

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

SHEILA PATRICIA NUNES

**SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS  
NÃO POTÁVEIS: ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO  
RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2018

SHEILA PATRICIA NUNES

**SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS  
NÃO POTÁVEIS: ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO  
RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis no Curso de Pós-Graduação do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Margolaine Giacchini

CURITIBA  
2018



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Curitiba, Sede Ecoville  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Curso de Especialização em Construções Sustentáveis



---

---

## TERMO DE APROVAÇÃO

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO  
POTÁVEIS: ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO  
RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Por

SHEILA PATRICIA NUNES

Esta monografia foi apresentada em 29 / 06 / 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Profa. M.Sc. Margolaine Giacchini  
Orientadora

---

Profa. PhD. Stella Maris da Cruz Bezerra  
Membro Titular

---

Prof. Dr. Fernando Oliveira de Andrade  
Membro Titular

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

Meus sinceros agradecimentos a minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Margolaine Giacchini pela atenção, paciência e colaboração para o bom desenvolvimento desta monografia.

À minha família que sempre me apoiam em todas as etapas da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família pelo apoio e amor incondicional.

Aos professores pelos ensinamentos, dedicação e auxílio na coleta de dados.

A turma de pós-graduação pela convivência e amizade.

## RESUMO

NUNES, Sheila Patrícia. **Sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis: Estudo de implantação em uma edificação residencial no município de São Paulo**. 2018. 93f. Trabalho de Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis), Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

A água, sendo um recurso natural e renovável até um tempo atrás era considerado abundante e inesgotável, no entanto, atualmente tem se tornado mais escasso de forma a limitar o desenvolvimento urbano e industrial gerando deficiência quanto ao seu fornecimento para atender a alta e crescente demanda, seja pelo crescimento populacional desordenado, a poluição dos mananciais e crise econômica que afeta a infraestrutura. Este trabalho tem como objetivo demonstrar um estudo de implantação em uma residência na cidade de São Paulo de um sistema de aproveitamento de água de chuva, possibilitando investigar através de dados que o uso racional e alternativo é uma forma de mitigar consideravelmente a escassez, de modo a poupar água potável que é utilizada para fins menos nobres em residências, como: lavagem de automóveis, calçadas, rega de plantas, indicando que um número razoável de residências que tenham sistemas de armazenamento com o aproveitamento de água de chuva, garantiria uma redução do consumo do sistema público convencional e possibilitaria o desenvolvimento sustentável da sociedade, assim, este trabalho obedece ao princípio geral de que a conservação da água deve implicar benefícios líquidos positivos, isto significa que qualquer ação ou programa de conservação só é viável se, ao final de um balanço entre os custos e os benefícios, sejam resultados favoráveis. Deste modo, o resultado encontrado foi um volume de 2,14m<sup>3</sup>, sendo mais conservador em detrimento do espaço disponível para implantação do sistema e seu custo final obteve-se o valor de R\$ 7.150,00, sendo assim, para essa condição o sistema não é seja viável economicamente, uma vez que seu tempo de amortização do investimento é longo, porém, do ponto de vista ambiental, é viável, por contribuir para a preservação de um recurso finito e necessário.

**Palavras chave:** Água. Sistema. Aproveitamento. Residencial. Sustentável

## ABSTRACT

NUNES, Sheila Patrícia. **Sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis: Estudo de implantação em uma edificação residencial no município de São Paulo**. 2018. 93f. Trabalho de Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis), Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Water, being a natural and renewable resource until a long time ago was considered abundant and inexhaustible, nevertheless, nowadays it has become more scarce in order to limit the urban and industrial development generating deficiency in its supply to attend the high and growing demand, or by disordered population growth, pollution of water sources and economic crisis affecting infrastructure. This work aims to demonstrate a study of the implantation in a city of São Paulo of a rainwater harvesting system, making it possible to investigate through data that rational and alternative use is a way of considerably reducing scarcity, so to save potable water that is used for less noble purposes in homes, such as car wash, sidewalks, watering plants, indicating that a reasonable number of households with rainwater storage systems would consumption of the conventional public system and would enable the sustainable development of society, so this work obeys the general principle that water conservation should entail positive net benefits, this means that any conservation action or program is only feasible if, at the end of a balance between costs and benefits, are favorable results. In this way, the result found was a volume of 2.14m<sup>3</sup>, being more conservative to the detriment of the available space for system implantation and its final cost was obtained the value of R\$ 7.150,00, thus, for this condition the system is not economically viable, since its amortization time is long, but from the environmental point of view, it is viable, since it contributes to the preservation of a finite and necessary resource.

**Keywords:** Water. System. Exploitation. Residential. Sustainable.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Disponibilidade de água no mundo.....	18
Gráfico 2 – Consumo de água no mundo.....	23
Gráfico 3 – Consumo de água no Brasil.....	24
Gráfico 4 – Índice pluviométrico do Município de São Paulo – média mensal (1936 – 2016) .....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade média de água para produção de produtos.....	25
Tabela 2 – Variações da qualidade de água de chuva devido ao sistema de coleta.....	31
Tabela 3 – Tipos e características dos materiais constituintes dos telhados.....	36
Tabela 4 – Frequência de manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	44
Tabela 5 – Precipitação pluviométrica média mensal E3-035 Observatório AIG (Período 1936 – 2016) .....	52
Tabela 6 – Parâmetros de engenharia estimativa da demanda residencial de água po- tável para uso externo.....	56
Tabela 7 – Consumo de água potável na residência.....	61
Tabela 8 – Consumo de água não potável na residência.....	61
Tabela 9 – Método Azevedo Neto.....	62
Tabela 10 – Método prático Alemão.....	62
Tabela 11 – Método Inglês.....	62
Tabela 12 – Análise de consumo x economia.....	65

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Demanda de consumo não potáveis.....	29
Quadro 2 – Valores a considerar para efetio de cálculo aos métodos utilizados.....	56
Quadro 3 – Sistema de aproveitamento de água pluvial - resultados finais.....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo Hidrológico.....	17
Figura 2 – Frequência de ocorrência de eventos críticos de seca nos municípios do Brasil (2003 a 2015).....	18
Figura 3 – Demandas médias para o abastecimento urbano (2000 a 2025).....	20
Figura 4 – Evolução da população urbana por região (2000 a 2025).....	20
Figura 5 – Regiões e bacias hidrográficas no Estado de São Paulo.....	22
Figura 6 – Pegada hídrica – classificação de água doce.....	25
Figura 7 – Utilização da água em residência para determinadas atividades.....	28
Figura 8 – Reservatório de autolimpeza com boia.....	34
Figura 9 – Esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	34
Figura 10 – Componentes básicos do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	35
Figura 11 – Área de coleta de água de um telhado ou laje.....	35
Figura 12 – Tipos de calha.....	38
Figura 13 – Proteção de calhas.....	38
Figura 14 – Filtro para retenção de sólidos.....	39
Figura 15 – Dispositivos de descarte da primeira chuva.....	40
Figura 16 – Cisterna de polietileno.....	41
Figura 17 – Cisterna de aço.....	41
Figura 18 – Cisterna de concreto armado.....	41
Figura 19 – Reservatório com boia flutuante.....	43
Figura 20 – Reservatório de tubos com saída para cisterna ou caixa d'água.....	43
Figura 21 – Delimitação da edificação em estudo.....	49
Figura 22 – Indicação da cobertura principal.....	50
Figura 23 – Indicação da cobertura de vidro e condutor da edícula.....	50
Figura 24 – Indicação da cobertura da edícula e tubulação.....	50
Figura 25 – Área para implantação do reservatório.....	51
Figura 26 – Rede de água pluvial.....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IAG	Instituto Astronômico e Geofísico
ANA	Agência Nacional de Águas
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia, Agronomia e Arquitetura
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EPA	Environmental Protection Agency – Serviço de Proteção Ambiental
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente - MG
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ONU	Organização das Nações Unidas
PAD	Programa Água Doce – Ministério do Meio Ambiente
PEBH	Plano de Bacia Hidrográfica
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento de Campinas
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SIM	Sistema Integrado Metropolitano
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recurso Hídrico
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
USP	Universidade de São Paulo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 RECURSOS HÍDRICOS E DISPONIBILIDADE NO BRASIL.....	17
2.1.1 Recursos Hídricos no Estado de São Paulo.....	21
2.2 CONSUMO DA ÁGUA.....	22
2.2.1 Consumo da Água de Chuva.....	26
2.2.2 Consumo Residencial.....	27
2.2.3 Qualidade e Aproveitamento da Água de Chuva.....	29
2.3 COLETA DE ÁGUA DE CHUVA.....	32
2.3.1 Elementos Básicos de um Sistema para Coleta.....	33
2.3.2 Métodos de Dimensionamento do Reservatório para Coleta de Água Pluvial.....	44
2.3.3 Regulamentação Básica para Coleta de Água de Chuva.....	47
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>49</b>
3.1 SISTEMA DE APROVEITAMENTO NA UNIDADE DE ESTUDO.....	49
3.1.1 Caracterização da Área de Estudo.....	49
3.1.2 Levantamento dos Dados Pluviométricos.....	52
3.1.3 Identificação e Análise do Ponto de Coleta.....	53
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E ANÁLISE EM RELAÇÃO AO SISTEMA.....	55
4.1.1 Previsão de Consumo.....	55
4.1.2 Dimensionamento do Reservatório.....	56
4.1.3 Estimativa de Custo para Implantação do Sistema.....	58
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>67</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO A – LEIS E DECRETOS DEFERIDOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO B – PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA – SP (PERÍODO 1936 A 2016)..</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO C – MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO D – ARTIGO: APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS.....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água, um recurso natural, estratégico e vital ao bem estar do homem e manutenção dos ecossistemas do planeta, também é utilizada para coleta e o armazenamento de águas pluviais tendo seu uso para fins domésticos, irrigação, criação de animais e outras finalidades, tem sido utilizada em muitas partes do mundo há mais de dois mil anos, há indícios que havia um sistema integrado de manejo de água de chuva e agricultura, especialmente em regiões áridas e semiáridas e regiões de grande altitude e difícil acesso onde pessoas que viviam nas encostas necessitavam de água para viver.

Ao longo do tempo o sistema de aproveitamento de água caiu em desuso por vários motivos em diversas regiões, como aquelas que sofreram invasão e novas colonizações, impactam em novas práticas principalmente na agricultura fazendo com que não fossem adaptados à realidade cultural e ambiental, como também por interesses de tributos obrigando que as pessoas abandonassem o sistema de coleta comunitária inserindo outros tipos de práticas e ao longo do tempo, com técnicas para construções de barragens, no aproveitamento de águas subterrâneas e projetos de irrigação encanada com altos índices de uso de energia fóssil (aquela que não tem reposição) e elétrica.

O ciclo hidrológico que é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes, (superfície, solo e rocha) e na atmosfera, é de extrema importância para condições do desenvolvimento humano e ambiental, portanto, o ciclo deve ser completo, uma vez que está diretamente ligada a ação do homem no meio ambiente, caso contrário, a variação climática altera-se, o que pode-se verificar através de situações como a impermeabilização do solo, que diminui a capacidade de infiltração e provoca o aumento de volume da água e da velocidade dos escoamento, como inundações frequentes de zonas baixas, elevação na evaporação da troposfera (porção mais baixa da atmosfera) se tornando mais quente, resultando assim em mais umidade e como consequência as precipitações mais intensas em terras secas, entre outros.

No mundo a quantidade de água doce chega a ser 2,8% e água salgada 97,2%, e o Brasil é o país que possui 12% de água doce do mundo, no entanto, esse percentual não está distribuído de forma equilibrada, sendo que as regiões onde possuem maior quantidade de água doce não há população significativa e vice-versa.

O crescimento da população mundial aliado aos usos impróprios da água e elevado percentual de perdas tem levado a cenários de degradação desse recurso, embora dependa de políticas públicas, educação e infraestrutura que ainda são deficientes, o risco da escassez de água tem aumentado a conscientização da população à disseminação de informações.

Sendo assim, um sistema de aproveitamento onde a retenção e utilização de água de chuva para as edificações que possibilite maior economia para usos menos nobres, como limpeza de áreas externas, rega de jardim, lavagem de carro e áreas internas como torneiras e descargas sanitárias, pode gerar vantagens econômicas e ambientais, uma vez que disseminado e adotado tal sistema, pode-se comprovar a redução dos impactos hídricos, beneficiando assim o mundo atual e possibilitando um futuro no desenvolvimento das próximas gerações.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Apresentar um estudo para um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência no município de São Paulo de modo a complementar ao sistema de abastecimento público.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar revisão de literatura;
- b) Pesquisar normas e legislação;
- c) Realizar levantamento na região em estudo de dados hidrológicos;
- d) Levantar informações de necessidade e consumo médio anual da residência;
- e) Definir o uso da água pluvial que será captada;
- f) Verificar o volume de água pluvial aproveitável na área de captação;
- g) Identificar diferentes métodos para dimensionamento do reservatório;
- h) Realizar simulação dos métodos quanto ao dimensionamento de reservatório que atenda da melhor forma o cenário;
- i) Levantar valor para implantação do sistema.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

É crescente a preocupação com a preservação de recursos hídricos, especialmente no que compete a sua disponibilidade para as gerações futuras. Os impactos decorrentes do contínuo uso dos recursos indica a necessidade de uma gestão que busque garantir aspectos de sustentabilidade e qualidade.

