começou-se a falar realmente sobre conscientização e gestão ambiental. Só então, muitos países começaram a buscar meios de controlar a exploração dos recursos naturais e se adaptar a novos princípios embasados na sustentabilidade.

No Brasil, até a criação do Ministério da Saúde atual, houveram outros sistemas responsáveis pela distribuição e controle da água. Em 1961, foi regulamentado o Código Nacional de Saúde, que previa um sistema nacional para proteção das águas, orientação dos serviços de saneamento e abastecimento, fiscalizado por autoridades sanitárias competentes. Seguinte a isso, a Constituição Federal de 1967 e a Emenda Constitucional nº 1/69 também estabeleciam algumas regras de legislação sobre as águas. Em 1971, foi criado o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), uma política

nacional responsável por prover serviços de água e esgoto a população. (SILVA, 1998)

Conforme Silva (1998), em princípio, o Ministério da Saúde seria responsável pela Política Nacional de Saúde, atividades médicas e paramédicas, ações preventivas em geral, vigilância sanitária de fronteiras e portos marítimos, fluviais e aeroportos, controle de drogas, medicamentos e alimentos e pesquisa médico-sanitária. A partir disso, se desenvolveu o Sistema Nacional de Saúde, instituído pelo governo em 1975, como forma de controle e coordenação do setor da saúde

Ainda conforme o referido autor (1998), em 1977, ocorreu a Conferência da Água das Nações Unidas, na Argentina, instituindo o Decênio Internacional de Abastecimento da Água Potável e Saneamento (1980 a 1990), tendo por principal objetivo aumentar a oferta de água tratada e o tratamento de esgoto a população. No Brasil, buscou-se alcançar tais objetivos por meio do PLANASA.

Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos a partir do conceito: “A não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (NUVOLARI et al., 2007, p. 96). Com isso, se incentiva a utilização de água por outras fontes que não apenas as águas potáveis da concessionária, e justifica-se o uso de águas não-potáveis em outros usos que não o de beber.

Segundo a NBR 5626 (1998), as normas de padrão e potabilidade são determinadas pela Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990, do Ministério da Saúde. Nuvolari et al. (2007), apresenta a Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000, do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões mais atualizados que a anterior. Porém, a NBR 15527 (2007), indica a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde como norma de qualidade de água para o consumo humano, sendo essa norma, o que se tem de mais atualizado sobre a potabilidade da água.

A NBR 15527 (2007) – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, traz algumas condições para o aproveitamento da água da chuva, e ainda indica outras como referência:

- NBR 5626 (1998): Instalação Predial de Água Fria;
- NBR 10844 (1989): Instalações Prediais de Águas Pluviais;
- NBR 12213 (1992): Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;

- NBR 12214 (1992): Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público;

- NBR 12217 (1994): Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

Atualmente, diversos projetos de lei visam regulamentar sobre o aproveitamento da água da chuva. Porém, destes, poucos foram aprovados e ainda nenhuma lei que determine os sistemas de aproveitamento de água da chuva como fonte obrigatória em construções residenciais ou mesmo um prazo para a instalação de outras alternativas que não a água potável.

Abaixo, as tabelas apresentam uma listagem de projetos propostos nos últimos anos referentes ao aproveitamento da água da chuva pelo Senado Federal, discriminando em aprovados (TABELA 1) ou em tramitação (TABELAA 2).

Tabela 1: Projetos aprovados pelo Senado Federal.

Situação	Projeto de Lei	Autoria	Ementa
Aprovado	n° 411 /2007	Senador Marcelo Crivella	"Institui mecanismos de estímulo à instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais e de reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas. "
	n° 432 /2011	Senadora Ana Rita	"[...] estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências, para estimular a adoção de medidas voltadas para o amortecimento e a retenção das águas pluviais em áreas urbanas. "
	n° 326 /2015	Senador Donizeti Nogueira	"[...] incluir o aproveitamento de águas pluviais como um dos seus objetivos. "

Fonte: BRASIL. Compilação do autor.

Tabela 2: Projetos em tramitação pelo Senado Federal.

Situação	Projeto de Lei	Autoria	Ementa
Em Tramitação	n° 112 /2013	Senador João Durval	“[...] objetivo de instituir incentivos e programas para implantação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em condomínios residenciais e comerciais. ”
	n° 119 /2013	Senador Wilder Moraes	“Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva na construção de prédios públicos bem como sobre a utilização de telhados ambientalmente corretos. ”
	n° 252 /2014	Comissão de Direitos Humanos e Legislação Participativa	“Dispõe sobre a adoção de práticas de construção sustentável. ”
	n° 13 /2015	Senador Humberto Costa	“[...] promover o uso de fontes alternativas de abastecimento de água.”
	n° 15 /2015	Senador Ivo Cassol	“[...] determinar a exigência de sistemas de captação de águas pluviais. ”
	n° 24 /2015	Senador Wilder Moraes	“Dispõe sobre a obrigatoriedade da implantação de sistemas de coleta, armazenagem e uso de águas pluviais e de reúso de águas residuais em edificações executadas com recursos da União. ”
	n° 51 /2015	Senador Cássio Cunha Lima	“[...] estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências, para instituir normas sobre o abastecimento de água por fontes alternativas. ”
	n° 108 /2015	Senador Wilder Moraes	“[...] estabelece diretrizes para o saneamento básico e dá outras providências, para criar incentivos ao uso moderado da água tratada e ao aproveitamento de águas pluviais e de reúso. ”
	n° 317 /2015	Senador Dário Berger	“Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de sistema de captação de energia solar e de sistema de captação, armazenamento e utilização de águas pluviais na construção de novos prédios públicos para a utilização em atividades que não necessitem de água potável. ”
	n° 324 /2015	Senador Donizeti Nogueira	“Institui obrigatoriedade para as novas construções, residenciais, comerciais, e industriais, público ou privado, a inclusão no projeto técnico da obra, item referente a captação de água da chuva e seu reuso não potável e dá outras providências. ”

Fonte: BRASIL. Compilação do autor.

A partir desses dados fornecidos pelo site do Senado Federal, é possível perceber que já existem iniciativas por parte do poder legislativo para implementação e divulgação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva. Porém, ainda poucos projetos foram aprovados quando em relação a tantos que foram propostos.

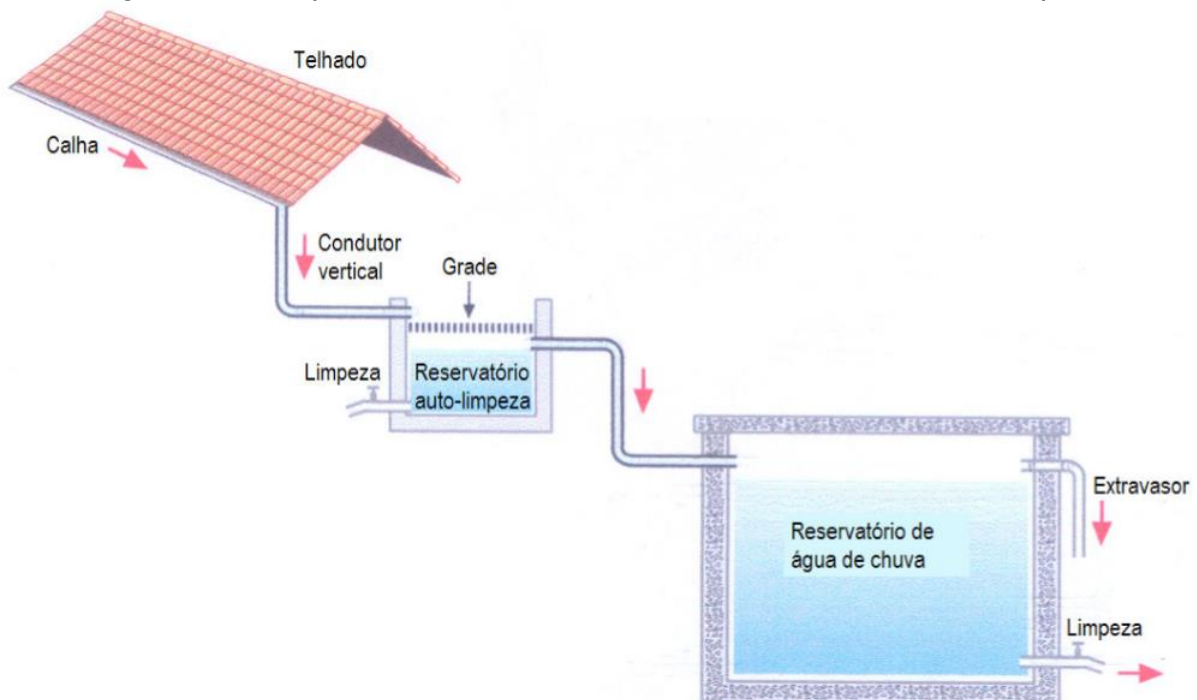
5.6 Funcionamento do sistema

Os sistemas de aproveitamento da água da chuva não são aplicados da mesma maneira em cada projeto. Sua instalação é específica em cada construção. Porém, de modo geral, todos englobam algumas etapas essenciais. Dentre estas, as principais são: captação, tratamento e reserva.

Contudo, antes que seja depositada no reservatório, é preciso eliminar a primeira parte da água, pois ela carrega grande quantidade de impurezas. Esta etapa se chama “*first flush*”, ou primeira descarga (VERDADE, 2008). Depois que essa primeira água é eliminada, é preciso que o volume a ser recolhido, seja filtrado, para não carregar pequenas impurezas para os encanamentos, evitando a turbidez da água, e o entupimento das tubulações. Posteriormente a essa filtragem e tratamento, a água é destinada ao reservatório, que vai distribuí-la aos pontos de utilização. (BERTOLO, 2002)

Tomaz (2009) apresenta um esquema simplificado do sistema demonstrado na figura 19.

Figura 19 – Esquema de funcionamento do reservatório de autolimpeza.



Fonte: TOMAZ (2009, p. 8).

5.6.1 Captação

A captação envolve principalmente a superfície de recolha e suas propriedades. Área, material e inclinação. Bertolo (2006) afirma que a qualidade da água recolhida depende dos materiais de revestimento da superfície de recolha e do estado de manutenção. Isso, também considerando que a água “limpa” a superfície de recolha nos primeiros minutos de chuva.

Da superfície de recolha, a água é conduzida ao reservatório. Porém, esse percurso ainda engloba algumas etapas, como: eliminação da primeira água e tratamento.

5.6.2 “*First flush*” (Primeira descarga)

Segundo Nuvolari et al. (2007), para utilizar a água da chuva, é preciso rejeitar a primeira parte da chuva. Para isso, nos sistemas de aproveitamento de água da chuva, se faz necessária a instalação de mecanismos de primeira descarga, que eliminem essa primeira água, como confirma Group Raindrops (2002). Bertolo (2006) também indica que após um longo período seco, é importante eliminar a água da primeira chuva, principalmente, após a obra, logo em seguida a instalação da superfície, é preciso desviar uma quantidade significativa de água que seja capaz de eliminar sobras de materiais e a poeira da construção.

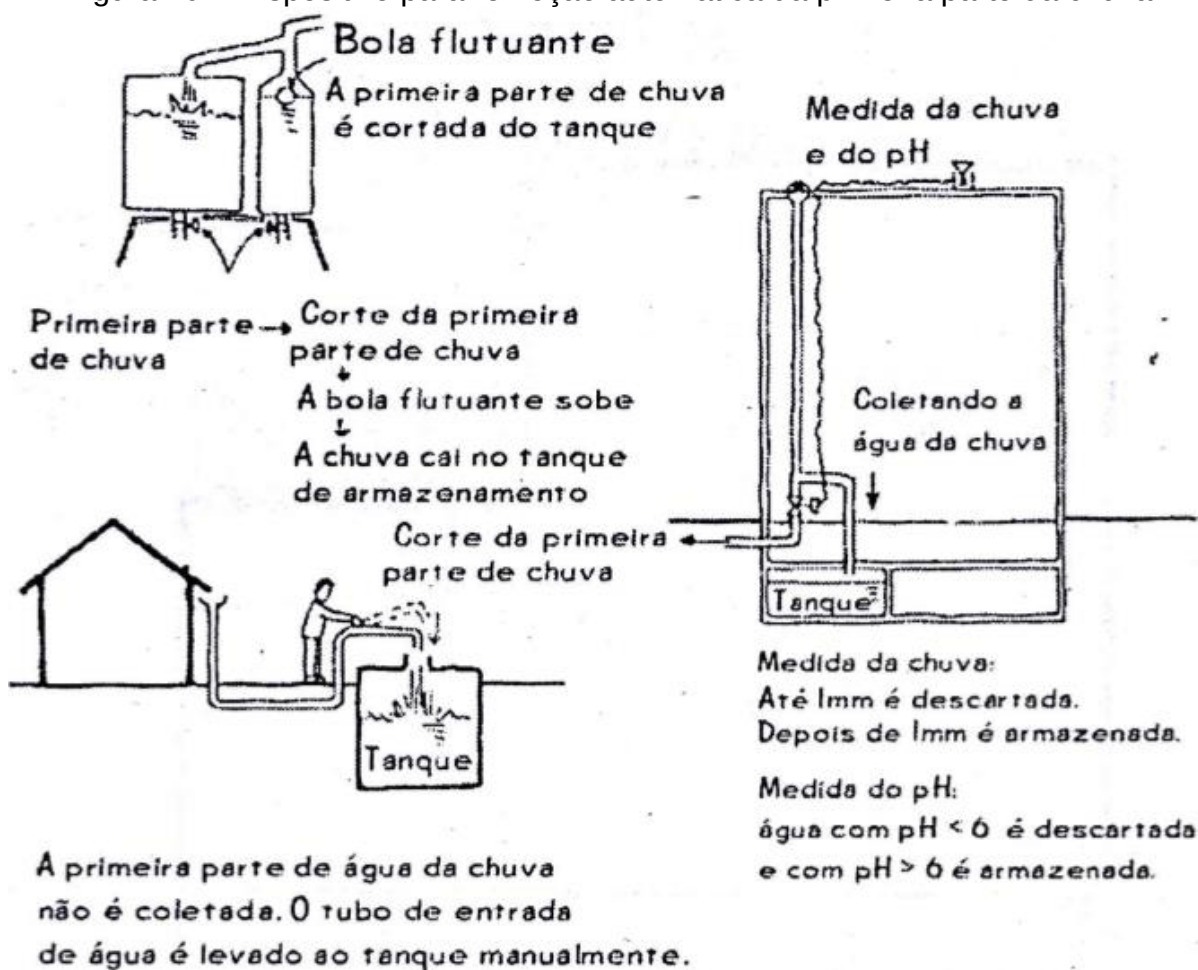
Quando se recolhe a água por superfícies como telhados, onde não há fluxo de pessoas, e de difícil acesso para limpeza e manutenção, é preciso que a primeira água da chuva seja eliminada pois pode conter pó, folhas de árvores, dejetos de animais, e outros tipos de impurezas, que serão levadas por essa primeira chuva. Para isso, existem alguns tipos de mecanismos para eliminação desse “*first flush*”.

A maioria dos sistemas de eliminação da primeira água da chuva, consistem em um primeiro pequeno reservatório, onde a água chega antes do tubo de queda. Quando este primeiro reservatório estiver cheio, a água transborda e segue o fluxo para o tubo de queda. Assim, a primeira água, juntamente com as impurezas que possam ter sido trazidas com ela, são eliminadas.

Group Raindrops (2002) apresenta um modelo de sistema de eliminação da primeira parte de chuva, composto por um tanque inicial, e uma tampa com boia. A

tampa do tanque é conectada a uma boia, que flutua sobre a água, e conforme o nível dessa água sobe, a boia flutua, travando a tampa quando o tanque estiver cheio. Desta forma, o dispositivo impede que a água continue a cair nesse primeiro reservatório de água contaminada que será descartada, e direcionando o fluxo da segunda parte de água ao reservatório definitivo. Esse modelo pode ser representado como na figura 20.

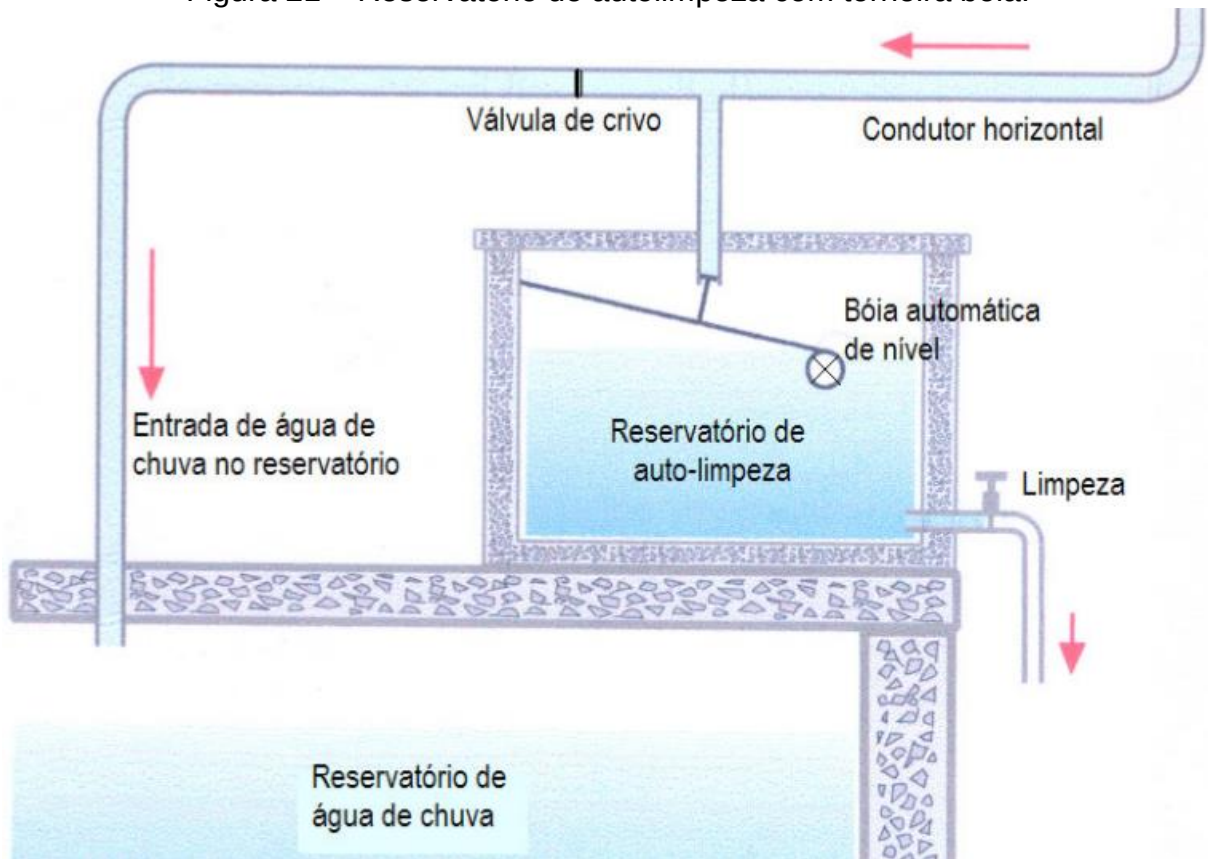
Figura 20 – Dispositivo para remoção automática da primeira parte da chuva.



Fonte: GROUP RAINDROPS (2002, p. 102).

May (2004), ainda apresenta outro método de eliminação da primeira água com fechamento do tanque por boia, conforme a figura 21. Nesse exemplo, ao fim da chuva, se faz necessário o acionamento manual do registro de limpeza, para que seja possível a vazão da primeira água e seja liberado espaço para a próxima chuva.

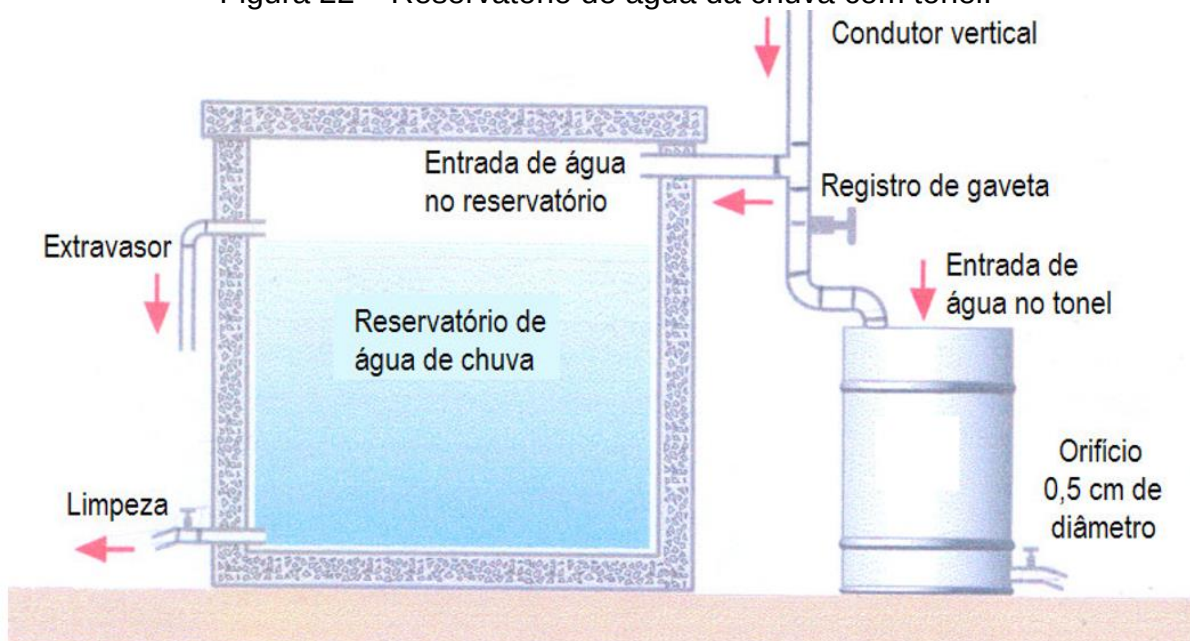
Figura 21 – Reservatório de autolimpeza com torneira boia.



Fonte: MAY (2004, p. 63)

Além dos tanques de fechamento por boia, May (2004), sugere outro método de eliminação da primeira água da chuva. Essa primeira água cai por gravidade diretamente em um primeiro tonel e escoar pelo orifício inferior. Porém, a vazão da água da chuva para o tonel é maior que a vazão da água que sai pelo orifício inferior, e assim, enchendo-o até que o nível da água atinja o ramal horizontal, e escoar para o reservatório de armazenamento. Deste modo, a quantidade de água extravasada é maior que o volume do tonel e a descarga deste só encerra posteriormente ao fim da chuva. Esse exemplo é esquematizado na figura 22.

Figura 22 – Reservatório de água da chuva com tonel.



Fonte: Dacach (1990, *apud* MAY, 2004, p. 70).

No caso citado representado na figura 22, para garantir a sustentabilidade do sistema, é preciso que a água extravasada do tonel possa permear o solo. Sendo assim, indica-se que o tonel esteja próximo de áreas de solo permeável. Ou seja, deve ser projetada tubulação que cumpra essa função.

Como mencionado anteriormente, a chuva carrega as partículas em suspensão na atmosfera. Nas áreas urbanas, são substâncias como dióxido de enxofre e óxidos de hidrogênio emitidos por automóveis e fábricas. Group Raindrops (2002) sugere que até a precipitação superar o 1° mm, a água da chuva deve ser eliminada devido à alta contaminação e não deve ser utilizada para fins potáveis ou outros usos.

A NBR 15527 (2007), recomenda que o dispositivo para descarte da água de escoamento inicial seja automático e o volume seja de 2mm da precipitação inicial. Segundo Nuvolari et al. (2007), outro método para se obter o volume de água a ser descartada é o cálculo de 40 litros para cada 100 m² de área da superfície de captação.

5.6.3 Tratamento da água

Posteriormente à eliminação da primeira água, ainda será necessário algum tipo de tratamento da água antes de ser aproveitada. Os tratamentos mais comuns são

filtragem e cloração. O filtro impede que impurezas como pequenos grãos de areia sigam o fluxo para o reservatório, e a cloração, se baseia na adição de cloro à água. O cloro age como desinfetante, matando bactérias, vírus e protozoários, impedindo que se reproduzam, evitando a incidência de limo e algas, e mantendo a água limpa dentro do reservatório.

Bertolo (2006) considera opcional o tratamento da água da chuva além da filtração e remoção de sedimentos quando o uso não tiver contato humano direto, como por exemplo lavar roupas e regar plantas. Porém se for usada para beber, banhos e cozinhar, a etapa de desinfecção se faz necessária. O referido autor (2006), apresenta algumas técnicas de tratamento da água da chuva, na tabela representada pela figura 23:

Figura 23 – Técnicas de Tratamento de água da chuva.