Os maiores investimentos têm sido realizados para funcionamento do sistema de distribuição de água através do acionamento de motores, o que gera maior custo e procedimentos para redução de perdas físicas, o que não contribui de maneira positiva à conservação da água em relação aos sistemas prediais.

A disponibilidade hídrica para o setor de saneamento tem se agravado por conta de vários fatores como: danificação da qualidade da água bruta nos mananciais, esses localizados nas regiões mais próximas dos centros urbanos, além da consequente exploração dos recursos ambientais que o próprio desenvolvimento econômico das regiões metropolitanas acaba gerando ao longo do tempo. O desmatamento e a ocupação desordenada que altera características hidrológicas gerando um aumento do escoamento superficial e uma diminuição à infiltração da água no solo, ocasionando aumento das enchentes e diminuição das recargas dos aquíferos.

O aumento da demanda hídrica dos sistemas públicos, associado à diminuição da qualidade da água disponível e aumento da distância dos mananciais aos centros consumidores direciona para um aumento significativo do custo operacional de captação, tratamento e distribuição da água potável.

Sistemas que buscam o uso racional da água são cada vez mais aplicados, como é o caso dos sistemas de aproveitamento de água de chuva principalmente em residências e edifícios, e através de levantamento de dados pluviométricos de São Paulo, levantamento dos custos da aquisição, implantação e manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva, visando atentar a importância da necessidade de armazenar água de chuva coletada, em residência no município de São Paulo afim de suprir as necessidades não potáveis e, reduzir o consumo de água tratada, garantindo demanda pontual e auxiliando em iniciativas mais sustentáveis e menos impactantes à sociedade pode-se chegar num resultado mensurável.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Será analisado acerca desse estudo, referenciais teóricos citando alguns conceitos relevantes para elaboração do trabalho e será apresentado na sequência uma caracterização dos impactos sobre os recursos hídricos brasileiros e indicado características gerais dos recursos hídricos no Brasil, salientando aspectos referentes a saneamento urbano, irrigação e usos não consultivos.

### 2.1 RECURSOS HÍDRICOS E DISPONIBILIDADE NO BRASIL

O ciclo hidrológico está ligado ao movimento e a troca de água em seus diferentes estados físicos, que ocorre entre os oceanos, calotas de gelo, águas superficiais, águas subterrâneas e atmosfera. Deve-se ao Sol este movimento permanente, pois fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera, ocorrendo o fenômeno conhecido como evaporação, que é o seu estado gasoso, assim como para a gravidade, que faz com que a água condensada se caia, ocasionando o fenômeno da precipitação, que é o seu estado líquido na forma de chuva, granizo, orvalho e neve. Abaixo na (Figura 1), o ciclo hidrológico mostra esse movimento contínuo que a água perfaz.

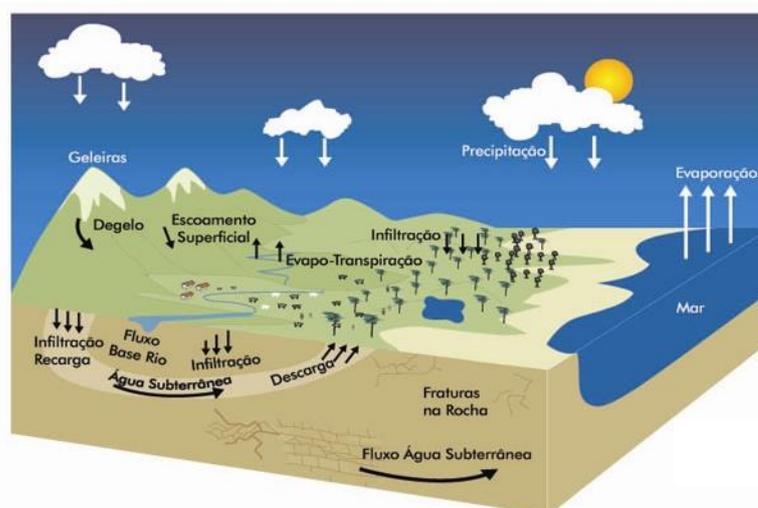


Figura 1 – Ciclo Hidrológico  
Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2017).

Para se ter uma ideia, 100% de água existente no planeta, somente 1% de água doce está acessível, dos 2,8% de água doce disponível conforme (Gráfico 1).

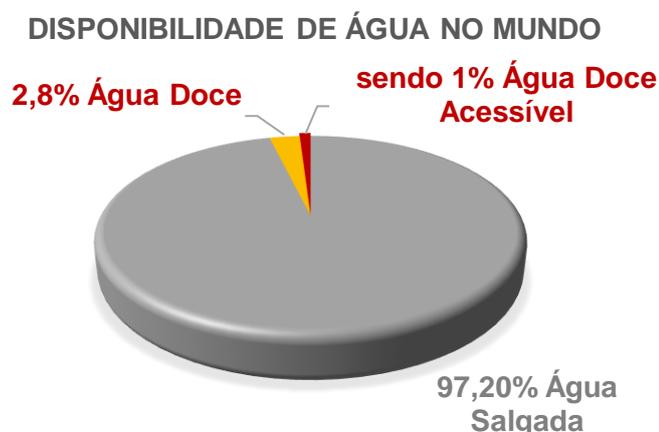


Gráfico 1 – Disponibilidade de Água no Mundo (*adaptada*)  
Fonte: World Resources Institute, ONU (2016).

A água como sendo um recurso natural, de valor econômico e social vem sinalizando um aumento da intensidade da seca em regiões como Kuwait, Emirados Árabes, Israel e ilhas como as Bahamas e no Brasil em regiões não comuns como o Pantanal, fronteira entre os estados da Bahia, Goiás e Tocantins, assim como região Norte como o leste de Roraima conforme (Figura 2).

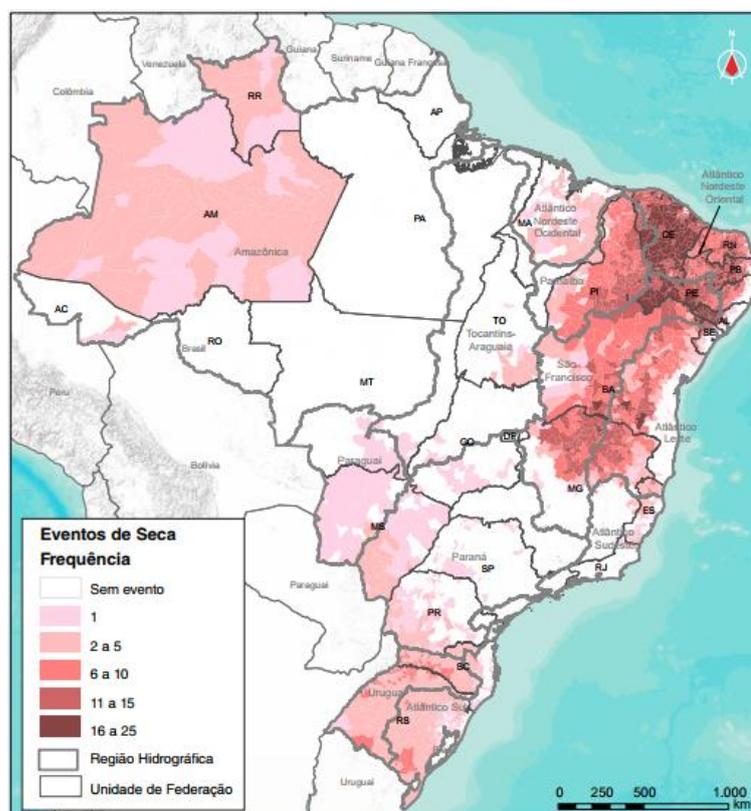


Figura 2 – Frequência de ocorrência de eventos críticos de seca nos municípios do Brasil (2003 a 2015)

Fonte: Informe 2016 – Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – ANA (2016).

Passam pelo território brasileiro em média cerca de 260.000 m<sup>3</sup>/s de água, onde 205.000 m<sup>3</sup>/s estão localizados na bacia do rio Amazonas, restando uma vazão média para o restante do território de 55.000 m<sup>3</sup>/s, além disso, a oscilação da quantidade de água presente em um rio no decorrer de um ano está relacionada ao regime de precipitações. O Brasil se destaca entre os países da América do Sul por possuir uma vazão média total de 53%. Estima-se que a disponibilidade hídrica no Brasil, baseada numa garantia de 95%, seja em torno de 12.000 m/s ou 22% da vazão média, excluindo a contribuição da bacia amazônica, contudo, a maior parte de água é encontrada na região norte, onde somente 7,4% dos brasileiros vivem (ANA, informe 2016 – Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil).

Segundo pesquisa recente do Serviço Geológico do Brasil, (CPRM), a maior parte das reservas de água pertence ao Aquífero Guarani, que é tido como segundo maior reservatório subterrâneo do mundo, que está em boa parte dos territórios do Sul e Sudeste, além de alguns países que fazem divisa com o Brasil (Argentina, Paraguai e Uruguai), no entanto, o que antes era considerado a maior reserva subterrânea de água doce, recentemente pesquisadores identificaram que, somente 90% do estado de Santa Catarina que se encontra água doce, demais áreas a água é salobra (CONFEA, 2017).

No Brasil, calcula-se a existência de aproximadamente 27 aquíferos, considerando dois deles os mais importantes e maiores, são eles: o Guarani, na região Sul e Sudeste e o Alter do Chão, este último localizado na região Norte, entretanto, devido a degradação das águas superficiais quanto a qualidade, as águas subterrâneas tem assumido uma posição de maior importância, gerando aumento no consumo, sofrendo poluição humana, poluição das atividades industriais e agrícolas e conseqüentemente comprometendo a capacidade de atender a demanda. Devido às baixas velocidades de infiltração e aos processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo e na zona não saturada, os aquíferos são naturalmente mais protegidos da poluição. Porém, ao contrário das águas superficiais, uma vez ocorrida a poluição, as baixas velocidades de fluxo tendem a promover uma recuperação muito lenta da qualidade. Dependendo do tipo de contaminante, essa recuperação pode levar anos, com custos muito elevados, não raro, proibitivos (PAD, 2007).

O Brasil disponibiliza 12% dos recursos hídricos do planeta, entretanto, este recurso não chega para todos os brasileiros na mesma quantidade e regularidade. O consumo médio nacional chega a 1/3 do total de água utilizada no país. Os municípios brasileiros utilizam exclusivamente a água subterrânea extrapolando as reservas devido ao grande volume utilizado. As estimativas do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas apontam que até o ano de 2025 o número de pessoas que vivem em países submetidos a grande pressão sobre os recursos hídricos passará de 700 milhões atuais para mais de 3 bilhões. (Ministério do Meio Ambiente, 2014). Conforme (Figura 3 e 4), a média por região para abastecimento urbano indica um crescimento em torno de 28% de demanda até o ano de 2025 (ATLAS BRASIL, 2010).

DEMANDAS MÉDIAS PARA ABASTECIMENTO URBANO						
Ano	Demanda por Região Geográfica (m <sup>3</sup> /s)					Total Brasil (m <sup>3</sup> /s)
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
2005	34	115	33	247	65	494
2015	45	136	39	275	75	570
2025	54	151	44	298	83	630

Figura 3 – Demandas médias para abastecimento urbano – (2000 a 2025)  
Fonte: Atlas Brasil (2010).

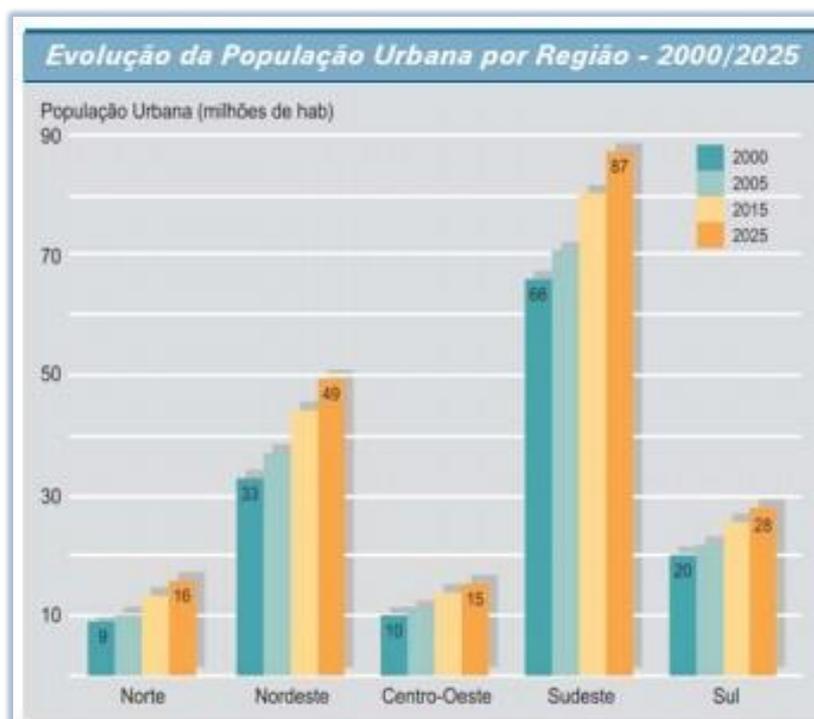


Figura 4 - Evolução da população urbana por região – (2000 a 2025)  
Fonte: Atlas Brasil (2010).