TÉCNICAS DE TRATAMENTO		
Método	Localização	Resultado
PRÉ-FILTRAÇÃO		
Filtros e Filtros de folhas	Caleiras e condutas	Previne a entrada de folhas e outros detritos dentro do reservatório
SEDIMENTAÇÃO		
Sedimentação	Dentro do reservatório	Sedimentação de partículas em suspensão
FILTRAÇÃO		
Em linha/ Multi-cartucho	Após a bomba	Criva os sedimentos
Carvão activado	Na torneira	Remove o Cloro
Osmose inversa	Na torneira	Remove contaminantes
Meios combinados	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão
Areia	Reservatório separado	Retêm partículas de matéria em suspensão
DESINFECÇÃO		
Fervura/ Destilação	Antes da utilização	Elimina os microorganismos
Tratamentos químicos (Cloro ou Iodo)	Dentro do reservatório ou na bomba (liquido, em pastilha ou granulado)	Elimina os microorganismos
Radiação U.V.	Depois do filtro de carvão activado e antes da torneira	Elimina os microorganismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina os microorganismos

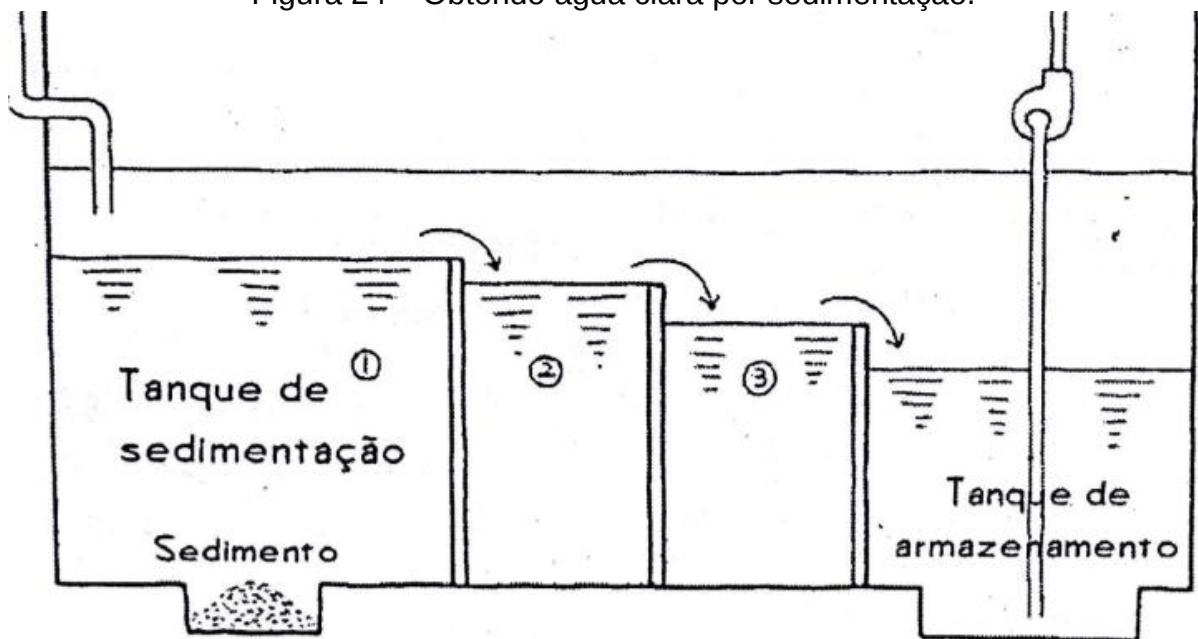
Fonte: BERTOLO (2006, p. 66).

Como confirma Bertolo (2006) por meio da figura 23, a água pode ser tratada por diferentes processos. Além da purificação por filtros, a NBR 15527 (2007) indica outros

dois métodos de tratamento da água: radiação ultravioleta e ozônio. A norma também recomenda que os dispositivos instalados para remoção de detritos atendam a NBR 12213.

Group Raindrops (2002) sugere alguns tipos de tanques de filtragem. Um dos exemplos é onde a água pode ser filtrada por sedimentação. O tanque é subdividido, e a água da superfície é a que segue o percurso, fazendo com que as partículas fiquem no fundo dos primeiros tanques. Quanto maior o tempo de armazenamento, maior o efeito da sedimentação. Isso é demonstrado na figura 24.

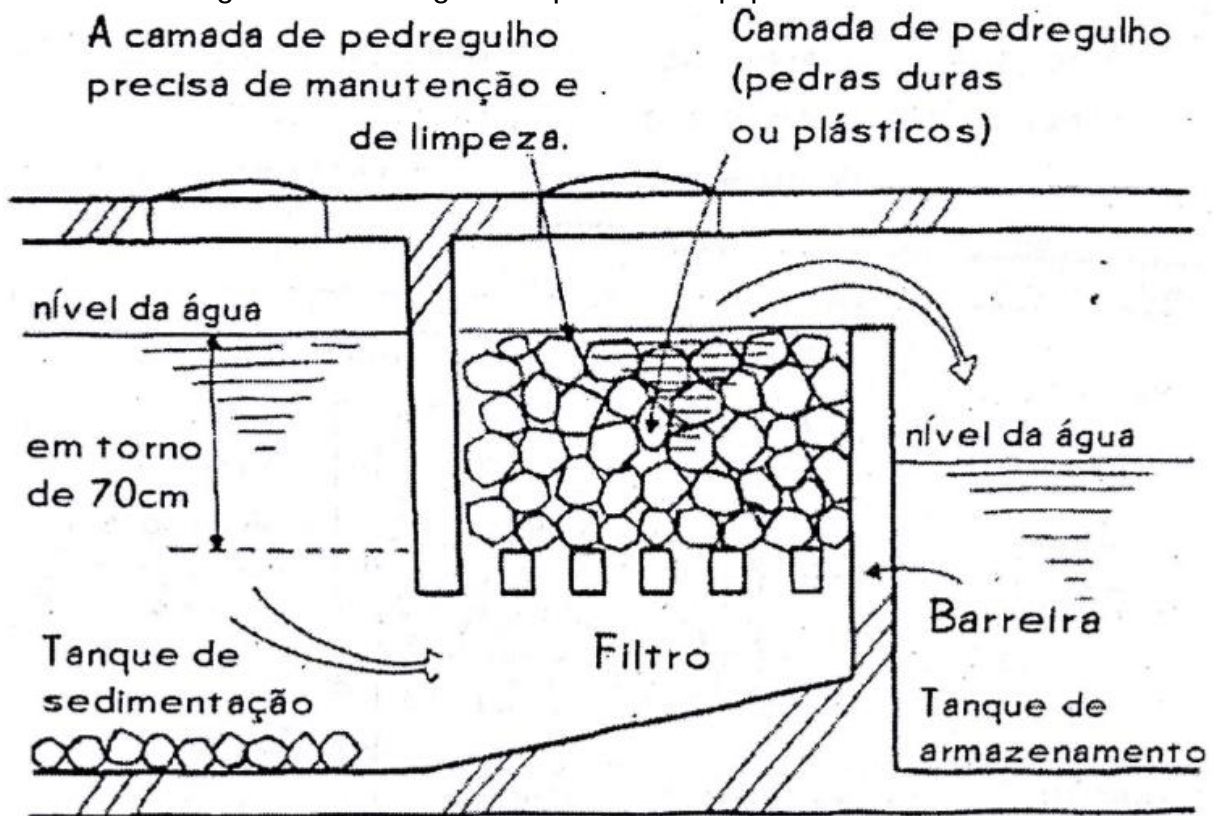
Figura 24 – Obtendo água clara por sedimentação.



Fonte: GROUP RAINDROPS (2002, p. 116).

Também é possível ser construído um tanque de filtragem com pedregulhos, posterior a um tanque de sedimentação. Assim, a água utilizada não carrega as partículas decantadas. Deste modo, Group Raindrops (2002) comprova isso por meio da figura 25.

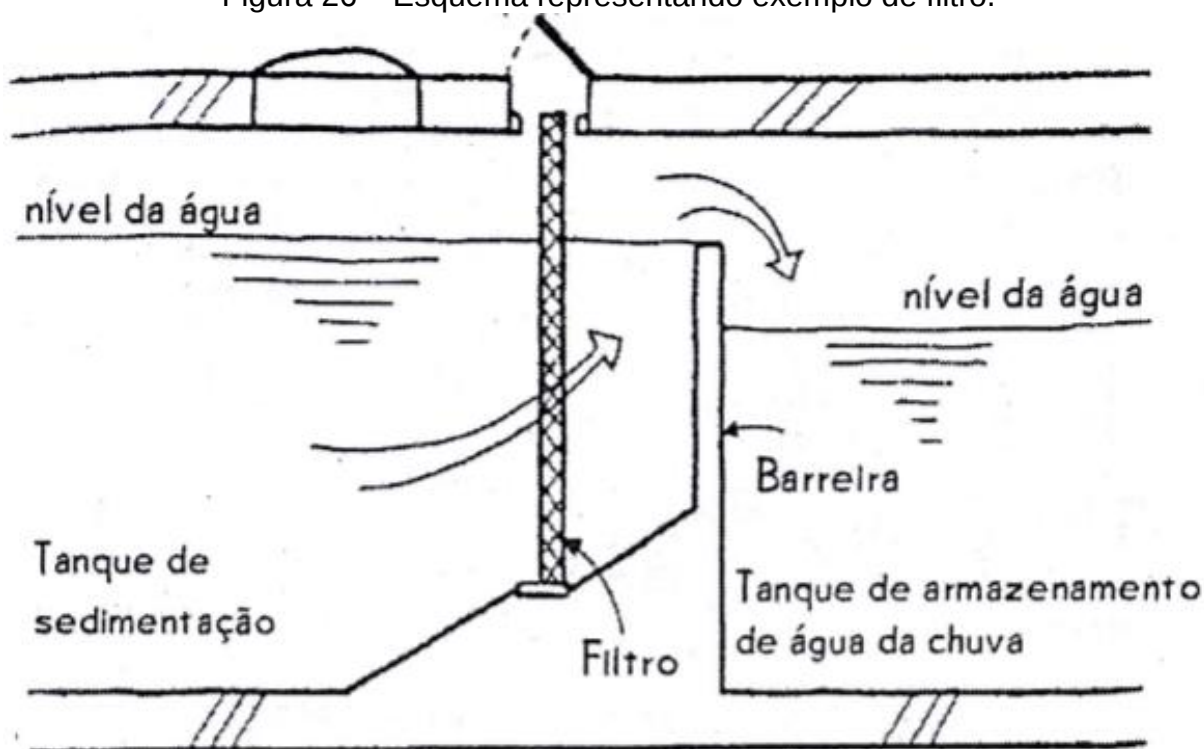
Figura 25 – Filtragem simples sem equipamentos elétricos.



Fonte: GROUP RAINDROPS (2002, p. 120).

Outro exemplo é a utilização de dois tanques. O primeiro para sedimentação, e o segundo de armazenamento, fazendo uso de um filtro de material inoxidável entre ambos. A água no reservatório de armazenamento passa pela malha fina do filtro e as partículas do tanque de sedimentação não seguem o fluxo para as tubulações. O filtro precisa ser retirado e limpo quando estiver entupido, como demonstra a figura 26. (GROUP RAINDROPS, 2002)

Figura 26 – Esquema representando exemplo de filtro.



Fonte: GROUP RAINDROPS (2002, p. 121).

5.6.4 Armazenamento

Após a filtragem, a água é destinada ao reservatório de armazenamento. O reservatório apresenta um papel importante na qualidade da água recolhida pois o tratamento da água continua sendo feito neste ambiente. No reservatório algumas impurezas que não tenham sido filtradas, decantam, e se depositam ao fundo, podendo ser removidas (BERTOLO, 2006). Faz parte da instalação, que o ponto de captação da água do reservatório para os pontos de utilização, não seja tão baixo quanto à altura de partículas decantadas e nem tão alto que agite a superfície, e afunde partículas que estiverem depositadas por capilaridade.

5.6.5 Distribuição

A partir do reservatório, a água recolhida da chuva segue para os pontos de distribuição por tubulações próprias. A NBR 15527 (2007) referente à água da chuva, indica que não podem haver conexões entre tubulações de água da chuva e água potável. A norma recomenda que os pontos de utilização da água da chuva sejam

sinalizados como água não potável quando esta não tiver recebido o devido tratamento para que possa ser aproveitada para consumo.