### 2.1.1 Recursos Hídricos no Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo com a implantação da Lei Estadual n.º 7.663, de 30 de dezembro de 1991 se tornou o primeiro a obter uma política de recursos hídricos institucionalizada. A Lei propiciou a criação do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), assim como importantes normas e instrumentos de gestão e planejamento como o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e os Planos de Bacias Hidrográficas (PEBHs).

Mais tarde, em 1994, com a promulgação da Lei n. 9.034, o Estado foi dividido em vinte e duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs), e atualmente, são vinte seis possibilitando um gerenciamento descentralizado por meio de fóruns colegiados denominados Comitês de Bacias Hidrográficas que são responsáveis anualmente de elaborar Relatório de Situação de suas regiões de gestão.

O principal sistema interligado ocorre na região da UGRHI 06-AT, (Alto Tietê) onde se concentra a maior atividade econômica e produtiva do País, além da maior população urbana. O sistema Integrado Metropolitano (SIM) da Sabesp atende cerca de 20 milhões de habitantes em 35 municípios (SIGRH, 2015). (Figura 5).

A menor disponibilidade hídrica *per capita* do Estado: 130m<sup>3</sup>/hab. ano, estando muito abaixo da faixa considerada crítica, encontra-se nesta UGRHI 06-AT, localizada em região de cabeceiras e de baixa produção hídrica natural e o que se adota como solução é a importação de água da UGRHI 05-PCJ (Sistema Cantareira), gerando conflitos e discussão de uso com bacias vizinhas. (SIGRH, 2015).

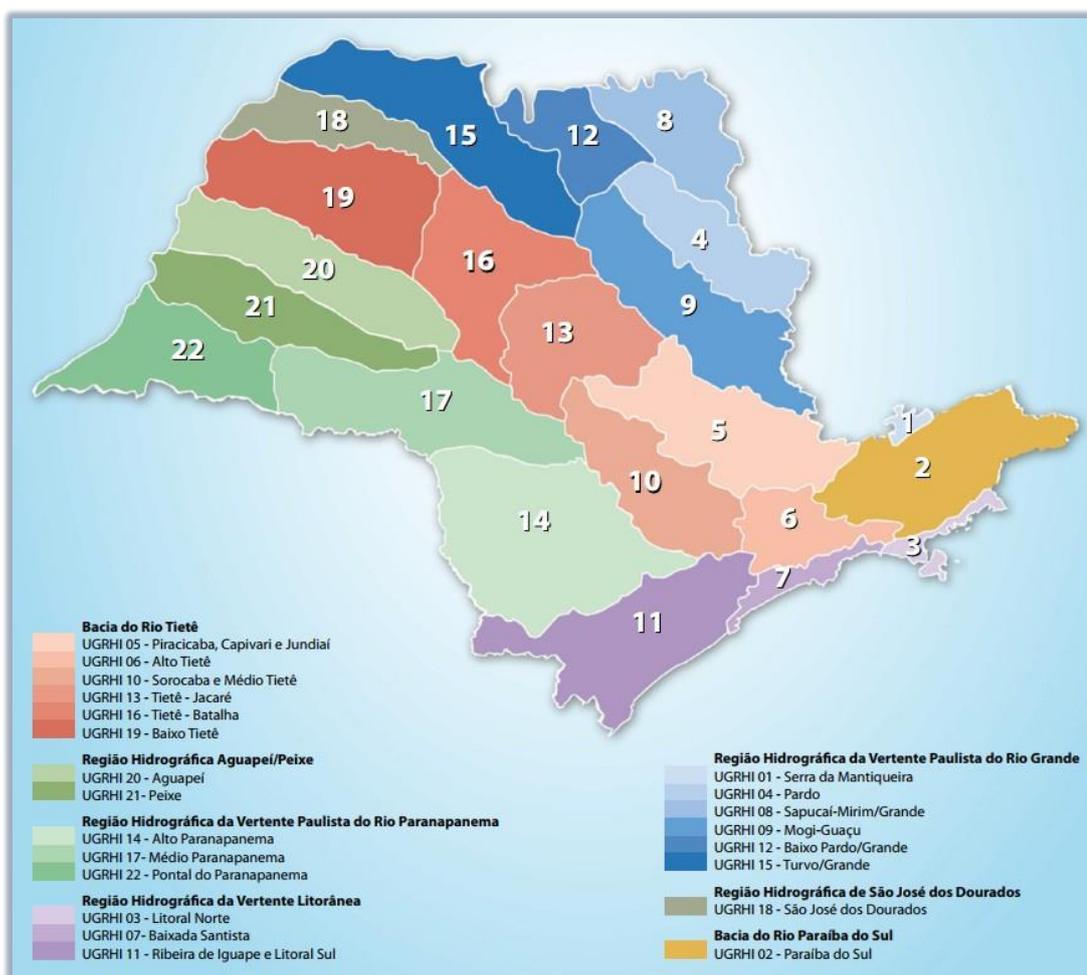


Figura 5 – Regiões e bacias hidrográficas no Estado de São Paulo  
Fonte: SIGRH (2015).

## 2.2 Consumo da Água

O uso dos recursos hídricos pode ser classificado como consultivo e não consultivo:

1. Uso Consultivo (gera consumo significativo) é quando durante o uso, uma determinada quantidade de água dos mananciais é retirada e depois de utilizada, uma quantidade menor e com qualidade inferior é devolvida, ou seja, o volume captado é maior que o devolvido ao corpo hídrico. Exemplos: abastecimento público (doméstico e industrial), irrigação, transporte, produção de alimentos com irrigação.

2. Uso Não Consultivo (não gera consumo significativo) é aquele uso em que é retirada uma parte de água dos mananciais e depois de utilizada, é devolvida para esses mananciais, a mesma quantidade e qualidade ou seja, não há consumo significativo. Exemplos: Navegação fluvial, Aquicultura e pesca, geração de energia elétrica, alguns usos industriais como (lavagem e resfriamento).

O consumo da água no mundo é muito diversificado, com demanda maior nos setores da agricultura (irrigação) e indústria, onde um produto pode gerar uma necessidade hídrica maior ou menor para sua produção, pode-se mensurar este nível de consumo através do (Gráfico 2), que a porcentagem de aumento no gasto da água até 2025 em países em desenvolvimento será em torno de 50%, a porcentagem de cidades europeias que utilizam água do subsolo e o número de pessoas que viverão em regiões de total escassez de água até 2025 será de aproximadamente dois milhões (ONU, 2012).



Gráfico 2 – Consumo de Água no Mundo (adaptado)  
Fonte: ONU (2012).

No Brasil, o consumo de água na irrigação também é predominante, conforme (Gráfico 3), onde 70% é utilizado para o uso de irrigação, 22% para uso industrial e 8% para uso doméstico, sendo ao todo 29,6 milhões de hectares irrigáveis no país, além da indicação de 20% de crescimento do valor da área irrigada de 2010 em relação a 2006 (ONU; ANA, 2012).

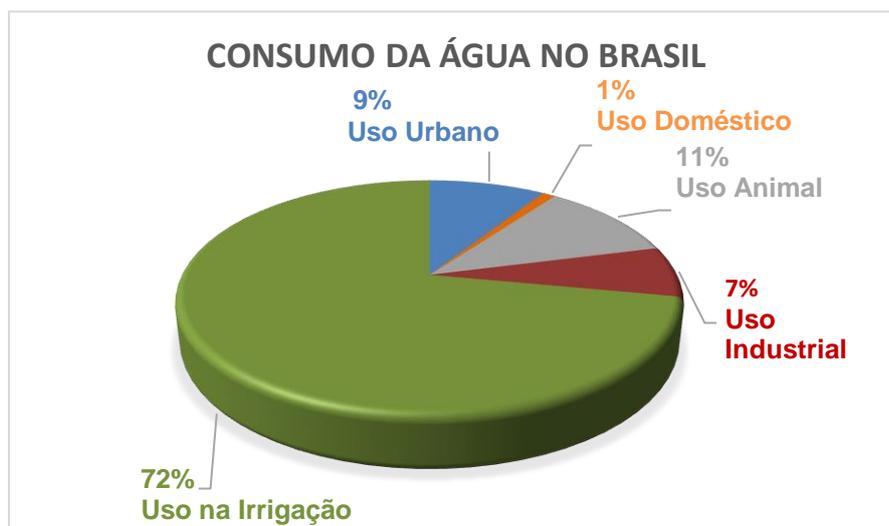


Gráfico 3 – Consumo de Água no Brasil (*adaptado*)  
Fonte: ANA (2012).

Em São Paulo o consumo per capita em 2016 foi de 129 litros habitante/dia, patamar 24% menor que a média de 169 litros habitante/dia registrada em 2013, antes de deflagrada a crise hídrica, outro fator de provável influência na diminuição do consumo pode estar relacionado à retração econômica brasileira, impactando principalmente os setores da indústria e comércio. A recuperação dos mananciais com o retorno das chuvas não é garantia de um futuro com tranquilidade diante da possibilidade de novos eventos climáticos extremos em uma região complexa para o abastecimento, como é a RMSP e apresentar uma das maiores densidades demográficas do planeta (RELATÓRIO DA ADMINISTRAÇÃO, SABESP, 2016).

Em 2002 foi criado pelo professor Arjen Y. Hoekstra da UNESCO-IHE um conceito chamado *Pegada Hídrica*, se trata de um indicador ambiental, que tem como finalidade gerenciar o uso da água, seja pelo consumo direto ou indireto de água doce ou pelo lançamento de efluentes líquidos (aquelas substâncias que lançadas na natureza sem o devido tratamento causam sérios danos ao ecossistema dos rios, lagos, oceanos e córregos), ou seja, diz respeito a quantidade de água potável suficiente para produzir um alimento ou mercadoria, conforme (Figura 6), recebe três classificações: água azul (associada a água da chuva), água verde (associada a água superficial ou subterrânea e água cinza (associada a água poluída).

## PEGADA HÍDRICA - CLASSIFICAÇÃO DE ÁGUA DOCE

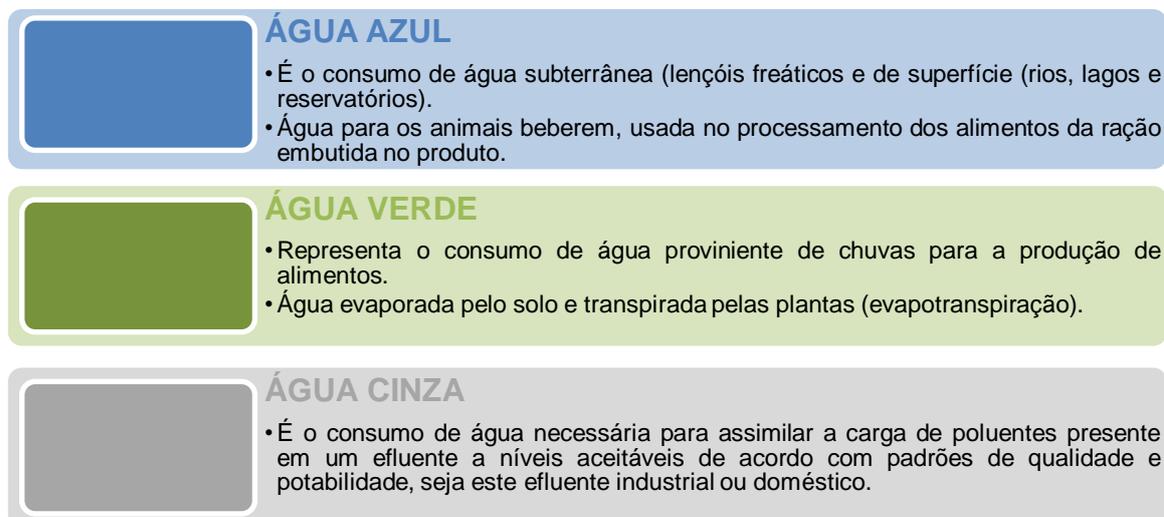


Figura 6 – Pegada Hídrica – Classificação de Água Doce  
Fonte: WATER FOOTPRINT (2016).

A Pegada de Hídrica de um país é a quantidade de água incorporada nos bens que este importa e exporta. (LANGE e HASSAN 2006).

Com isso, pode-se comparar a eficiência dos diferentes processos produtivos e passa a ser incluído no custo ambiental, podendo ser avaliado na indústria, assim como na agricultura, visando à economia do recurso natural.

A (Tabela 1) indica uma quantidade média de água para produção de alguns produtos de origem animal e agrícola segundo (HOEKSTRA, 2011).

Produtos de origem animal	Volume de água (L kg <sup>-1</sup> )	Cultura	Volume de água (L kg <sup>-1</sup> )
Couro bovino	16.600	Arroz	3.400
Carne de Boi	15.500	Amendoim (com casca)	3.100
Carne de carneiro	6.100	Trigo	1.300
Queijo	5.000	Milho	900
Porco	4.800	Maçã ou Pêra	700
Leite em pó	4.600	Laranja	460
Carne de cabra	4.000	Batata	250
Galinha	3.900	Repolho	200
Ovos	3.300	Tomate	180
Leite	1.000	Alface	130

Tabela 1 – Quantidade Média de água para Produção de Produtos  
Fonte: HOEKSTRA (2011).

### 2.2.1 Consumo de Água de Chuva

A perda na qualidade dos mananciais por aumento da poluição, a insuficiência de água devido à estiagem em determinados períodos, conjuntamente aos serviços ineficientes de abastecimento público têm despertado a necessidade de conservação da água (PROSAB, 2006).

Nos sistemas de abastecimento de água podem ocorrer perdas físicas ou não-físicas. As perdas físicas são aquelas que estão relacionadas à água que não chega ao consumidor, devido a vazamentos nas redes de distribuição e nas ligações com as residências ou ramais prediais. Existem também as perdas não-físicas ou comerciais, que são os erros na medição de hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas ou falhas no próprio cadastro (SABESP, 2007).

O índice de perdas da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo, empresa que opera em 366 municípios em todo o Estado de São Paulo, atualmente está em 33%; sendo 15% físicas e 18% comerciais. Este índice representa nove mil litros de água perdidos em um único segundo. Porém, estes valores estão próximos da medição feita por países de Primeiro Mundo, como o Canadá, que perde 14% de água, a Inglaterra 17,3% do total produzido. Em Tóquio, o índice é de apenas 8,4%, pois as tubulações são feitas de aço inoxidável em função de problemas com terremotos (SABESP, 2007).

Existem dois tipos de usos para água: *potável*, que é destinada ao consumo e sem risco a saúde para os seres vivos e *não potável*, que possui algum tipo de contaminação e imprópria para consumo, como por exemplo lavagem de piso, rega de jardim, lavagem de carro, descarga, etc.

Em vários países há diversas práticas quanto ao aproveitamento de água pluvial de uso não potável onde o objetivo é de reter o controle de inundações e amenizar a ausência de abastecimento regular de água, assim como para outros fins.

No Japão, o uso da chuva e a infiltração tem sido estimulada com a participação ativa da população, como forma de prevenir as enchentes urbanas e restaurar as fontes de água. Na cidade de Sumida, tanques subterrâneos de coleta de chuva de aproximadamente 10m<sup>3</sup> são construídos em pontos estratégicos nas ruas. A água

reservada é usada pela comunidade para regar plantas e outros usos similares e na emergência podem servir no auxílio no combate de incêndio e até mesmo para o consumo (HANSEN,1996).

No estádio japonês Tokyo Dome é um dos projetos arquitetônicos de aproveitamento de água mais criativos do mundo. O teto do Tokyo Dome, é feito de plástico ultra resistente e pode ser inflado ou desinflado a qualquer momento. A cobertura funciona como uma lona gigante para colher as chuvas. A água que é captada ali vai para um tanque no subsolo, onde é tratada e distribuída para o sistema de combate a incêndio do prédio. Um terço da água empregada no Tokyo Dome durante o ano inteiro chega do céu, de graça (ANGELO et al, 2000).

A utilização da água da chuva tem sido considerada como uma fonte alternativa, podendo ser inserida no sistema de gestão integrada de águas urbanas, já que visa seu aproveitamento no próprio local de captação, tornando assim um sistema descentralizado, no qual sua gestão é compartilhada com o usuário (PROSAB, 2006).

Legislações específicas sobre a coleta de água da chuva têm sido adotadas, visando a redução de enchentes em muitas cidades brasileiras, a exemplo de São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba, sendo que nessas cidades alguns novos empreendimentos passaram a ser obrigados a coletar a água da chuva, não apenas para reduzir o pico de cheias, como também a sua utilização para fins não potáveis. Estudos apontam para diferentes experiências com a finalidade de aproveitamento a água de chuva, seja em lavanderias industriais, indústrias e outras atividades comerciais (SICKERMANN, 2003, apud PROSAB,2006).

### 2.2.2 Consumo Residencial

O consumo em regiões cujas residências que dispunham de hidrômetro era, em 2002 cerca de 14,3 milhões de litros por domicílio por mês. Na lista nacional de consumo o estado do Rio de Janeiro é o maior consumidor de água com 232 litros, e São Paulo aparecia em 6º lugar com 165,67 litros/dia (SANASA, 2006).

A identificação do perfil de consumo e os usos finais de água são informações essenciais para a determinação de estratégias de controle da demanda, bem como para o uso de fontes alternativas de água (BARRETO, 2008).

Conforme Vasconcelos (2007), a viabilidade do uso de água da chuva para usos básicos em uma residência domiciliar certamente resultará na diminuição do uso de água fornecida pelas companhias de saneamento, na demanda dos custos com o uso de água potável e na redução de enchentes em caso de chuvas intensas. A distribuição do consumo residencial por tipo de uso se dá conforme (Figura 7) sabendo que a média de consumo residencial é de aproximadamente 200 litros de água diários, conforme afirmação da SABESP.

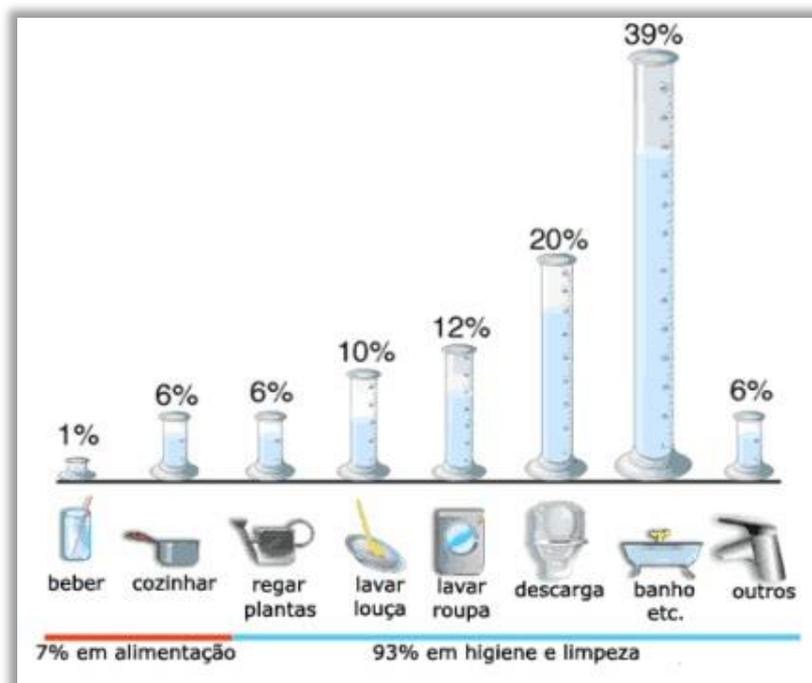


Figura 7 – Utilização da água em residências para determinadas atividades  
Fonte: SANASA (2006).

O consumo de água não potável principalmente para fins domésticos é realizado através de parâmetros de engenharia, mesmo com a dificuldade em aplicar tais parâmetros devido ao grande volume de informações e por não estarem disponíveis. No Brasil, os dados são estimados, para tanto são aplicados parâmetros de engenharia utilizados pelos Estados Unidos.

As demandas de consumo de água não potável para demanda interna e externa.

<b>Demanda Interna</b>	<b>Faixa</b>	<b>Unidade</b>
Vaso Sanitário – Volume	6 – 15	L/descarga
Vaso Sanitário – Freqüência	4 – 6	Descarga/hab/dia
Máquina de Lavar Roupa – Volume	100 – 200	L/ciclo
Máquina de Lavar Roupa – Freqüência	0,2 – 0,3	Carga/hab/dia
<b>Demanda Externa</b>	<b>Faixa</b>	<b>Unidade</b>
Rega de Jardim – Volume	2	L/dia/m <sup>2</sup>
Rega de Jardim – Freqüência	8 – 12	Lavagem/mês
Lavagem de Carro – Volume	80 – 150	L/lavagem/carro
Lavagem de Carro – Freqüência	1 – 4	Lavagem/mês

Quadro 1 – Demandas de consumo não potáveis  
 Fonte: THOMAZ, 2000, PROSAB (2006).

### 2.2.3 Qualidade e Aproveitamento da Água de Chuva

A utilização de superfícies para a coleta da água também altera as características naturais da mesma. Fenômenos de deposição seca dos compostos presentes na atmosfera são devidos à sedimentação gravitacional e interceptação de particulados ou ainda, a qualidade da água da chuva, na maioria das vezes diminui ao passar pela superfície de captação, o que leva à recomendação de descartar a água da primeira chuva, ou também denominada como autolimpeza, pois consiste em descartar o primeiro momento da chuva, frequentemente, a contaminação da água pode ser dar por fezes de pássaros e de pequenos animais, ou por óleo combustível, no caso de superfície de captação no solo (PROSAB, 2006).

A qualidade da água da pluvial varia tanto com o grau de poluição do ar como também com a limpeza de captação. Se uma casa é cercada por árvores, um coador ou uma tela é indispensável para manter as folhas do lado de fora dos tubos coletores. Se há uma área arenosa ou de terra aberta, ou seja, sem vegetação, a sedimentação e/ou a infiltração são necessárias para retirar a sujeira (GROUP RAINDROPS, 2002).

A qualidade da água na atmosfera difere da qualidade após sua passagem pela área de captação e após o armazenamento na cisterna ou reservatório final. Ao lavar a atmosfera a chuva carrega substâncias contaminantes presentes na mesma, modificando sua qualidade inicial (PETERS, 2006).

Por sua vez, a qualidade do ar tem grande influência sobre a qualidade da água da chuva. Dependendo da localização, as características da água de chuva podem ser afetadas por fatores naturais ou pela ação antrópica. Cita-se que em regiões

próximas aos oceanos há uma probabilidade maior de se encontrar sódio, potássio, magnésio e cloro na água da chuva. Em regiões com grandes áreas não pavimentadas estarão presentes partículas de origem terrestre como a sílica, o alumínio e o ferro, além de componentes de origem biológica, como nitrogênio, fósforo e enxofre (PHILIPPI, 2006).

Segundo Jaques (2005), afirma que mesmo em áreas inalteradas pela ação do homem o pH encontra-se próximo de 5,0 devido à presença de  $\text{CO}_2$  e  $\text{SO}_4$ , que reagem com a água da chuva formando ácidos que diminuem o pH. O  $\text{CO}_2$  é um gás naturalmente presente na atmosfera, que se dissolve na água da chuva formando o ácido carbônico. Este processo indica que o teor levemente ácido da água da chuva é uma característica natural.

A chuva ácida é caracterizada por valores de pH menores que 5,6, sendo que em Porto Alegre já foram relatadas chuvas com pH inferior a 4,0 (TOMAZ, 2003).

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações consistem na captação, armazenamento e posterior utilização da água e precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Assim como os sistemas prediais de reuso de água, a sua aplicação é restrita a atividades que não necessitem da utilização de água potável (OLIVEIRA, 2007).

No Brasil, um estudo realizado por May e Prado (2004), analisou-se a qualidade da água de chuva para consumo não potável na cidade de São Paulo. Através de um sistema experimental, instalado no Centro de Técnicas de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, foram realizadas análises da composição física, química e bacteriológica da água de chuva, para verificar a necessidade de tratamento da água antes de ser utilizada. As amostras de água de chuva foram coletadas em dois de amostragem: telhados do edifício e reservatórios de acumulação. Com base nos resultados das análises, verificou-se que a água coletada nos reservatórios apresentou melhor qualidade em relação às amostras coletadas diretamente do coletor de água de chuva nos telhados. Dessa forma, recomenda-se o descarte do volume de água correspondente aos primeiros 15 a 20 minutos de chuva, para que seja feita a limpeza do telhado.

As variações quanto a qualidade da água de chuva pode ser encontrada na (Tabela 2).

<b>Grau de purificação</b>	<b>Área de coleta de chuva</b>	<b>Observações</b>
A	Telhados (lugares não freqüentados por pessoas ou animais)	Se a água for purificada, é potável
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas ou animais)	Apenas usos não potáveis
C	Pisos e estacionamentos	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis
D	Estradas	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis

Tabela 2 – Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta.  
Fonte: GROUP RAINDROPS (2002).