Sobre especificações das tubulações, a NBR 15527 (2007) indica que as calhas e condutores devem atender à NBR 10844 (1989).

6. APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL EM EDIFICAÇÕES EXISTENTES

Quando se fala em novas instalações em edificações já existentes, há um certo receio em executar reformas por parte das equipes técnicas das áreas de construção civil. Isso existe, devido à sensibilidade a alterações dos edifícios já construídos. A construção existente exige especial atenção à estrutura, assim como às técnicas de reforma em si, para que não causem grandes impactos que possam colocar a estabilidade em risco.

Nesse caso, o estudo do aproveitamento da água da chuva é um incentivo ao uso racional da água buscando um meio de reduzir o grande impacto ambiental nas cidades. Esse estudo aborda as construções multifamiliares por serem as que representam o maior uso de água nos centros urbanos e representam relevante economia de água quando contam com sistemas de aproveitamento da água da chuva, bem como uma melhor relação custo-benefício.

Edifícios residenciais são a maioria das edificações nos grandes centros urbanos. Representam um percentual mais significativo quando comparados aos usos de outras edificações em altura. Principalmente em relação às edificações multifamiliares, com alturas entre 8 e 12 andares. Por esse motivo, esse estudo vai tratar especialmente de possibilidades de instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva para esse tipo de edificação, apresentando detalhes sobre esse sistema, que representa uma alternativa a redução de impactos e da poluição da água.

Para instalar qualquer sistema de aproveitamento da água da chuva em edificações, é necessário a realização de estudos de viabilidade. Desta forma, apresentam-se a seguir os principais tópicos a serem analisados, para a aplicação do sistema em edificações já existentes. No caso, residências multifamiliares entre 8 e 12 andares.

6.1 Caracterização da Edificação

Para analisar a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, os principais pontos a serem considerados são:

- Índice pluviométrico da região;
- Dados da demanda de consumo do usuário;

- Uso da água da chuva na edificação;
- Local de instalação do reservatório;
- Sistema estrutural da edificação;
- Sistema de distribuição de água fria e pluvial existentes;
- Superfície de recolha.

6.1.1 Índice pluviométrico da região

Para que seja possível coletar água da chuva suficiente para suprir as necessidades desejadas, é preciso saber nível de precipitação da região. A partir da determinação desse volume de chuva, será possível dimensionar o tamanho do reservatório, pois influencia diretamente a quantidade de água a se armazenar. Quanto mais frequente a chuva, menor quantidade de água precisa ser reservada para atender as necessidades de consumo na edificação, pois haverá maior disponibilidade. Quanto menor o volume de chuva, será necessário guardar maior volume de água para suprir a demanda nos períodos secos.

Para caracterizar esse volume e frequência das chuvas, faz-se necessário consultar os dados pluviométricos de cada localidade. O índice pluviométrico médio mensal e anual das capitais do país são expostos na tabela apresentada na figura 27 abaixo.

Figura 27 – Tabela de precipitações médias mensais em milímetros das capitais do Brasil.

Capitais	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Aracaju	55	80	150	250	275	200	200	100	90	70	45	50	1565
Belém	360	410	430	360	300	130	150	120	130	110	110	210	2820
Belo Horizonte	300	190	160	50	30	10	10	10	30	120	220	320	1450
Brasília	245	210	190	130	40	10	15	15	50	170	240	250	1565
Campo Grande	250	185	145	100	110	35	35	20	80	130	110	230	1430
Cuiabá	210	200	160	130	50	20	10	10	60	120	160	190	1320
Curitiba	170	140	130	95	100	110	90	75	115	135	120	150	1430
Florianópolis	175	200	195	95	95	75	95	95	125	125	125	150	1550
Fortaleza	120	210	320	330	220	160	90	20	15	10	10	40	1545
Goiânia	270	210	210	120	30	10	0	10	30	170	210	260	1530
João Pessoa	80	120	230	310	310	390	290	200	40	50	40	30	2090
Macapá	300	350	410	380	350	210	180	100	30	30	50	140	2530
Maceió	60	70	170	340	350	275	280	160	150	70	30	60	2015
Manaus	260	280	310	300	250	75	60	55	60	100	170	200	2120
Natal	40	150	250	320	190	300	240	140	60	20	30	30	1770
Porto Alegre	100	110	105	85	90	130	120	140	140	110	105	100	1335
Porto Velho	350	300	310	200	110	30	20	200	90	190	200	320	2320
Recife	100	150	250	310	310	390	390	210	110	60	40	60	2380
Rio Branco	275	275	225	175	100	50	50	50	100	175	210	260	1945
Rio de Janeiro	120	110	100	140	70	70	60	30	80	80	90	170	1120
Salvador	110	130	140	320	340	250	180	130	110	120	120	130	2080
São Luiz	250	380	420	480	310	170	130	30	20	10	10	100	2310
São Paulo	235	250	160	75	75	50	40	30	75	125	150	200	1465
Teresina	250	260	280	280	110	30	10	10	20	20	50	120	1440
Vitória	140	70	120	80	70	60	70	55	70	130	170	190	1225

Fonte: TOMAZ (2008, p. 11).

6.1.2 Usuário

Outro fator para o dimensionamento do reservatório é a definição da demanda de consumo de água pelos usuários da edificação, e quais usos se destina o abastecimento da água de chuva pelo sistema. O cálculo inclui quantas pessoas utilizarão essa água e por quanto tempo que garanta o fornecimento mesmo em períodos de secas.

Para dados mais específicos e valores mais aproximados, é possível utilizar os valores de consumo médio por pessoa por estado exibidos na tabela representada pela figura 28 abaixo. É importante salientar que esse dado engloba o consumo geral por pessoa, incluindo usos potáveis e não potáveis.

Figura 28 – Tabela de valores de consumo médio per capita de água por dia segundo estado e região geográfica do Brasil.

Estado / Região	IN ₀₂₂ (l/hab.dia)	IN ₀₂₂ (l/hab.dia)	Variação
	Média últimos 3 anos	Ano 2015	2015 / Média últimos 3 anos
Acre	164,0	169,1	3,1%
Amazonas	161,7	171,8	6,3%
Amapá	176,4	163,0	-7,6%
Pará	149,1	141,6	-5,0%
Rondônia	184,9	179,1	-3,1%
Roraima	149,0	163,2	9,5%
Tocantins	136,9	130,5	-4,7%
Norte	155,3	154,3	-0,7%
Alagoas	115,9	98,6	-14,9%
Bahia	114,1	117,0	2,5%
Ceará	128,0	130,2	1,7%
Maranhão	197,1	125,1	-36,5%
Paraíba	136,7	110,4	-19,2%
Pernambuco	107,0	100,7	-5,9%
Piauí	136,7	135,4	-0,9%
Rio Grande do Norte	116,6	116,3	-0,3%
Sergipe	122,7	118,8	-3,2%
Nordeste	125,3	116,1	-7,4%
Espírito Santo	193,1	178,6	-7,5%
Minas Gerais	157,5	148,8	-5,5%
Rio de Janeiro	249,3	254,6	2,1%
São Paulo	186,7	159,2	-14,7%
Sudeste	192,2	176,0	-8,4%
Paraná	145,1	138,4	-4,6%
Rio Grande do Sul	154,9	159,6	3,0%
Santa Catarina	154,5	148,8	-3,7%
Sul	150,9	148,7	-1,5%
Distrito Federal	186,4	153,7	-17,5%
Goiás	146,5	136,3	-6,9%
Mato Grosso do Sul	155,5	156,0	0,3%
Mato Grosso	157,6	163,5	3,7%
Centro-Oeste	158,7	148,8	-6,3%
Brasil	165,3	154,0	-6,8%

Fonte: SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (2017).

6.1.3 Uso da água da chuva na edificação

Para que se possa selecionar o tipo de instalação para o aproveitamento da água da chuva, é preciso que sejam definidos os usos que essa água terá na edificação. Como já foi dito anteriormente, a água da chuva não é recomendada para fins potáveis nos centros urbanos devido à poluição, mas ainda assim, pode ser utilizada para os demais usos.

No caso do uso não potável, a água da chuva pode ser utilizada em sanitários, rega de plantas, tanque de lavar roupas, jardins, máquinas de lavar louças e roupas. Cada uso exigirá um tratamento específico, por isso, é preciso definir onde a água será destinada, para que sejam estudados os tipos de instalações, o que será necessário reformar, quais tubulações podem ser reaproveitadas, e quais precisam ser relocadas.

A partir disso, é preciso calcular se apenas a água da chuva será suficiente para suprir todos os usos escolhidos, e quais pontos também terão abastecimento de água tratada. O reservatório também deve prever uma tubulação para o abastecimento complementar para atender situações atípicas, como consumo em situações de secas anormais.

Outro aspecto a ser considerado é a qualidade da água recolhida, pois isso influencia as possibilidades de uso. Sendo assim, é preciso que a análise da água seja feita associando-se aos requisitos mínimos necessários ao uso desejado. (NUVOLARI et al., 2007)

Bertolo (2006, p. 65) também ratifica que o uso da água da chuva depende da sua qualidade:

O sistema de tratamento a utilizar num sistema de aproveitamento de água da chuva depende da qualidade da água recolhida e das exigências de qualidade da água em função das utilizações a que se destina. Antes de tomar uma decisão acerca de qual o método de tratamento a utilizar, devem efectuar-se análises da água num laboratório aprovado e determinar se a água poderá ou não ser utilizada para fins potáveis. (BERTOLO, 2006, p. 65)

6.1.4 Análise do local de instalação do reservatório

Uma das primeiras análises a ser feita para o estudo de instalação de sistemas de aproveitamento da água da chuva é a disponibilidade de espaço para reservatórios

desse sistema, além dos já existentes. Essa água recolhida precisa ser acumulada de modo a facilitar sua distribuição, e não ter contato com a água da concessionária.

Os reservatórios podem ser situados acima ou abaixo do solo. Acima do solo, evita-se investimentos com escavações e facilitam manutenções. Já abaixo do solo, é necessário o uso de bombas, e se obtém temperaturas mais frescas que vêm a evitar a proliferação de bactérias, algas ou fungos. (BERTOLO, 2006)

Considerando uma edificação entre 8 e 12 andares, é muito mais eficiente que a água recolhida seja armazenada na altura da última laje, abaixo da cobertura, para que a distribuição possa ser feita por gravidade e não seja necessária a instalação de bomba para direcionar a água aos pontos de utilização. Ao se considerar o telhado como superfície de captação, a água será filtrada, armazenada e direcionada, acima do último pavimento e logo abaixo da cobertura.

A maior atenção é dada à estrutura da edificação existente. Dependendo do local escolhido, a instalação dos tanques pode afetar a estrutura da construção e na maioria das vezes, esta não está preparada para comportar mais um reservatório superior. Por isso, é preciso uma análise de custo e viabilidade que compare reforçar a estrutura, para que seja possível a instalação do reservatório superior distribuindo a água por gravidade, ou manter a estrutura como está, construir o novo reservatório inferior, e fazer uso de uma bomba para uma distribuição eficiente da água.

A necessidade de aumentar o percurso da água, localizar o reservatório no térreo, ou subsolo, e fazer o uso de bomba, tendem a encarecer os custos da instalação. Por isso, considera-se prioridade, o estudo do espaço destinado ao reservatório.

Bertolo (2006, p. 49) esclarece sobre a influência que o posicionamento do reservatório pode ter em relação a eficiência do sistema:

De forma a maximizar a eficiência, os reservatórios devem localizar-se tão perto quanto possível de ambos os pontos, o de fornecimento e o de consumo. Se se pretender a utilização da água da chuva por gravidade, os reservatórios deverão localizar-se no ponto com maior cota possível. (BERTOLO, 2006, p. 49)

Group Raindrops (2002, p. 97) também promove a sustentabilidade no projeto do sistema de aproveitamento da chuva: “[...] é razoável coletar a água da chuva de uma calha e armazená-la em um tanque instalado perto do local onde será utilizada.”

Deste modo, é possível obter-se um projeto mais eficiente e que promove a economia de materiais, ao reduzir o percurso da água por tubulações.