Os problemas causados pelas enchentes podem ocorrer por causas naturais, através de rios intermitentes, que nunca secam durante o ano. Eles possuem dois tipos de leitos: um menor e principal, por onde a água corre durante a maior parte do tempo, e um maior e complementar, que é inundado apenas em períodos de cheias. Por outro lado, o problema das enchentes pode e quase sempre está relacionado a interferência humana, que são as causas antrópicas das enchentes. Essas causas estão relacionadas a poluição por parte da população, mas esse não é o único caso. A maioria dos casos está relacionada ao mau uso do espaço urbano pela população, por falta de um sistema de drenagem, pois a água que deveria ser infiltrada no solo, escorre pelos pavimentos e asfaltos das cidades. Caso esse escoamento fosse diminuído através de uma drenagem ou coleta dessa água por parte da maioria das residências de uma cidade, essas enchentes diminuiriam bastante seu impacto ou dependendo da gravidade, evitaria. (PENA, 2014).

Atualmente, o Japão, a Alemanha, a Austrália, o México, a Holanda e os Estados Unidos, destacam-se como os países que mais se utilizam o sistema de captação de água de chuva. No Brasil, este aproveitamento de água de chuva está em pleno desenvolvimento, onde o uso da água de chuva é mais difundido nas regiões áridas e semiáridas do Nordeste, no intuito de suprir a carência de água potável nos períodos de estiagem (GIACCHINI, 2003).

De acordo com (EPA) Environmental Protection Agency existem mais de 200 mil reservatórios para aproveitamento de água de chuva nos Estados Unidos. Na Alemanha, o aproveitamento da água pluvial é destinado aos usos não potáveis, como irrigação de jardins, descargas de bacias sanitárias, máquinas de lavar de roupa e uso industrial (TOMAZ, 2003).

### 2.3 COLETA DE ÁGUA DE CHUVA

A utilização do aproveitamento da água oriunda das precipitações pluviais, sua utilização depende de cada região e em alguns casos o aproveitamento é utilizado para preservar mananciais e mitigar o grande consumo de água potável.

O sistema de aproveitamento de água pluvial é relativamente simples, pois consiste na captação da água, filtragem, armazenamento e distribuição da água que cai na cobertura da edificação, cuja tecnologia para o uso nas edificações é a soma das seguintes técnicas (FENDRICH, 2009 apud GIACCHINI, 2010).

- a) Coleta da água da chuva que precipita no telhado;
- b) Eliminação da água do início da chuva;
- c) Instalação de unidades de sedimentação, filtragem, tratamento e melhoria da qualidade da água;
- d) Armazenamento da água da chuva em reservatórios;
- e) Abastecimento aos locais de uso;
- f) Drenagem do excesso da água da chuva;
- g) Complementação caso de estiagem prolongada.

A utilização da água da chuva não é uma inovação dos dias atuais. No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento da água de chuva é provavelmente um sistema construído na Ilha Fernando de Noronha, pelo exército norte-americano em 1943 (PETER, 2006 apud HAGEMANN).

Existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento, minimizar riscos de

enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004).

Em algumas metrópoles brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, a coleta a água da chuva tornou-se obrigatória para alguns empreendimentos, visando a economia de água potável. Existem também empresas especializadas que fabricam e fornecem soluções para o aproveitamento da água da chuva (ANNECCHINI, 2005).

Segundo Kobiyama (2005), a água doce pode ser adquirida de três tipos de fontes, são elas: mananciais superficiais; mananciais subterrâneos e água de chuva. Ele relata que a água de chuva pode ser utilizada como manancial abastecedor, sendo armazenada em cacimbas ou cisternas, que são pequenos reservatórios individuais. A cisterna tem sua aplicação em áreas de grande pluviosidade ou, em casos extremos, em áreas de seca onde se procura acumular a água da época chuvosa para a época de estiagem com o propósito de garantir, pelo menos, a água para beber.

### 2.3.1 Elementos Básicos de um Sistema para Coleta

O sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável consiste de um conjunto de elementos, de tecnologia relativamente simples e econômica, que objetiva captar e armazenar a água de chuva para uso futuro (IPT, 2015)

Conforme May (2004), ao iniciar a chuva, o reservatório de autolimpeza que está vazio recebe a água da chuva e o nível sobe até atingir a posição limite, implicando no fechamento automático da torneira-boia. Só então, a água começa a escoar para o reservatório de água da chuva. Cessada a chuva, o registro de descarte da água do reservatório deve ser aberto para esvaziá-lo e retomar às condições de funcionamento. Abaixo, conforme a (Figura 8) o modelo de reservatório de autolimpeza com torneira-boia.

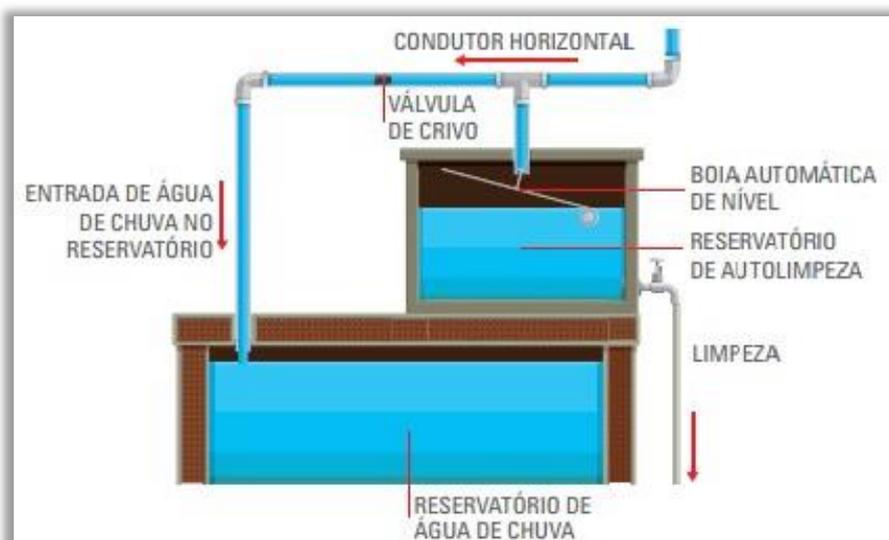


Figura 8 – Reservatório de autolimpeza com boia  
Fonte: DACACH (1990).

Na (Figura 9), é mostrado o esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Figura 9 – Esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial  
Fonte: SEMPRESUSTENTAVEL (20).

Para o sistema de aproveitamento de água pluvial depende-se de componentes básicos, conforme (Figura 10).



Figura 10 – Componentes básicos do sistema de aproveitamento de água de chuva  
Fonte: RAINWATER DROPS (2017). Ilustração Adaptada.

## 1. Telhados

A área de captação pode ser qualquer superfície impermeabilizada, telhados com alguma inclinação facilitam a captação e reduzem as perdas. A determinação da área de captação deve seguir diretrizes da ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais.

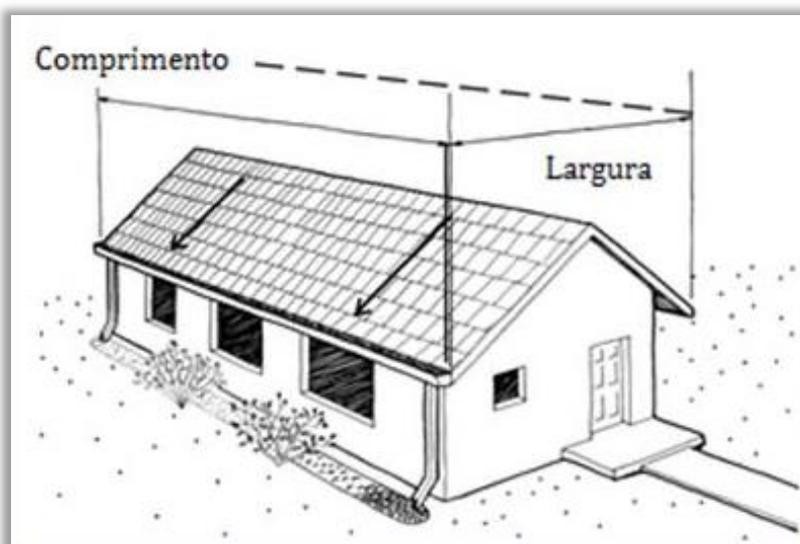


Figura 11 – Área de Coleta de água de um telhado ou laje.  
Fonte: WATERFALL (2006). Ilustração Adaptada.

Para captação da água de chuva, a área é a projeção do telhado na horizontal, sendo que o material influencia na qualidade da água captada e no coeficiente de escoamento.

Segundo Tomaz (2003), afirma quanto ao custo do sistema de captação de água pluvial, que os principais fatores que influenciam no cálculo são: a área do telhado, a quantidade de água necessária para atender a demanda e a definição do tipo do reservatório que será utilizado em termos de custos, recursos e métodos construtivos.

O telhado é importante para a definição do coeficiente de escoamento, pois determina a quantidade de água precipitada que se transforma em escoamento. Os valores de coeficiente de escoamento mais próximos de 1 são mais indicados para coleta de água de chuva, pois indicam uma perda menor de água na captação.

Conforme (Tabela 3) os tipos e características para telhados usados geralmente.

Tipo	Coeficiente de escoamento	Observações
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,90	Qualidade da água excelente. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha cerâmica	0,60 a 0,90	Se vitrificada, apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação das junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	0,80 a 0,90	Telhas novas podem contribuir para águas coletadas de boa qualidade. Não existe nenhuma evidência de que a ingestão da água que passe por essas telhas cause algum efeito cancerígeno. Levemente porosas, o que diminui o coeficiente de escoamento. Quando velhas, podem apresentar lodo e rachaduras.
Orgânico (Sapê)	0,20	Qualidade da água ruim (>200CF/100ml). Pouca eficiência da primeira chuva. Alta turbidez devido à presença de matéria orgânica dissolvida e em suspensão.

Tabela 3 – Tipos e características dos materiais constituintes dos telhados  
Fonte: Adaptado de IPT (2015).

## 2. Calhas e Condutores

Quanto a condução das águas precipitadas pode ser feita por meio de calhas, condutores e grelhas com diversos materiais, conforme a norma de instalações prediais de águas pluviais NBR 10844:1989 as calhas devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, (NBR 7005), (NBR 6663), folhas de flandres (NBR 6647), chapas de cobre (NBR 6184), aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, concreto ou alvenaria (NBR 10844:1989). O dimensionamento das calhas e condutores deve seguir as diretrizes da ABNT NBR 10844:1989, caso o empreendimento não possua.

Nos condutores verticais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido (NBR 8161), fibrocimento, PVC rígido (NBR 10843, NBR 5680), aço galvanizado (NBR 5580, NBR 5885), cobre, chapas de aço galvanizado (NBR 6663, NBR 7005), folhas-de-flandres (NBR 6647), chapas de cobre (NBR 6184), aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.

Nos condutores horizontais, devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido (NBR 8161), fibrocimento (NBR 8056), PVC rígido (NBR 10843, NBR 5680), aço galvanizado (NBR 5580, NBR 5885), cerâmica vidrada (NBR 5645), concreto (NBR 9793, NBR 9794), cobre, canais de concreto ou alvenaria.

Conforme NBR 15527, devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica, ser instalados dispositivos para remoção de detritos, sendo estes dispositivos, por exemplo, grades e telas que atendam à ABNT NBR 12213, ser instalado no sistema de aproveitamento de água de chuva um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial. É recomendado que tal dispositivo seja automático e na falta de dados, o dispositivo de descarte de água recomenda-se considerar 2mm da precipitação inicial.

A inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5%.

As calhas e condutores verticais devem ser periodicamente inspecionados e cuidadosamente limpos. Uma boa época para inspecionar estes componentes é enquanto está chovendo, pois nesse caso é mais fácil detectar goteiras ou buracos (UNEP, 2002).

A NBR 15527:2007 recomenda que a limpeza desses dispositivos seja realizada semestralmente, assim evita-se a contaminação da água a ser coletada.

Abaixo (Figura 12) alguns tipos de calhas mais utilizadas.



Figura 12 – Tipos de Calhas  
Fonte: TOMAZ (2010).

A instalação de telas ou grades, embora seja uma maneira simples e eficaz para retenção de acúmulo de detritos e remoção de folhas, gravetos, penas de pássaro, pedaços da superfície de coleta, é de extrema necessidade e importância sua devida limpeza e manutenção para que não gere problemas no acúmulo de materiais e obstrução da passagem da água, para que desta forma, a vazão seja adequada de acordo com o dimensionamento das calhas sem obstrução.

Na (Figura 13) indicação de proteção de calhas para evitar acúmulo de detritos (FEAM, 2015).



Figura 13 – Proteção de Calhas  
Fonte: FEAM (2015).

### 3. Filtros

A importância de dispositivos para retenção dos sólidos grosseiros, tais como folhas secas de árvores, gravetos, pequenos insetos geralmente mortos e secos, penas de pássaros, pedaços da superfície de coleta se faz necessário para obter um sistema mais eficaz (FEAM, 2015).



Figura 14 – Filtro para retenção de sólidos  
Fonte: 3P Technik. Ilustração adaptada.

Dependendo do tipo e tamanho das árvores e dos resíduos acumulados sobre o telhado, o proprietário do sistema deve escolher o dispositivo de retenção mais adequado. Entre os materiais usados estão a tela de arame, nylon PVC e aço galvanizado (TEXAS WATER DEVELOPMENT BORAD, (2005).

As sujeiras mais finas, que passarão pela tela irão para um segundo momento do sistema de aproveitamento da água, chamado: separador das águas ou dispositivo de descarte da primeira chuva, conforme dois exemplos na (Figura 15).

O primeiro consiste de um tubo de PVC, que coleta a primeira parte do volume precipitado e quando o tubo está cheio, a água é desviada para o condutor principal que a leva para o reservatório de armazenamento.

O segundo consiste de um tubo com uma válvula esférica flutuante em seu interior. Quando o volume correspondente ao descarte enche o tubo, a elevação do nível da água faz com que a esfera obstrua a entrada do tubo e o fluxo é conduzido para o reservatório de armazenamento.

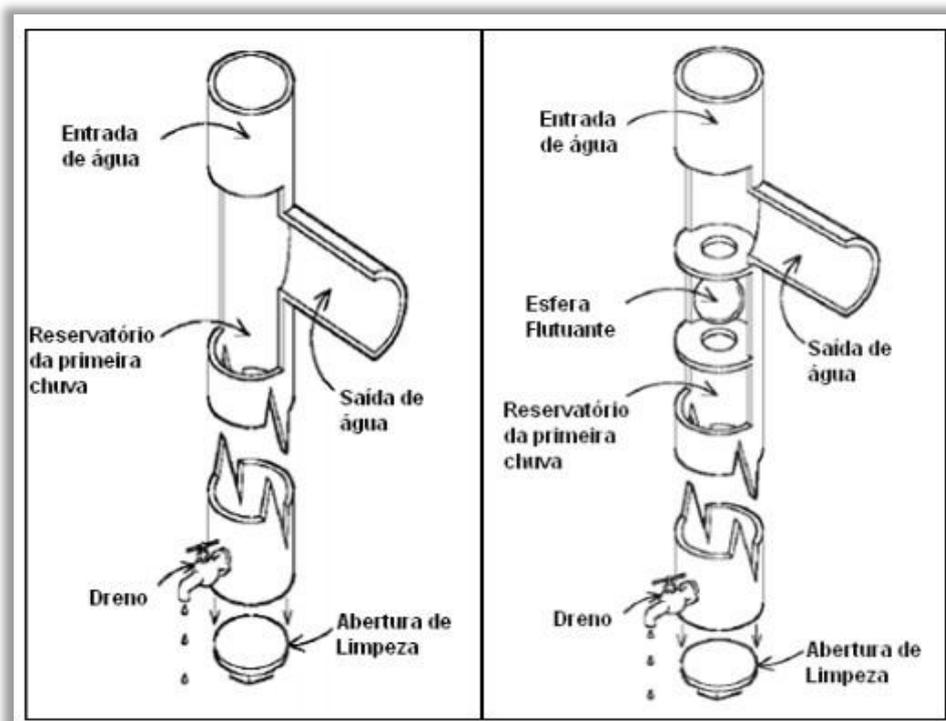


Figura 15 – Dispositivos de descarte da primeira chuva  
 Fonte: Texas Water Development Board (2005)

#### 4. Armazenamento

Segundo Tomaz (2003) para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Para isto usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de runoff (escoamento) que é o quociente entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada, ou seja:

$$C = V_{\text{total esc.}} / V_{\text{total prec.}}$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento

V (total esc.) = Volume total escoado (mm)

V (total prec.) = Volume total precipitado (mm)

Os coeficientes de runoff variam muito conforme o material utilizado. Segundo Zanella (2015), os reservatórios não podem ter vazamentos, serem resistentes ao peso da água, pequenas quedas e impactos, ter uma saída de fundo (torneira) para esvaziamento e limpeza e ser feito de material que não libere substâncias na água de modo a alterar suas características, não utilizar reservatórios que tenham armazenado óleo ou produtos químicos, manter o reservatório coberto para evitar penetração da luz e proliferação de algas e não misturar água de chuva com água potável.

Quanto ao armazenamento, a cisterna pode ser apoiada (acima do solo), semi-apoiada, enterrada ou elevada (nas coberturas) e subterrâneo, podendo construir com diferentes materiais: concreto armado, blocos de concreto, alvenaria de tijolos, aço, plástico, poliéster, polietileno e outros.

Para garantir a qualidade da água, os reservatórios devem ter parede e cobertura impermeável, evitar a entrada de luz para evitar a proliferação de algas, ter entrada de água no reservatório e extravasor protegidos por telas que impeçam a entrada de insetos e pequenos animais e serem limpos uma vez ao ano para a retirada do lodo depositado no fundo. Alguns Exemplos: Figura 16, Figura 17 e Figura 18.



Figura 16 – Cisterna Polietileno  
Fonte: FORTLEV (2017)



Figura 17 – Cisterna de Aço  
Fonte: SANDER (2017)



Figura 18 – Cisterna Concreto Armado  
Fonte: desconhecido

Para o cálculo dos reservatórios de águas pluviais, existem seis métodos que são apresentados e explicados pela ABNT NBR 15527:2007 – Água de Chuva: Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para fins Não Potáveis, são:

- 1) Método de Rippl;
- 2) Método da simulação;
- 3) Método prático brasileiro ou Azevedo Neto;
- 4) Método prático alemão;
- 5) Método prático inglês;
- 6) Método prático australiano.

O volume de água de chuva a ser aproveitado pode ser descrito por:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ (first flushing)}$$

V = Volume do reservatório em litros

P = Precipitação média mensal (mm)

A = área do telhado em projeção (m<sup>2</sup>)

C = coeficiente de escoamento *runoff* (adimensional)

D first flushing = rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema

O descarte ou First-Flushing da primeira chuva é um procedimento que ajudará na utilização da água e na diminuição dos custos de tratamento e limpeza do reservatório. Para realizar essa retirada da água são sugeridos dois sistemas:

-Reservatório com bola flutuante (Figura 19);

-Reservatório de tubos com saída para cisterna ou caixa d'água conforme (Figura 20).

Segundo Zanella (2015) quanto mais tempo sem chuva, mais sujo será o primeiro volume de água. Depois de três dias de estiagem, sua qualidade é prejudicada afetando toda a água armazenada. Porém, há controvérsia na literatura, onde outros autores divergem deste período de três dias, por depender das características de cada região.

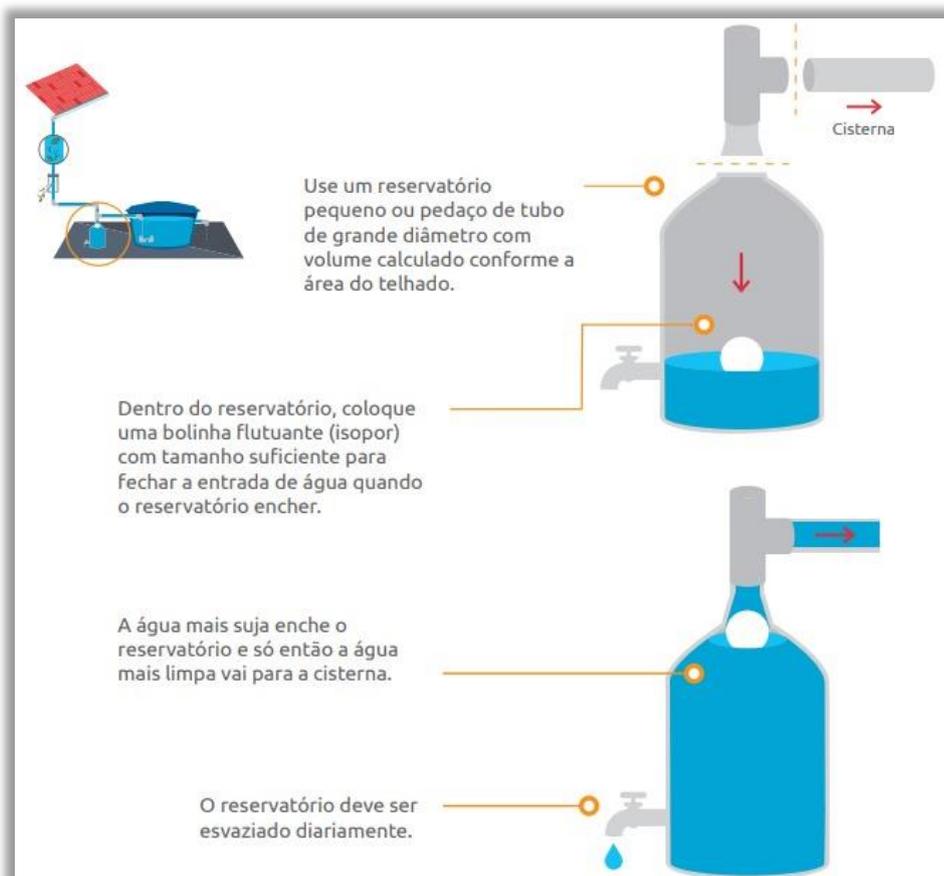


Figura 19 – Reservatório com boia Flutuante  
Fonte: IPT (2015).

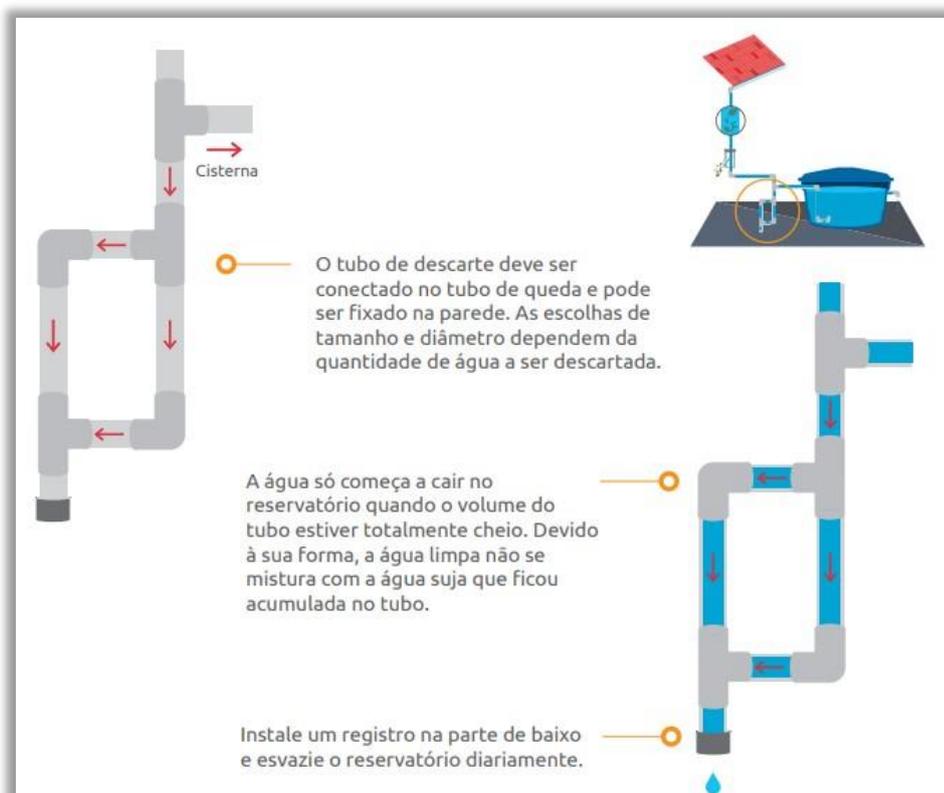


Figura 20 – Reservatório de tubos com saída para cisterna ou caixa d'água  
Fonte: IPT (2015).

## 5. Manutenção

Conforme ABNT NBR 15527:2007, a manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água pluvial deve-se realizar conforme a seguinte frequência (Tabela 4):

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

Tabela 4 – Frequência de manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva  
Fonte: ABNT NBR 15527 (2007).

O reservatório de um sistema de aproveitamento da água de chuva não pode permanecer ocioso por longos períodos de tempo, assim como, não pode provocar o desperdício da água de chuva em detrimento ao atendimento ao consumo (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Segundo Andrade, Marinoski e Becker (2010), em algumas situações a água da chuva pode significar a fonte mais viável para se utilizar ou mesmo a única ou de melhor qualidade entre as fontes disponíveis, como para regiões áridas ou semiáridas e pequenas ilhas. Em outros lugares, onde o regime de pluviométrico é favorável, a água de chuva pode ser como um recurso hídrico alternativo, para fins não potáveis.

### 2.3.2 Métodos de Dimensionamento do Reservatório para Coleta de Água Pluvial

O reservatório de água é o item mais caro do sistema de aproveitamento, motivo pelo qual deve ser objeto de dimensionamento criterioso. É importante ressaltar que os métodos recomendados pela ABNT NBR 15527:2007 têm volumes de cisterna muito diferentes, sendo o método de Rippl o mais conhecido e que resulta em maiores volumes (ABNT,2007).

Em relação ao dimensionamento de um reservatório para captação de águas pluviais, é normalmente realizado através da aplicação de modelos dos quais podem ser utilizados para esse fim, embora a maioria siga a mesma sistemática: utilizam séries históricas de chuva, a demanda a ser atendida, a área de captação, o coeficiente de escoamento superficial e a eficiência requerida para o sistema como dados de entrada e têm como resultado os volumes de armazenamento associados a uma ou mais probabilidades de falha do sistema (ANNECCHINI, 2005).