6.1.5 Sistema estrutural existente

Dadas as considerações observadas a respeito da instalação do sistema, percebe-se a necessidade de uma avaliação estrutural, que comprove a capacidade de aumento de carga e estabilidade da edificação existente, e identifique as possibilidades de alteração, seja na estrutura ou vedação da edificação. Além disso, a tubulação tende a ser um dos conjuntos mais modificados, por isso, é preciso que seja avaliado se o sistema estrutural e de vedação suportam as alterações necessárias à implantação do sistema de captação de água de chuva.

A maioria das edificações construídas na virada do século, tem tubulações embutidas na alvenaria. Ao se conhecer a idade da construção e a condição de suas tubulações, materiais de vedação e estrutura, é possível analisar a viabilidade das alterações necessárias para a implantação do sistema. Com isso, é preciso verificar as possibilidades de retirada, substituição de peças, e integração dos sistemas quando for o caso, bem como quebra de paredes de alvenaria ou outros materiais.

Sempre é importante idealizar alternativas que promovam o menor impacto ambiental, almejando menos processos de obra e reforma e reduzindo a geração de resíduos. Buscar a adição de elementos, por exemplo, adicionar tubulações aos pontos de atendimento da água da chuva, sem precisar remover a tubulação já existente. Isso, levando-se em conta avaliações estruturais, provando a viabilidade de a estrutura puder ser reforçada ou atender tal esforço extra. Assim, facilita a implantação do novo sistema, reduz a geração de resíduos e garante o menor impacto da obra.

6.1.6 Sistemas de distribuição de água fria e pluvial existentes

Para a adaptação de uma construção ao sistema de aproveitamento de água da chuva, é preciso avaliar as tubulações existentes, seu material, durabilidade, eficiência e adaptabilidade. Como confirma o item 4.4.3 da NBR 15527 (2007, p. 4), as

tubulações de água da chuva devem ser separadas da água potável: “O sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com a NBR 5626. ”

Porém, normalmente se faz necessário que muitos usos da água da chuva, tenham a possibilidade de serem supridos também pela água potável, quando aquela não estiver disponível. Os sanitários por exemplo, tendem a ser um dos principais usos da água da chuva. Porém, em épocas mais secas, quando pode não existir disponibilidade da água da chuva por algum período de tempo, será necessário utilizar da água da concessionária. Sendo assim, é preciso adaptar a tubulação e a instalação sanitária para receber os dois fornecimentos.

De modo geral, a instalação do sistema em uma edificação existente exigirá reforma e adaptação. Isso principalmente devido a instalação do segundo reservatório e as novas tubulações de água não potável.

6.1.7 Superfície de recolha

Comumente nas construções residenciais, a cobertura é utilizada como superfície de recolha. Além do telhado, sacadas, terraços, pátios, toldos, e mesmo a própria fachada, podem ser utilizados como superfície de recolha da água da chuva.

A superfície de recolha influencia principalmente na quantidade de água captada. Quanto maior a superfície, maior tende a ser o volume de água. No entanto, maior a quantidade da primeira água a ser eliminada pelo “*first flush*”.

Além da área, o material também influencia na quantidade de água captada. Quando a superfície de recolha for o telhado, alguns materiais podem ser utilizados, tais como: fibra de vidro, fibrocimento, telhas cerâmicas, PVC ou zinco, por exemplo. Quando as superfícies de recolha forem sacadas, pátios, ou terraços, os materiais podem ser revestimentos cerâmicos, concreto ou granito, entre outros.

Devido a essa vasta gama de materiais que podem ser utilizados, é preciso levar em conta essa especificação quando for calculado o volume de água a ser captado. A diferença do material de revestimento da superfície de recolha, influencia no volume e qualidade de água recolhida. Isso porque, algumas propriedades referentes a superfície de captação precisam ser levadas em consideração: porosidade, textura e

absorção do material, evaporação e transbordo da água, inclinação e coeficiente de escoamento da superfície.

Segundo Bertolo (2006), telhados com materiais mais macios, lisos e impermeáveis, contribuem para o aumento de qualidade e quantidade da água recolhida. Além disso, o referido autor (2006, p. 39) também apresenta as perdas causadas por alguns materiais:

Em coberturas de metal, as perdas são desprezíveis, em coberturas de cimento a média das perdas é inferior a 10% e em coberturas à base de betume e de cascalho o máximo são 15% de perdas. As perdas também podem ocorrer nos órgãos de condução e no armazenamento. (BERTOLO, 2006, p. 39)

Para o melhor aproveitamento da água a ser recolhida, é preciso levar em conta todas essas propriedades, buscando eficiência, durabilidade e economia.

Uma das principais características a ser analisada é o coeficiente de escoamento do material. Segundo a NBR 15527 (2007, p. 2), coeficiente de escoamento superficial “representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície”.

A tabela 3 abaixo reúne os coeficientes de escoamento de alguns materiais que podem ser utilizados como revestimento de superfície de recolha:

Tabela 3: Coeficientes de escoamento de materiais de revestimento da superfície de recolha. Fonte: TOMAZ (2008); VERDADE (2008). Compilação da autora.

	Material	Coeficiente de Escoamento
COBERTURAS	Fibrocimento (cimento amianto)	0,8 a 0,9
	Fibra de vidro	0,9 a 0,95
	Plástico	0,9 a 0,95
	Telha corrugada metálica	0,7 a 0,9
	Telha cerâmica	0,8 a 0,9
	Telha esmaltada	0,9 a 0,95
PAVIMENTOS	Asfalto / Concreto	0,95

A partir da tabela 3, é possível comparar a eficiência de alguns materiais quando aplicados na superfície de recolha de sistemas de aproveitamento da água da chuva.

Neste caso, quanto maior o coeficiente de escoamento, menores as perdas de água captada. Segundo Tomaz (2008), o melhor coeficiente de escoamento possível é 0,95.

Além dos coeficientes de escoamento, também se pode avaliar o coeficiente de rugosidade dos materiais. Alguns métodos de cálculo do reservatório e do volume de água captada podem utilizar desses valores, que são fornecidos pela tabela da NBR 10844, representada pela figura 29.

Figura 29 – Coeficiente de Rugosidade.

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

Fonte: NBR 10844 (1989, p. 6).

A fim de evitar contaminação, é indicado maior cuidado quando houver uso de coberturas de fibrocimento, ou revestidas com madeira tratada, pinturas acrílicas ou a base de chumbo. É também preciso evitar o chumbo tanto em soldas quanto nos revestimentos. Tais materiais podem lixiviar substâncias tóxicas que impedem que a água recolhida seja utilizada para fins potáveis. (BERTOLO, 2006)

Paredes podem ser utilizadas como captadores da água da chuva, assim como beiral no primeiro andar. Group Raindrops (2002) apresenta dados onde considera-se que a água da chuva coletada por uma superfície vertical seja 50% do volume coletado por uma superfície horizontal do mesmo tamanho. Outro dado é que seja de apenas 7%, porém, ainda assim, é preciso considerar que as fachadas dos edifícios costumam ter áreas muito maiores que as coberturas, e assim a quantidade de água da chuva captada ainda seria grande.

6.2 Pré-dimensionamento de instalações

6.2.1 Dimensionamento do reservatório

De acordo com Group Raindrops (2002), existem algumas condições necessárias para os tanques de armazenamento da água da chuva, como:

- Não haver nenhum vazamento;
- Ser feito de material que não contenha nenhum ingrediente que possa contaminar a água armazenada e também não permitir a entrada de luz para prevenir o desenvolvimento de algas;
- Possuir uma tampa para prevenir a evaporação e entrada de sujeiras;
- Ser projetado de forma que o seu interior possa ser limpo facilmente.

A NBR 15527 (2007), também apresenta algumas considerações importantes para o projeto do reservatório. Precisam ser considerados: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Além disso, é preciso que a água do reservatório seja “protegida contra incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar ao reservatório através da tubulação de extravasão”. (NBR 15527, 2007, p. 3)

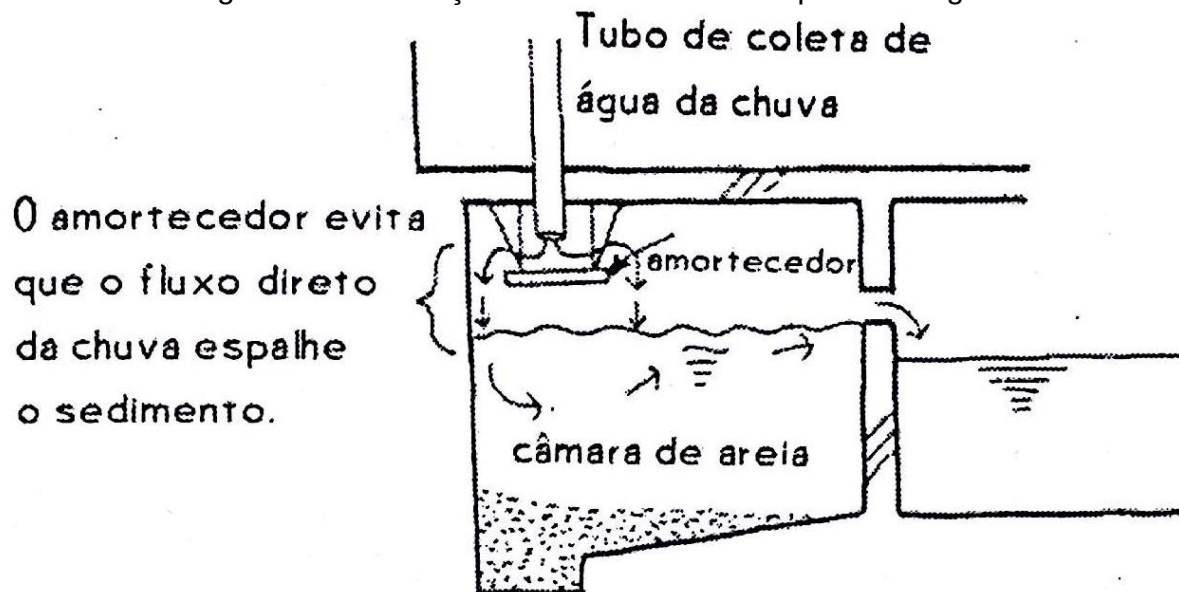
No reservatório a água fica em repouso. Deste modo, pequenas partículas que ainda não tenham sido filtradas, se depositarão ao fundo por meio da decantação. Bertolo (2006) sugere que no fundo do reservatório seja previsto um compartimento para deposição dessas partículas. Esse compartimento pode ser composto por um dreno inferior, em altura abaixo das partículas sedimentadas, para que possam ser removidas com frequência. Essa abertura precisa ter uma tampa, que possa ser aberta para eliminar essas pequenas impurezas juntamente com a parcela inferior de água do reservatório, e fechada novamente, vedando o reservatório.

Além disso, a NBR 15527 (2007, p. 3) fornece alguns dados específicos sobre a altura da saída de água do reservatório:

Deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita a 15 cm da superfície. (NBR 15527, 2007, p. 3)

É preciso avaliar a necessidade de um amortecedor de água interno ao tanque. Esse dispositivo evita que o fluxo direto da chuva espalhe o sedimento acumulado na superfície da água por capilaridade. Pode-se compreender o funcionamento do sistema de amortecedor através do esquema representado na figura 30 abaixo. (GROUP RAINDROPS, 2002)

Figura 30 – Ilustração de amortecedor de queda de água.



Fonte: GROUP RAINDROPS (2002, p. 117).

Os reservatórios devem ser compostos por tampas resistentes, e dispositivos de abertura e trava para fechamento, que devem ser acessados apenas quando em manutenção. Principalmente os reservatórios destinados ao fornecimento de água potável. (BERTOLO, 2006)

Bertolo (2006, p. 50) ainda desenvolve sobre a manutenção e instalação dos reservatórios:

É necessário fazer uma inspeção regular e uma manutenção apropriada de forma a garantir fiabilidade, segurança e operação eficiente. Na instalação dos reservatórios são essenciais fundações e apoios apropriados uma vez que a água tem um peso considerável. Por exemplo, um reservatório com 2 m³ de água pesa 2 toneladas. (BERTOLO, 2006, p. 50)

O item 5.2.5.3 da NBR 5626 (1998) sugere a divisão dos grandes reservatórios em dois ou mais compartimentos, para que quando for necessária manutenção, não seja preciso interromper a distribuição de água por completo.

A NBR 5626 (1998) sugere que o material do reservatório deve ser resistente a corrosão ou ser provido internamente de revestimento anticorrosivo. Sendo assim, alguns dos materiais mais utilizados na construção de reservatórios podem ser: aço galvanizado, concreto armado, fibra de vidro, fibrocimento, pedra, plástico, polietileno, PVC, etc.