Como dados de entrada, utilizam-se: a precipitação média mensal, a demanda mensal constante ou variável, a área de coleta e o coeficiente de Runoff (perda de água por evaporação, vazamentos lavagem do telhado, etc).

Nos dias de chuva intensa, as cisternas podem funcionar como áreas de contenção, diminuindo ou até evitando alagamentos e sobrecarga da rede pluvial. Um telhado, com área de 200m<sup>2</sup> pode captar aproximadamente 250.000 litros de água por ano (AGUAPARÁ, 2005).

O método de Rippl ou Método do Diagrama de Massas fundamenta-se no conceito da regularização da vazão, ou seja, refere-se ao estudo hidrológico que permite armazenar o excesso de água no período chuvoso objetivando compensar as deficiências do período seco. Em geral utiliza-se uma série histórica de precipitações mensais mais longa possível e obtém-se a média mensal da pluviosidade da região estudada (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Quanto a aplicação do método de Rippl, Rocha (2009) recomenda que tal método só deve ser aplicado quando o volume captado de água de chuva é maior ou igual ao volume demandado em determinado período de tempo correspondente, obtendo-se assim o suprimento total da demanda no período seco.

O método de Rippl geralmente superdimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas. Neste método pode-se usar as séries históricas mensais (mais comum) ou diárias (TOMAZ, 2012).

O método da análise de simulação é o melhor método para se avaliar um reservatório. Para calcular o volume de um reservatório para aproveitamento de água de chuva, arbitra-se um volume e verifica o que acontece com a água que vai sobrar

(overflow) e com a água que vai faltar (suprimento do serviço público ou caminhão tanque).

Para esse cálculo foram consideradas duas hipóteses: que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo  $t$  e que está vazio no início da contagem do tempo  $t$  (TOMAZ, 2011).

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas através da equação (onde, para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio), até que seja alcançado um valor dentro de um intervalo de confiança de 90% a 99%, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório (TOMAZ, 2011).

Segundo Amorim e Pereira (2008) o Método Prático Brasileiro e o Método Prático Inglês fornecem valores de volumes relativamente elevados, enquanto os Métodos Práticos Alemão e Australiano fornecem valores bastante conservadores. Os dois primeiros podem ser aplicados para casos em que se deseja suprir a demanda de água pluvial por todo o ano ou para a maior parte do ano possível, principalmente em regiões onde ocorre escassez de água em determinados períodos do ano (como na região Nordeste do Brasil, por exemplo). Já os dois últimos são mais indicados quando se deseja diminuir o volume do reservatório, diminuindo assim os gastos com a implantação do sistema. Nesse caso, devem existir outras fontes de abastecimento de água para os períodos em que o reservatório não supre a demanda.

Os métodos práticos, por serem menos complexos e de fácil aplicação, são mais indicados em residências unifamiliares ou em pequenos estabelecimentos, enquanto os métodos mais complexos, como o Método de Rippl, e o Método de Análise de Simulação são mais indicados para projetos maiores, como indústrias, por exemplo. Porém, não existe nenhuma restrição na aplicação de qualquer método a diferentes tipologias de edificações (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Segundo Dornelles; Tassi e Goldenfum (2010) em seu estudo sobre avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva, o método de dimensionamento por Simulação foi o que apresentou maiores volumes, e o Prático Alemão os menores. O método de Rippl foi válido apenas para os postos com período seco expressivo, ou seja, com grande amplitude da variação

dos volumes precipitados nos períodos secos e úmidos, impossibilitando a sua utilização para postos do sul do país.

Para o objeto em estudo será realizado três métodos para comparação de volume, sendo: método Azevedo Neto, método prático Inglês e método prático Alemão, por indicarem o volume do reservatório menor, adequado para pequenos espaços e conseqüentemente um custo menor. Quanto aos demais métodos, por fornecerem valores elevados para os reservatórios e são geralmente utilizados para demandas maiores, em regiões de muita escassez não terão relevância neste caso.

No (ANEXO C), encontram-se as fórmulas dos métodos existentes para o dimensionamento de reservatório para coleta de água pluvial de acordo com NBR 15527:2007.

### 2.3.3 Regulamentação Básica para Coleta de Água de Chuva

O sistema de captação de águas pluviais a partir do momento em que uma sociedade decide captar águas da chuva para utilizá-las, não estará somente tendo um retorno de economia, mais também estará combatendo grandes ciclos de escassez de água e de enchentes nas grandes cidades. O resultado de um sistema como esse gera menos impacto de enchentes, pois minimiza grande parte do escoamento de água para os encanamentos pluviais. Essa água é coletada para depois ser utilizada. Esse sistema funciona também como uma drenagem urbana, pois essa água é escoada por meio de tubos e armazenada em cisternas, diminuindo o escoamento nos pavimentos e asfaltos. O desperdício é menor, pois se utiliza a água da chuva em vez da água doce para consumo de fins não potáveis. Assim, essa solução contribui com a diminuição de escassez de água, preservando a água doce e desagravando e /ou evitando os problemas de enchentes em grandes cidades (Prefeitura de São Paulo, 2012).

No Brasil há referências normativas para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial através da Norma Brasileira – ABNT NBR 15527:2007 – Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, sendo que são indispensáveis à aplicação desta NBR 15527:2007, são elas:

- 1) ABNT NBR 5626:1998, *Instalação predial de água fria*;
- 2) ABNT NBR 10844:1989, *Instalações prediais de águas pluviais*;
- 3) ABNT NBR 12213:1992, *Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público*;
- 4) ABNT NBR 12214:1992, *Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público*;
- 5) ABNT NBR 12217:1994, *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público*.

São evidentes os benefícios propiciados pela captação e aproveitamento de águas pluviais, para tanto, Leis e Decretos foram instituídos no Município de São Paulo para destinação adequada das águas pluviais e estabelecimento de normas para contenção de enchentes, conforme apresentados (ANEXO A).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 O SISTEMA DE APROVEITAMENTO NA UNIDADE DE ESTUDO

Para a verificação do potencial do sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, foi desenvolvido um estudo compreendendo as etapas de: caracterização da área de estudo, levantamento de dados pluviométricos, previsão de consumo de água pluvial, dimensionamento do reservatório e estimativa de custo.

##### 3.1.1 Caracterização da Área de Estudo

Para fins de estudo e análise, a área selecionada está localizada no município de São Paulo, na região oeste, pertencente ao distrito de Perdizes, o bairro Pompeia faz divisa com os bairros: Sumaré, Sumarezinho, Lapa e Perdizes. (Figura 21)

A residência unifamiliar atende uma situação típica para quatro pessoas, edificada em uma área de terreno total de 250m<sup>2</sup>, dividida em hall de entrada, sala, 3 quartos, 3 banheiros, cozinha, área de serviço, lateral face norte da residência, jardim externo com área de 12m<sup>2</sup>, jardim de inverno e garagem para 2 carros. A área total utilizada para a captação da água de chuva no telhado é de 145 m<sup>2</sup> e o consumo mensal de água potável é de 25m<sup>3</sup> ou 25.000L.



Figura 21 – Delimitação da edificação em estudo  
Fonte: GOOGLE MAPS (2017)

Para utilização da água da chuva para fins não potáveis, o estudo leva em consideração a necessidade do usuário em utilizar o reservatório para: lavagem de veículos, lavagem de pisos, irrigação de áreas verdes e rega de jardins. Para tanto, a captação da água da chuva será realizada através das calhas.



Figura 22 – Indicação da cobertura principal  
Fonte: O AUTOR (2017)

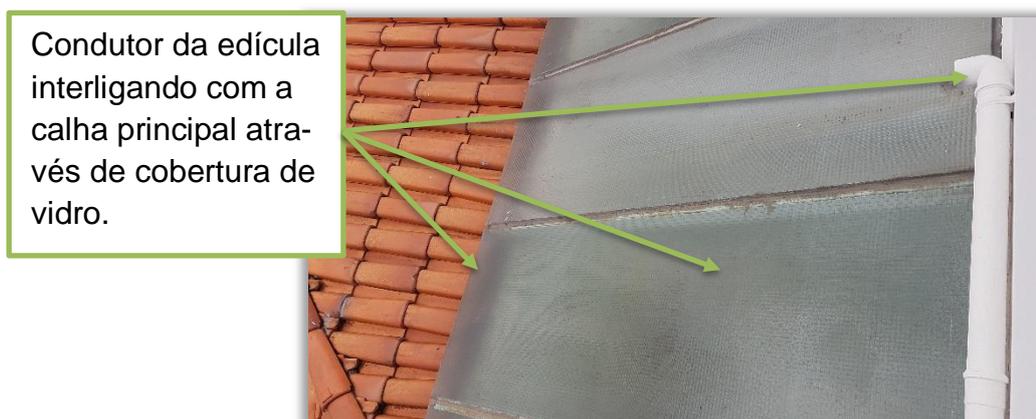


Figura 23 – Indicação da cobertura de vidro e condutor da edícula  
Fonte: O AUTOR (2017)

A água da chuva que vem da calha da edícula, desce pelo condutor vertical que passa pela cobertura de vidro e chega na calha principal.



Figura 24 – Indicação da cobertura da edícula e tubulação  
Fonte: O AUTOR (2017)

Considerando a área livre e circulação, há disponibilidade de instalar o reservatório ao lado do condutor principal.



Figura 25 – Área para implantação do reservatório  
Fonte: O AUTOR (2017)

O condutor recebe toda a água da chuva vinda dos telhados da edícula e casa principal, onde parte da água irá para o reservatório e parte da água será descartada na rede pluvial.



Figura 26 – Rede de água pluvial.  
Fonte: O AUTOR (2017)

### 3.1.2 Levantamento dos Dados Pluviométricos

A cidade de São Paulo possui um clima subtropical úmido, com diminuição de chuvas no inverno e aumento de chuvas no verão e uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Segundo INMET (2017), média anual da pluviosidade é 1441mm, sendo a precipitação do mês mais seco (agosto) com 39,6mm e o mês mais chuvoso (janeiro) com 237,4mm.

Em 2013, o Centro de Gerenciamento de Emergência – (CGE) da prefeitura de São Paulo divulgou uma lista dos bairros que apresentam os maiores índices pluviométricos desde o início de 2010, realizando um levantamento, através das estações meteorológicas que possui na cidade, ficando o bairro da Lapa na zona oeste da capital em 4º lugar, registrando um volume de 6.173,7mm de chuva, este, situado ao lado do bairro que será realizado o estudo.

Desde 1936 é realizado levantamento diário e mensal da série de precipitação média pluviométrica, com aproximadamente 33 estações, entretanto, para fins de estudo, será considerada a estação E3 – 035 IAG Observatório.

A estação Observatório IAG, código E3-035, com sua latitude 23°39'00" e longitude 46°38'00" situada no bairro do Butantã, na Universidade de São Paulo, será considerada para levantamento de dados.

A série histórica mensal inicia-se a partir de 1936 até 2016, como pode-se visualizar resumidamente na (Tabela 5) e na íntegra (ANEXO B).

Como observa-se abaixo, a média mensal encontra-se na penúltima linha horizontal e o total de precipitação anual encontra-se na última linha horizontal.

Chuva Mensal (mm)

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>Média por mês:</b>	236,2	217,4	170,3	85,08	67,63	54,1	47,22	37,55	76,88	124,1	132,6	185,9
<b>Total Média Mensal:</b>	<b>119,58 mm</b>											
<b>Total média Anual:</b>	<b>1434,92 mm</b>											

Tabela 5 – Precipitação Pluviométrica Média E3-035 IAG Observatório-SP – (Período 1936 a 2016)  
Fonte: DAEE (2017) *Adaptada*.

Através dos dados pluviométricos, foi realizada a determinação do volume do reservatório para este estudo utilizando os métodos Azevedo Neto, Inglês e Alemão para dimensionamento do volume do reservatório conforme apresentados na NBR 15527:2007. Para este estudo não foram considerados os demais métodos como o método de Rippl, método da simulação e o método australiano.

### 3.1.3 Identificação e Análise do Ponto de Coleta

Para considerar uma melhor possibilidade de coleta de água pluvial, analisou-se o local e observou-se que o telhado seria uma alternativa adequada para atender a necessidade de utilização de água pluvial para fins não potáveis.

Segundo GONÇALVES, 2006, explica que, no caso da captação das águas pluviais em coberturas (inclinadas, pouco inclinadas ou planas), deve-se considerar o material de que é feito. Os materiais com menos absorção de água apresentam o coeficiente de escoamento superficial (C) maior e, quanto maior este, maior a captação da água.

O escoamento superficial resultante (C), ou “coeficiente de runoff”, é a razão entre a água que esco superficialmente e o total da água precipitada. Deve-se considerar a perda de água pluvial para limpeza do telhado, evaporação entre outros fatores. Conforme já mencionada (Tabela 3), página 37, há indicação do coeficiente de alguns materiais utilizados para cobertura, no caso, tipos de telha.