Além dessas especificações, Bertolo (2006, p.49) traz mais algumas particularidades referentes ao reservatório:

O material escolhido tem de ser durável, estanque em relação ao exterior, liso no interior e selado com juntas de material não tóxico. Se o destino da água armazenada for o consumo potável, deve garantir-se que as pinturas e o material das juntas sejam adequados. A cobertura deve ser estanque para prevenir a evaporação e a criação de mosquitos, e para preservar o reservatório da entrada de insectos, pássaros, lagartos, rãs e roedores. (BERTOLO, 2006, p. 49)

Para alguns cálculos, é preciso levar em conta a inclinação da superfície. A área utilizada para o cálculo da quantidade captada é a área total de um plano paralelo a superfície de captação, e não a área de cobertura em planta. Segundo a NBR 15527 (2007, p. 2), a área de captação é a “projetada na superfície horizontal impermeável da cobertura onde a água é captada”.

Segundo Verdade (2008), o volume de água que o reservatório pode ser calculado pelo “Método Prático Brasileiro”, que solicita apenas 3 dados: a precipitação média anual (Pma) em milímetros, o número de meses de pouca chuva ou seca (M) e a área de cobertura em projeção horizontal em m² (A). Isso como segue a equação:

$$\text{Volume de água do reservatório (L)} = 0,042 \times Pma \times M \times A$$

Ou ainda, pode ser calculado pelo “Método Prático Inglês”:

$$\text{Volume de água do reservatório (L)} = 0,05 \times Pma \times A$$

O Anexo A da NBR 15527 (2007), pode também ser consultado pois apresenta outros tantos métodos de cálculo para o dimensionamento do reservatório.

A NBR 5626 (1998) recomenda que o entorno do reservatório deve ter 60cm (que pode ser reduzida até 45cm, no caso de reservatório de pequena capacidade até

1000L) livres ante qualquer obstáculo, estrutura ou tubulação (exceto as conectadas ao reservatório). Necessita espaço que seja suficiente para manutenções, como regulagem da torneira de boia, manobra de registros, montagem e desmontagem de trechos de tubulações, remoção e disposição da tampa. Além disso, o acesso ao ambiente do reservatório precisa estar pelo menos 10cm a cima do nível do piso para evitar a entrada de água acumulada no piso externo.

A NBR 15527 (2007) também indica que os reservatórios devem atender à NBR 12217.

6.2.2 Novas instalações

Para que seja possível dimensionar as novas instalações para o aproveitamento da água da chuva é preciso que estejam definidos os usos dessa água. E a partir disso, avaliar os projetos arquitetônico, estrutural e hidráulico já existentes, para que seja possível destiná-la de maneira eficiente e com o mínimo de alterações na construção. Se faz necessária a compatibilização dos novos projetos com a avaliação do estado da construção existente, para que seja garantida a sustentabilidade do sistema, e proposto o menor descarte de materiais possível.

Em telhados, é possível instalar grelhas nas calhas, impedindo já na etapa de captação, que folhas, ramos ou outros detritos grandes, possam seguir o fluxo da água. Essas grelhas podem ser malhas de plástico, ou de metal, instaladas como uma “tampa” em toda a extensão das calhas. Esses primeiros instrumentos de condução precisam estar sempre limpos, evitando o entupimento das tubulações e o acúmulo de impurezas, que possam atrair pássaros ou pequenos roedores. Além disso, segundo Bertolo (2006), normalmente as calhas apresentam seção transversal duas vezes maior que os tubos de queda.

Bertolo (2006, pg. 43) elucida sobre as calhas:

Os órgãos de condução necessitam ser correctamente dimensionados e instalados, de forma a maximizar a quantidade de água da chuva recolhida. As caleiras devem ter inclinação contínua e suficiente em direcção aos tubos de queda, de forma a prevenir a concentração de água, a qual pode conduzir ao aumento da acumulação de detritos, ao crescimento de algas e possivelmente proporcionar um local para criação de mosquitos. É razoável instalar as caleiras com uma inclinação de 1/100 a 1/500. (BERTOLO, 2006, p. 43)

As tubulações de entrada e saída de água do reservatório devem ser compostas por uma malha de filtragem em suas extremidades. Essa malha precisa ser mantida limpa com frequência e bem conservada, para garantir que insetos, pequenos répteis e roedores tenham contato com a água do reservatório. (BERTOLO, 2006)

A NBR 15527 (2007, p. 4), indica que as tubulações e demais componentes que distribuem a água aproveitada da chuva devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável.

Os pontos de consumo, como, por exemplo, uma torneira de jardim, devem ser de uso restrito e identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição 'água não potável' e identificação gráfica. (NBR 15527, 2007, p. 4)

Além disso, o item 5.4.4.2 da NBR 5626 (1998, p. 14), também se refere a identificação dos pontos de água não potável, podendo ser utilizado como referência para a água da chuva:

5.4.4.2 Em instalação predial de água fria abastecida com água não potável, todas as tubulações, reservatórios e pontos de utilização devem ser adequadamente identificados através de símbolos e cores, e devem advertir os usuários com a seguinte informação: "ÁGUA NÃO POTÁVEL". (NBR 5626, 1998, p. 14)

A norma também aponta que os requisitos para instalações prediais devem atender a NBR 5626 (1998), que apresenta diversos materiais e suas regulamentações, devendo ser consultada quando definido o material a ser utilizado nas instalações. Sugere alguns materiais para instalações de água fria como: aço-carbono galvanizado, cobre, ferro fundido galvanizado, liga de cobre, poliéster reforçado com fibra de vidro, polipropileno, PVC rígido.

A NBR 10844 (1989) também instrui sobre alguns materiais a serem utilizados em instalações de águas pluviais. Assim, pode-se considerar válidas algumas indicações, como por exemplo sobre os materiais das tubulações de recolhimento da água. Nesse caso, a NBR 10844 (1989), sugere que as calhas sejam feitas de aço galvanizado, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.

É importante salientar que deve ser evitada a utilização do chumbo em materiais para instalações prediais de água para prevenir de contaminações. Quando a instalação existente for de chumbo, deve ser proposta a substituição desse material.

Além disso, as novas instalações devem ser projetadas, executadas e usadas de modo a evitar ou minimizar problemas de corrosão ou degradação. (NBR 5626, 1998)

Com relação mais específica a sistemas de aproveitamento de água da chuva, a NBR 5626 (1998) ainda faz referência a casos onde houver fornecimento de água de outras fontes além das concessionárias:

5.1.3.4 Quando houver utilização simultânea de água fornecida pela concessionária e água de outra fonte de abastecimento, o projeto deve prever meios para impedir o refluxo da água proveniente da fonte particular para a rede pública. Nestes casos, a concessionária deve ser notificada previamente. (NBR 5626, 1998, p. 8)

O item 5.4.4.1 da NBR 5626 (1998, p. 14) ratifica sobre a separação das tubulações de água da chuva e água da concessionária:

5.4.4.1 Não deve haver interligação entre tubulação que conduza água fornecida por redes públicas de concessionárias e tubulação que conduza água proveniente de sistema particular de abastecimento (conexão cruzada), seja esta última com água potável ou não. (NBR 5626, 1998, p. 14)

Com o objetivo de menor geração de resíduo, é importante haver o mínimo possível de substituições de materiais. No caso das pré-existências, é indicada a instalação de tubulações aparentes, a fim de evitar a quebra de paredes e a geração de resíduos, utilizando de shafts ou revestimentos como cobertura onde não puderem estar visíveis ou estiverem muito suscetíveis a danos externos.

Ainda com relação a tubulações aparentes e suas instalações o item 5.6.4.1 da NBR 5626 (1998) determina:

Qualquer tubulação aparente deve ser posicionada de forma a minimizar o risco de impactos danosos à sua integridade. Situações de maior risco requerem a adoção de medidas complementares de proteção contra impactos. (NBR 5626, 1998, p. 18)

A norma (1998, p. 35) também faz especificações acerca da instalação das tubulações:

As tubulações não devem ser fixadas rigidamente a paredes ou em divisórias construídas em material leve e, para promover a redução ao mínimo do ruído da instalação predial de água fria, as tubulações devem ser assentadas em dutos adequadamente vedados, se possível à prova de ar, com vistas a reduzir a propagação sonora. (NBR 5626, 1998, p. 35)

6.2.3 Ladrão

Ladrão é a saída por onde a água extravasa quando o reservatório estiver muito cheio. É de extrema importância que tenha conexão com a vala de infiltração. Comumente feito com o mesmo material das demais tubulações, destina a água excedente a fora do reservatório.

6.2.4 Vala de infiltração

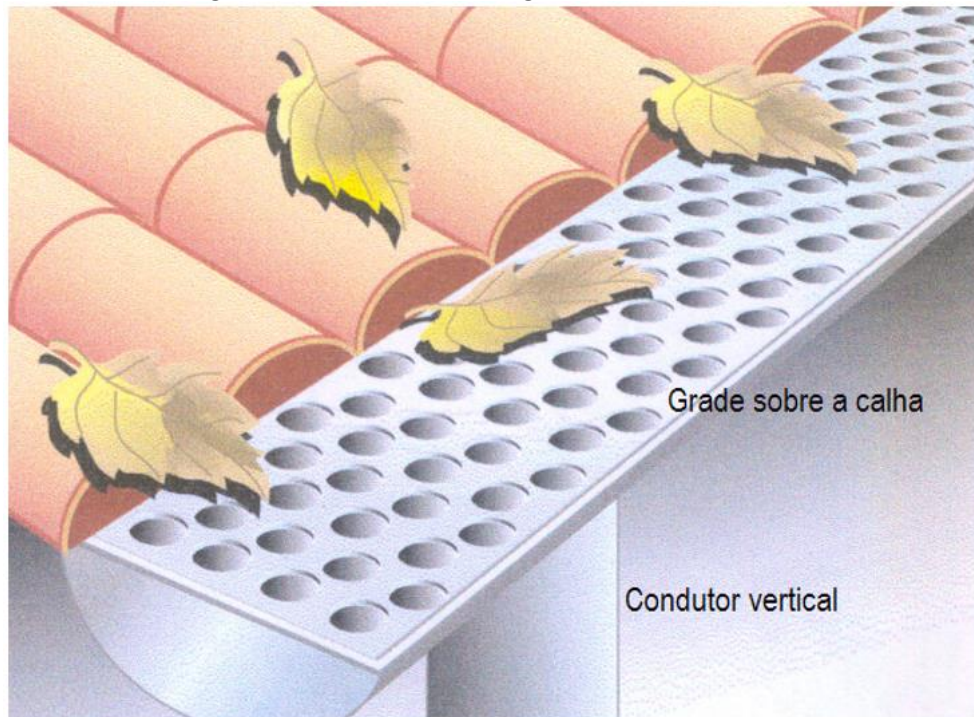
Segundo Group Raindrops (2002, p. 95): “Todo o esforço deve ser feito para que o excesso de água que transborda do tanque de armazenamento se infiltre no solo.” Para garantir a sustentabilidade do sistema, se faz necessário que a água que venha a escoar do reservatório, consiga infiltrar o solo, para incentivar o processo natural do ciclo hidrológico. Segundo Bertolo (2006), essa água deve escoar em um espaço afastado das fundações do reservatório assim como da construção.

6.2.5 Filtros

Os sistemas de aproveitamento de água da chuva podem ser compostos por filtros em diversas etapas. O primeiro filtro pode estar já nas calhas, evitando que pequenos animais e impurezas de médio porte como folhas, adentrem as tubulações.

Um exemplo desse tipo de filtro é representado pela figura 31.

Figura 31 – Sistema de grade sobre a calha.



Fonte: WATERFALL (2002, *apud* MAY, 2004).

Em sequência, pode-se haver filtros no topo dos tubos de queda, posteriores às calhas. Como por exemplo, os separadores de folhas, da marca Harvesting, representado pelo modelo da figura 32:

Figura 32 – Separador de folhas Harvesting.



Fonte: HARVESTING BRASIL (201-).

Seguintes a esses primeiros, o sistema pode contar com filtros ao longo do tubo de queda, como por exemplo os da marca 3P Technik, apresentado pela figura 33:

Figura 33 – Filtro para tubo de queda.



Fonte: 3P TECHNIK, (c2017).

Além desses exemplos, é possível ter filtros na entrada e saída de água dos reservatórios e ainda dentro deste, como já exemplificado no tópico 5.6.3.

6.2.6 Bomba

Como já mencionado anteriormente, no caso de edificações em altura, é indicado que o reservatório seja instalado na altura da última laje, buscando atender a distribuição da água por gravidade. Para isso, é preciso que seja levado em conta o alto custo de tubulações e bombas quando se fizer necessário o reservatório inferior.

Porém, caso não seja possível o reservatório superior, é preciso bombear a água para cima, para que seja feita a distribuição eficiente. Assim, a bomba é instalada em sequência posterior ao reservatório de armazenamento inferior, entrando em contato com a água após ter sido tratada.

A NBR 15527 (2007), recomenda que quando necessário, o bombeamento de água deve atender à NBR 12214.

O item 5.2.4.8 da NBR 5626 (1998, p. 9) orienta sobre a bomba no compartimento do reservatório:

[...] O compartimento deve ser dotado de drenagem por gravidade, ou bombeamento, sendo que, neste caso, a bomba hidráulica deve ser instalada em poço adequado e dotada de sistema elétrico que adverte em casos de falha no funcionamento na bomba. (NBR 5626, 1998, p. 9)

6.2.7 Instalação

O item 6.1.3 da NBR 5626 (1998) apresenta algumas condições gerais para a instalação e execução dos sistemas de água fria:

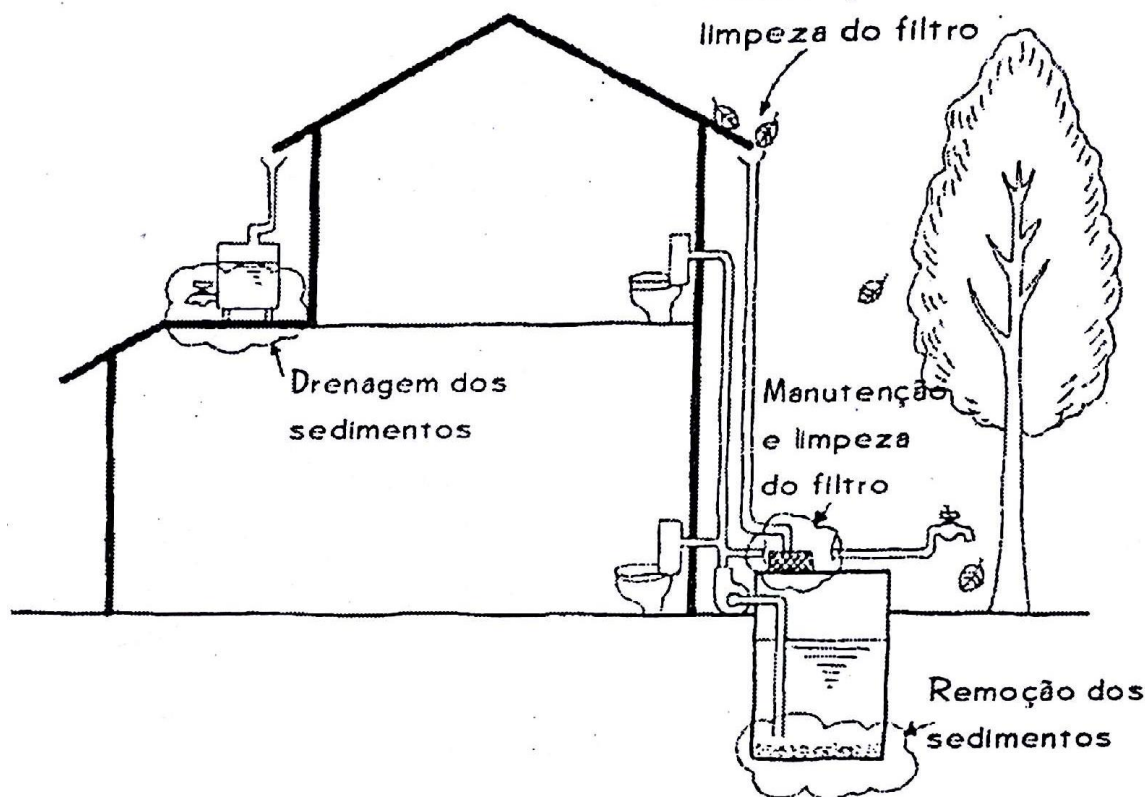
Para a execução da instalação predial de água fria, deve ser estabelecido um procedimento, visando desenvolver as atividades dentro de critérios de higiene compatíveis com a finalidade da instalação. Desta forma, o interior das tubulações, reservatórios e demais partes deve ser mantido sempre limpo, livre de resíduos originados das operações de execução da instalação propriamente dita, ou oriundos de outras atividades realizadas em canteiro. (NBR 5626, 1998, p. 19)

Para garantir a segurança das instalações, a NBR 5626 (1998) também orienta o ensaio de verificação de estanqueidade da instalação predial de água fria. Além disso, indica que a instalação do reservatório deve garantir que seu interior seja de fácil acesso para limpezas e inspeções e possa ter operação e manutenção sejam simples e econômicas.

6.2.8 Manutenção

A manutenção do sistema de aproveitamento da água da chuva é o que garante recolhimento, armazenamento e uso de água limpa. Group Raindrops (2002) indica algumas etapas de manutenção através do esquema da figura 34:

Figura 34 – Esquema indicando tipos de manutenção.
 Remoção do lixo,
 manutenção e
 limpeza do filtro



Fonte: GROUP RAINDROPS (2002, p. 138)

Segundo Bertolo (2006), telhados precisam ser limpos e lavados uma ou duas vezes por ano, principalmente após a estação mais seca. É importante que as árvores do entorno estejam sempre podadas, de modo a reduzir a incidência de folhas soltas na cobertura, e também o acesso frequente de animais, como pássaros e gatos.

A NBR 15527 (2007), sugere que os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a NBR 5626 (1998). Além disso, o item 7.3.1 da norma apresenta outras orientações sobre a manutenção dos sistemas prediais de água fria:

A manutenção geral deve observar se o funcionamento da instalação em todas as suas partes está adequado. Normalmente ela se constitui em inspeções sistemáticas por toda a instalação que, eventualmente, dão origem a ações específicas de manutenção. A instalação deve ser, em princípio, inspecionada pelo menos uma vez por ano. (NBR 5626, 1998, p. 25)

Segundo Bertolo (2006), os reservatórios devem ser examinados com frequência de 2 anos, e sempre que os sedimentos forem visíveis na água. Porém, segundo o

item 7.6.1 da NBR 5626 (1998, p. 25), os reservatórios precisam ser inspecionados pelo menos uma vez por ano:

Os reservatórios devem ser inspecionados periodicamente, para se assegurar que as tubulações de aviso e de extravasão estão desobstruídas, que as tampas estão posicionadas nos locais corretos e fixadas adequadamente e que não há ocorrência de vazamentos ou sinais de deterioração provocada por vazamentos. Recomenda-se que esta inspeção seja feita pelo menos uma vez por ano. (NBR 5626, 1998, p. 25)

Os filtros precisam ser limpos com frequência, pelo menos uma vez por ano. A NBR 5626 (1998) orienta que as áreas destinadas às tubulações sejam inspecionadas no máximo a cada seis meses.

A NBR 15527 (2007), apresenta a tabela indicando a frequência de manutenção dos sistemas, representada pela figura 36:

Figura 35 – Frequência de Manutenção dos componentes.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: NBR 15527 (2007, p. 5).

O item 5.2 da NBR 15527 (2007, p. 5), em relação a manutenção, ainda salienta sobre a utilização de produtos nocivos à saúde:

Quando a utilização de produtos potencialmente nocivos à saúde humana na área de captação, o sistema deve ser desconectado, impedindo a entrada desses produtos no reservatório de água de chuva. A reconexão deve ser feita somente após lavagem adequada, quando não haja mais risco de contaminação pelos produtos utilizados. (NBR 15527, 2007, p. 5)

6.3 Relação custo-benefício

As análises custo-benefício são uma grande alternativa para validar a economia da instalação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva. Ao mostrar em número a quantidade de água potável consumida em outros usos onde a potabilidade não se faz necessária, se mostra explícito o desperdício de água e como o aproveitamento da água da chuva pode reduzir isso.

Algumas concessionárias de distribuição de água cobram uma tarifa fixa para atender as residências, valor esse que varia em torno de R\$ 10,00 de acordo com as empresas pesquisadas. Além dessa tarifa fixa, para residências, é cobrado o consumo por metro cúbico, que varia de acordo com as cidades e regiões, mas também com o consumo da unidade habitacional.

Segundo os endereços online das empresas SABESP E ARSAE-MG, essas concessionárias cobram de modo que quanto maior o consumo da unidade habitacional, mais caro o usuário pagará pelo metro cúbico de água. Para a comparação da cobrança pelo serviço de fornecimento de água entre diferentes cidades do país, foram selecionados valores de janelas de consumo semelhantes fornecidos pelos sites¹ oficiais das empresas. Os valores estão apresentados na tabela 4:

Tabela 4: Valores cobrados pelo fornecimento de água pelas empresas relacionadas. Compilação da autora.

Empresa	Cidade	Consumo	Valor
ARSAE	Belo Horizonte, MG	De 10 a 15 m ³ /mês	R\$ 5,839 /m ³
ARSAE	Juiz de Fora, MG	De 10 a 15 m ³ /mês	R\$ 4,229 /m ³
CORSAN	Porto Alegre, RS	Independe	R\$ 3,25 /m ³
CORSAN	Santa Maria, RS	Independe	R\$ 4,40 /m ³
SABESP	Diadema, SP	De 11 a 20 m ³ /mês	R\$ 3,41 /m ³
SABESP	Região Metropolitana, SP	De 11 a 20 m ³ /mês	R\$ 3,50 /m ³

¹ AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUA E ESGOTO (2015a)
 AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUA E ESGOTO (2015b)
 PREFEITURA DE PORTO ALEGRE (2017)
 SABESP (2017)
 SABESP (2016)

A partir dessa coleta de dados, a análise do consumo de água não potável será feita referente aos dados de Santa Maria, no rio Grande do Sul. O dado foi coletado por pesquisa em visita a sede administrativa da empresa Corsan Santa Maria.

Tomaz (2001) e Nuvolari et al. (2007) fornecem alguns dados de consumo:

- 6 ou 10 litros por descarga sanitária;
- 100 a 135 litros por ciclo da máquina de lavar roupas;
- 18 a 38 litros por ciclo da máquina de lavar louças;
- 12 litros por minuto da torneira do tanque;
- 10 litros por minuto em mangueiras de jardim.

Reunindo os dados de consumo de água por pessoa e o valor de cobrança do serviço de fornecimento de água, é possível obter o consumo e o gasto médio estimado, mensal e anual, conforme demonstrado na tabela 5:

Tabela 5: Relação custo-benefício. Compilação da autora.

USO	Quantidade de consumo	Média de consumo mensal	Consumo água anual (litros)	Preço a ser pago por mês	Preço a ser pago por ano
Sanitário	6L por descarga (econômica)	8 descargas/dia= 1440L/mês	17280	R\$ 6,336	R\$ 76,032
	10 L por descarga	8 descargas/dia= 2400L/mês	28800	R\$ 10,56	R\$ 126,72
Máquina Lavar Roupas	100 L por ciclo (econômica)	1 ciclo a cada 2 dias = 1500 L/mês	18000	R\$ 6,60	R\$ 79,20
	135 L por ciclo	1 ciclo a cada 2 dias = 2025 L/mês	24300	R\$ 8,91	R\$ 106,92
Máquina Lavar Louça (econômica)	18 L por ciclo (econômica)	1 ciclo/dia = 540 L/mês	6480	R\$ 2,376	R\$ 28,512
	38 L por ciclo	1 ciclo/dia = 1140 L/mês	13680	R\$ 5,016	R\$ 60,192
Tanque	12 L por minuto	1 min/dia = 360 L/mês	4320	R\$ 1,584	R\$ 19,008
Mangueira jardim	10 L por minuto	1 min/dia = 300 L/mês	3600	R\$ 1,32	R\$ 15,84

É preciso ressaltar que os valores propostos a cima são relacionados ao consumo estimado de uma pessoa, morando sozinha. Quando mais de uma pessoa moram na mesma residência, é possível que alguns valores como o consumo de água

para limpeza da casa ou áreas externas por exemplo, seja dividido pelo número de moradores.

Supondo que um morador utilize dos modelos econômicos exemplificados na tabela (sanitário, máquina de lavar louça e roupas, tanque e mangueira de jardim), seu consumo de água de chuva seria de 138L/dia. Valor esse ainda muito alto quando comparado ao consumo médio diário total de 155L por habitante, fornecido pela tabela apresentada no item 6.1.2 para o Rio Grande do Sul. Considera-se esse valor alto, porque o valor de 138L/dia, não inclui o consumo de chuveiro e demais consumos da água potável.

A partir dos cálculos apresentados na tabela, é possível concluir que os usos que dispensam a água potável, representam uma grande parcela do consumo total diário por habitante. Deste modo, o consumo de água potável em usos onde essa qualidade não é necessária, significa o desperdício de grandes quantidades de água limpa.

7. RESULTADOS

Fica evidente que a água da chuva é um recurso viável para substituir o consumo de água potável em muitos usos domésticos. Por meio da instalação do sistema em edificações existentes, é possível promover o racionamento de água potável e reduzir o desperdício.

O estudo referente as etapas de avaliação para a instalação de sistemas de aproveitamento da água da chuva, permitiu embasamento teórico para a criação de uma tabela de uso prático. Deste modo, a planilha de verificação, orienta as avaliações necessárias para instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva de modo direto e de simples compreensão. Pode-se avaliar isso através da tabela 6.

Tabela 6: Planilha de verificação.

ETAPA	AVALIAÇÃO	RESOLUÇÃO DA ATIVIDADE
Caracterização da Edificação	Índice Pluviométrico da Região	Quanto chove na região em mm por mês?
	População a atender	Quantas pessoas a água da chuva atenderá?
	Usos para a água da chuva na construção	A água aproveitada da chuva terá quais usos?
	Análise do sítio do reservatório	Existe espaço para um reservatório além do que já existe?
	Avaliação das estruturas existentes	A estrutura da edificação comporta a adição de um reservatório? A estrutura da edificação comporta reformas?
	Avaliação das tubulações Existentes	As tubulações existentes suportam adaptações? As tubulações existentes precisam ser substituídas?
	Superfície de Recolha	Qual a superfície de recolha? Qual a área (em m²)? Qual o material da superfície? Precisa de reforma?
	Dimensionamento do Reservatório	Cálculo para dimensionamento e projeto do reservatório.
Pré- Dimensionamento de Instalações	Novas instalações	Novos projetos Hidráulico, Estrutural e Arquitetônico.
	Ladrão	Nova tubulação.
	Vala de Infiltração	Projeto da vala de infiltração
	Filtros	Escolha do modelo de filtro mais apropriado para o projeto. Escolha do tipo de tratamento necessário para que a água da chuva possa atender aos usos a que foi proposta.
	Bomba	Avaliação da necessidade de bomba e escolha do modelo.
	Instalação do Sistema	Reforma. Etapa de obra.
	Manutenção	Cuidado e limpeza necessária dos equipamentos

A tabela 6 permite apresentar de forma prática as principais considerações a serem feitas quando for proposta a instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva em construções pré-existentes. Com isso, é possível conferir dados e garantir a viabilidade do sistema.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da avaliação dos índices de chuva, pode-se concluir que mesmo nas regiões mais secas do país, ainda é possível utilizar da água da chuva como recurso para as necessidades básicas da população. Em vista disso, ratifica-se que o projeto de instalação do sistema deve adaptar-se ao regime de chuvas de cada região, para que seja possível atender aos usos a que foi proposto.

Com o levantamento de projetos de lei em processo no Senado Federal, referentes ao aproveitamento da água da chuva, é possível perceber que o país está em etapa de desenvolvimento em relação a arquitetura sustentável. Fica claro que, ao se regulamentar tais instalações, o sistema tende a se popularizar e se tornar mais eficiente.

Seria válido que fossem desenvolvidos projetos que estimulem principalmente o uso da água da chuva quando para grandes consumos e que exijam grandes reservatórios, como por exemplo, indústrias, combate a incêndios ou empresas de lavagem de carros. Deste modo, a economia de água potável é muito maior, traz relevante retorno financeiro à empresa e promove publicidade acerca do tema, estimulando a população a conhecer sobre o sistema.

Ao se explicar e enumerar as etapas do sistema de forma simples, é possível desmistificar sua complexidade e assim, incentivar o aproveitamento da água da chuva. Com a apresentação de diferentes métodos de tratamento da água, foi possível descrever a eficiência do sistema aos usos a que pode ser proposto. Sendo assim, é preciso levar em consideração que cada construção apresenta suas especificações e precisa de um projeto adaptado às necessidades e ao consumo a que foi planejado.

Por meio dos cálculos e comparações referentes ao consumo por pessoa, é possível avaliar a relevância dos usos que não dependem da potabilidade da água no consumo de uma residência. Assim, fica evidente a pertinência da instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva em unidades habitacionais que comportem tal intervenção, devido ao grande desperdício água potável.

Foi possível apresentar uma compilação de dados referentes ao sistema de aproveitamento de água da chuva. E assim, descrever sobre as principais características a serem avaliadas em projetos de instalação do sistema em edificações existentes.

9. REFERÊNCIAS

3P Technik Filtersysteme GmbH. **3P Rainus cinza**. c2017. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/33-2-Rainus.html>>. Acesso em: 19 maio 2017.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUA E ESGOTO. **Tabela tarifária Cesama**. 2015a. Vigência abril de 2017 a março de 2018. 03 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.arsae.mg.gov.br/component/gmg/page/264>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUA E ESGOTO. **Tabela tarifária Copasa**. 2015b. Vigência maio de 2016 a abril de 2017. Resolução ARSAE-MG 82/2016, de 12 de abril de 2016. 03 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.arsae.mg.gov.br/component/gmg/page/262>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

ARAÚJO, Glauco. **Aquífero na Amazônia pode ser o maior do mundo, dizem geólogos**. São Paulo. 25 ago. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/brasil/noticia/2010/04/aquifero-na-amazonia-pode-ser-o-maior-do-mundo-dizem-geologos.html>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASABRASIL). **Um milhão de cisternas**. 2011. Ações P1MC. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

ÁRVORE SER TECNOLÓGICO. **Rios voadores**. Tumblr. 26 mar. 2015. Disponível em: <<https://arvoresertecnologico.tumblr.com/post/114671281612/os-rios-voadores-ligam-os-ventos-al%C3%ADsios>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1989.

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

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2006. Disponível em:

<<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60529/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

BRASIL. Governo Federal. Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico**. [200-]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 518/2004**. Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL. Senado Federal. **Projetos e Matérias – Proposições**. 2017a. Disponível em: <<http://www6g.senado.gov.br/busca/?colecacao=Projetos+e+Mat%C3%A9rias+-+Proposi%C3%A7%C3%B5es&q=%C3%A1gua+pluvial&p=1>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projetos e Matérias – Proposições**. 2017b. Disponível em: <<http://www6g.senado.gov.br/busca/?colecacao=Projetos+e+Mat%C3%A9rias+-+Proposi%C3%A7%C3%B5es&q=%C3%A1gua+da+chuva>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 112, 2013**. 2013. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/112115>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 191, 2013**. 2013. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/112744>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 252, 2014**. 2014. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/118455>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 13, 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/119619>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 15, 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/119621>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 24, 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/119665>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 51, 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/119767>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 108, 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/120078>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 317, 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/121454>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 324, 2015**. 2015. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/121525>>. 2015. Acesso em: 26 abr. 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 411, 2007**. 2017. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/81885>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 432, 2011**. 2011. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/101321>>. Acesso em: 24 maio 2017.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 326, 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/121524>>. Acesso em: 24 maio 2017.

DACACH, N. G. **Saneamento básico**. 3 ed. Rio de Janeiro: Didática e Científica, 1990. *apud* MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado) USP. São Paulo. 2004.

DALL'AGNOL, Amélio. **Como os rios aéreos colaboram com o Brasil agrícola**. CANAL RURAL. 19 maio. 2017. Disponível em: <<http://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2017/05/19/como-os-rios-aereos-colaboram-com-o-brasil-agricola/>>. Acesso em: 18 jun. 2017

FRANCISCO, Wagner de Cerqueria e. **Maiores países do planeta**. 2017. Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilestola.uol.com.br/geografia/maiores-paises-planeta.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Precipitação**. 2013. Centro Estadual de Meteorologia do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.cemet.rs.gov.br/conteudo/3933/?5_-_Precipita%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 9 jun. 2017.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GOVERNO ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Bacias e sub-bacias hidrográficas**. [2012?]. Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão. Porto Alegre, RS. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/bacias-e-sub-bacias-hidrograficas>>. Acesso em: 9 jun. 2017.

GOVERNO ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Biomass do RS**. [2012?]. Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão. Porto Alegre, RS. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/biomass>>. Acesso em: 9 jun. 2017.

GOVERNO ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Hipsometria**. [2008?]. Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão. Porto Alegre, RS. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/hipsometria-e-unidades-geomorfologicas>>. Acesso em: 9 jun. 2017.

GOVERNO ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Mosaico de imagens**. [2012?]. Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão. Porto Alegre, RS. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/mosaico-de-imagens>>. Acesso em: 9 jun. 2017.

GOVERNO ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Temperatura média anual**. [2004?]. Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão. Porto Alegre, RS. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>>. Acesso em: 9 jun. 2017.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. Japão: Hokuto Shuppan Co., Ltd, 1994. Curitiba: Organic Trading, 2002.

HARVESTING BRASIL. **Separador de folhas Advanced**. [201-]. Filtros. Lageado, RS. Disponível em: <<http://www.harvesting.com.br/produto/30-separador-de-folhas-advanced/#>>. Acesso em: 19 maio 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bacias Hidrográficas**. c2017. Mapas do Brasil. Diversidade Ambiental. Disponível em: <<http://atlasescolar.ibge.gov.br/mapas-atlas/mapas-do-brasil/diversidade-ambiental>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Precipitação acumulada mensal e anual**. 2009. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Temperatura média compensada**. 2009. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 150f [10f]. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2017.

NUVOLARI, Ariovaldo. et al. TELLES, Dirceu D'Alkmin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães (Coord.). **Reúso da água: conceitos, teoria e práticas**. São Paulo: Blucher, 2007.

OLIVEIRA, Nancy Nunes de. **Aproveitamento de Água de Chuva de Cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da Rede Municipal de São Paulo**. 80f. Curso de Engenharia Civil, Universidade de Guarulhos, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/15nancy.pdf>>. Acesso em: 7 jun. 2017.

OLIVEIRA, Tarcísio Dorn de; CHRISTMANN, Samara Simon; PIEREZAN, Julienne Biazzi. Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura. **Revista GEDECON: Gestão de Desenvolvimento em Contexto, Edição Especial**, Cruz Alta, RS, p. 1-15, 2015. Disponível em: <<http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/GEDECON/article/view/1933/497>>. Acesso em: 29 maio. 2017.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. **Tarifas 2017**. 2017. Departamento Municipal de Água e Esgotos. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=370>. Acesso em: 8 jun. 2017.

SABESP. **Comunicado 03/2016**. 2016. Serviços. Tarifas. Região Metropolitana de São Paulo, Interior e Litoral. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/clientes_servicos/comunicado_03_2016.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2017.

SABESP. **Comunicado 01/2017**. 2017. Serviços. Tarifas. Diadema. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/clientes_servicos/comunicado_01_2017.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2017.

SILVA, Elmo Rodrigues da. **O Curso da Água na História: Simbologia, Moralidade, e a Gestão dos Recursos Hídricos**. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 1998. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsarg/p/fulltext/brasil/brasil.pdf>>. Acesso em: 1 maio. 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 2 maio. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Economia de Água**. [S.l.]: Navegar, 2001. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_economia_de_agua_170114/economia_de_agua.pdf>. Acesso em: 8 maio. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 3 jan. 2008. Capítulo 12: Precipitações nas capitais.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 22 dez. 2009. Capítulo 5: Coeficiente de Runoff.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 29 dez. 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf>. Acesso em: 8 maio. 2017.

TOPOGRAPHIC-MAP. **Rio Grande do Sul**. c2017. Relevo. Disponível em: <<http://pt-pt.topographic-map.com/places/Rio-Grande-do-Sul-9487796/>>. Acesso em 9 jun. 2017.

VERDADE, Jorge Henrique de Oliveira. **Aproveitamento de água da chuvas e Reutilização de águas cinzentas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57595/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

WOLLMANN, Cássio Arthur. **Localização das regiões hidrográficas no território do Rio Grande do Sul**. Enchentes no Rio Grande do Sul do século XXI. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-22012014000100079>. Acesso em: 9 jun. 2017.