No caso em estudo, o tipo de telha utilizada para cobertura na edificação foi a telha cerâmica, que possui o coeficiente de runoff entre 0,6 a 0,9 observando que esses valores são indicados na norma, porém, há de se considerar que os valores podem variar.

Nas instalações existentes, toda água captada da chuva pelo telhado e através das calhas é direcionada para as galerias pluviais.

Quanto a calha e condutores que foram instalados, estão de acordo com a NBR 10.844:1989, da ABNT, que se trata de instalações prediais de águas pluviais, onde verificou-se que os condutores de águas pluviais não são usados para receber efluentes de esgotos sanitários, assim como, o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular seja de 75mm, entre outros quesitos.

Para o reservatório, o espaço para implantação analisado está próximo ao condutor podendo instalar todos os componentes e ter os requisitos necessários para sua utilização como:

- extravasor, dispositivo de esgotamento, inspeção, ventilação e segurança (ABNT NBR 12217:1994);
- reservatório apoiado;
- Manter tampa de inspeção fechada;
- esgotamento realizado por gravidade.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS E ANÁLISE EM RELAÇÃO AO SISTEMA

Para a análise dos resultados foram levantados dados, prevendo o consumo da residência para as atividades determinadas ao uso de água pluvial, o dimensionamento do reservatório para determinar o volume que atenda essas atividades e a estimativa de custo dos produtos dispostos no mercado, de modo que atenda uma possível implantação do sistema de aproveitamento da água pluvial.

#### 4.1.1 Previsão de Consumo

Para analisar a eficácia do aproveitamento de água da chuva, é necessário quantificar o consumo de água na residência, junto a necessidade e seu dimensionamento.

O número de pessoas que residem e a quantidade dos dias utilizados no mês é importante para o cálculo de consumo de água.

Sabendo-se que na residência, a média anual é de 300m<sup>3</sup> ou 300.000L e a média mensal para os quatro usuários é de 25m<sup>3</sup> ou 25.000L, a média diária fica em torno de 0,83m<sup>3</sup> ou 833L para os quatro usuários ou 0,208m<sup>3</sup> ou 208L por usuário, logo, considerando atender uma demanda de consumo externo de água para fins não potáveis pode-se referir uma estimativa aos seguintes tipos de consumo na residência que serão usados para este fim:

- 1) Lavagem de 02 carros (4x ao mês – consumo 150L por carro) = **1.200L**
- 2) Rega de Jardim comum de 12m<sup>2</sup> (4x ao mês - 2L/m<sup>2</sup> ao dia) = **96L**
- 3) Mangueira de jardim (8x ao mês – consumo 50L/dia) = **400L**
- 4) Lavagem piso 160m<sup>2</sup> (4x ao mês – consumo de 2L/m<sup>2</sup>) = **1.280L**

Totalizando = 2.976L/mês ou 2,97m<sup>3</sup>/mês

Portanto, a demanda anual de água para fins não potáveis em litros é de 35.712 L/ano ou 35,71m<sup>3</sup>/ano.

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m <sup>2</sup>	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim 1/2"x20m.	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	3
Perdas para evaporação em piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

Tabela 6 – Parâmetros de engenharia estimativa da demanda residencial de água potável para uso externo

Fonte: TOMAZ (2001)

#### 4.1.2 Dimensionamento do Reservatório

Para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, deve-se possuir os seguintes parâmetros para a elaboração de um projeto: precipitação local, área de captação, coeficiente de Runoff do telhado e a demanda de água pluvial (CAMPOS, 2004).

Os valores calculados com base nos índices pluviométricos e dados necessários para o dimensionamento, se encontra no (Quadro 2).

Área telhado	145m <sup>2</sup>	
Área terreno	250m <sup>2</sup>	
Valor médio mensal de precipitação pluvial	119,57mm	
Valor médio anual de precipitação pluvial	1434,92mm	
Consumo médio mensal de água potável por usuário	6,25m <sup>3</sup>	6.250L
Consumo médio diário de água potável por usuário	208L	0,208m <sup>3</sup>
Demanda mensal de água não potável	2,97m <sup>3</sup>	2.970L
Demanda anual de água não potável	35,71m <sup>3</sup>	35.710L
Quantidade de meses sem ou com pouca chuva (agosto)	1	

Quadro 2 – Valores a considerar para efeito de cálculo aos métodos utilizados

Fonte: Autor (2017)

O índice pluviométrico com a média mensal através do (Gráfico 4) indica um mês que foi considerado com volume abaixo de 40mm, agosto.

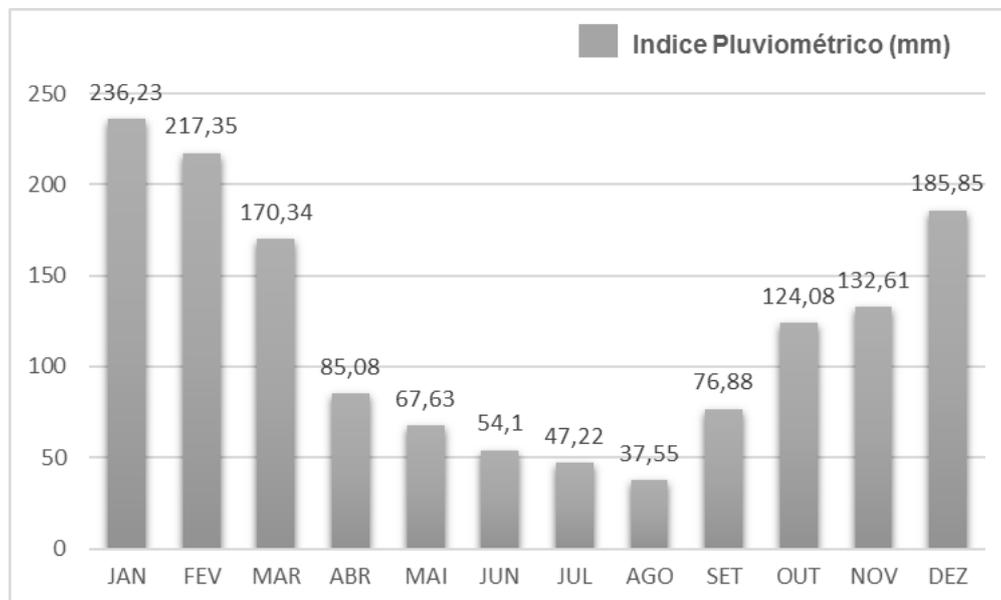


Gráfico 4 – Índice Pluviométrico do Município de São Paulo – média mensal (período 1934 – 2016).  
Fonte: DAEE (2016).

### **Método de Azevedo Neto:**

Obtêm-se o volume do reservatório de água pluvial por meio da equação:

$$V = 0,042 * P * A * T$$

$$V = 0,042 * 1.434,92 * 145 * 1$$

$$V = 8.740L \text{ ou } 8,74m^3$$

Onde:

P = (1434,92) valor numérico da precipitação média anual, expresso em mm;

A = (145) área de coleta em projeção, expresso em (m<sup>2</sup>);

T = (1) o número de meses de pouca chuva ou seca;

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros.

### **Método Prático Alemão:**

$$V=?$$

$$A = 145m^2$$

D= Demanda anual de água não potável (L):

$$D_{\text{anual}} = 35.710L / 35,71m^3$$

$$D_{\text{mensal}} = 2.976L / 2,97m^3$$

Para o cálculo de dimensionamento do reservatório do método prático alemão é necessário calcular primeiramente o volume aproveitável, que é uma condicionante da quantidade de chuva que se pode utilizar, após o cálculo desse volume aproveitável, aplica-se a fórmula do método prático alemão para calcular o volume adotado.

Supondo-se que 75% da precipitação anual gere escoamento, valor este, adotado através da norma, o volume de precipitação anual aproveitável pode ser calculado por:

$$V_{\text{aproveitável}} \text{ anualmente de água de chuva} = P * A * 0,75$$

$$V_{\text{aproveitável}} = 1434,92 * 145 * 0,75$$

$$V_{\text{aproveitável}} = 156.047\text{L ou } 156,04\text{m}^3$$

Obtêm-se o volume do reservatório de água pluvial por meio da equação:

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín. } (V, D) * 0,06$$

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín. } (156047; 35710) * 0,06$$

$$V_{\text{adotado}} = 35710 * 0,06$$

$$V_{\text{adotado}} = 2.142\text{L ou } 2,14\text{m}^3$$

### ***Método Prático Inglês:***

Obtêm-se o volume do reservatório de água pluvial por meio da equação:

$$V = 0,05 * P * A$$

$$V = 0,05 * 1434,92 * 145$$

$$V = 10.403\text{L ou } 10,40\text{m}^3$$

Onde:

P = (1434,92mm) valor numérico da precipitação média anual, expresso em mm;

A = (145m<sup>2</sup>) área de coleta em projeção, expresso em m<sup>2</sup>;

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros.

Pode observar que os valores dos métodos calculados são discrepantes entre eles, sendo encontrados valores entre 2,14m<sup>3</sup> e 10,40m<sup>3</sup> e adotado possivelmente para este estudo o valor mais conservador de 2,14m<sup>3</sup>, dependendo de fatores como características e valores dos fornecedores que serão apresentados a seguir.

#### 4.1.3 Estimativa de custo para implantação do sistema

Para levantamento da estimativa de custo do sistema de aproveitamento de água pluvial de acordo com a necessidade e desejo estético do usuário, foram

considerados produtos de fácil instalação, modular, possibilitando uma ampliação de volume futura e um reservatório otimizado e adequado para espaços pequenos sem intervenção civil.

O reservatório de água, segundo o fornecedor é atóxico, 100% reciclável, feito em polietileno é composto de aditivo KHER antimicrobiano e UV14, que possui proteção contra fungos e bactérias evitando também proliferação de algas no interior do reservatório, com design vertical e apoiado no piso possui capacidade respectivamente de 1050 litros e 1300 litros, o primeiro sistema é acompanhado de um sistema de filtro com quatro filtros de tratamento, sendo filtro anti folhas, decanter, filtro fino e clorador, este último necessitando utilizar pastilha de cloro para tratamento da água da chuva, quanto ao segundo, possui um filtro com encaixe múltiplo de tubo de conexão para 100mm; 75mm e 50mm, assim como ladrão.

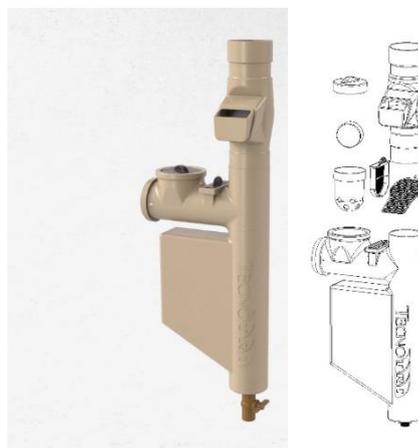
Foram levantados dois fornecedores de produtos similares, sendo considerado estes sistemas apoiados, com fornecimento e instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial. Ambos, fornecem com um kit de filtro que compõem telas, ladrão e o fornecimento de peças de adaptação ao condutor como joelho, torneira e tela.

**[A] FORNECEDOR TECNOTRI - Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva**

Total: 3150 litros (Fornecedor: Brasil)	Preço	M.O.	Total
03 Cisternas Vertical Modular 1050 litros cada (apoiada) com dim.: 800mmx800mmx2230mm (44Kg)	(3x) R\$ 1.731,00	R\$ 519,30	R\$ 6.750,90
Filtro para coleta e tratamento Universal Decanter 8 litros com dim.: 340mmx240mm900mm (1,7KG)	R\$ 250,00	R\$ 150,00	R\$ 400,00
Total			R\$ 7.150,90



Reservatório Polietileno 1050Litros



Filtro para coleta com decanter e ladrão

**[B] FORNECEDOR HARVESTING- Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva**

Total: 3900 litros (Fornecedor: Alemanha)	Preço	M.O.	Total
03 Cisternas Top Tanque 1300 litros cada (apoiada) com dim.: 1560mmx1176mm	(3x) R\$ 1.149,00	R\$ 1.950,00	R\$ 5.397,00
Filtro para coleta com encaixe múltiplo para tubos (100mm; 75mm; 50mm) Removedor de folhas e atua como ladrão	Incluso	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Total			R\$ 5.397,00



Reservatório Polietileno 1300Litros



Filtro para coleta encaixe múltiplo e ladrão

Na sequência realizou-se um levantamento com um terceiro fornecedor para o sistema, este, com o produto enterrado, podendo assim mensurar o seu custo e produto em relação aos demais levantados, no caso, foi considerado um reservatório de 5000 litros incluindo sistema de pressurização, gabinete, filtros e clorador e o valor do orçamento ficou em 12.661,18, sem contemplar tubulações necessárias que podem variar de R\$ 3.000,00 a R\$ 10.000,00 segundo o fornecedor, ou seja, considerando uma média de R\$ 5.000,00 para tubulação e o valor do orçamento, o sistema custaria em torno de R\$ 17.661,18 para um reservatório de 5000 litros, um valor significativamente elevado, além do que a intervenção civil seria demasiadamente grande e o espaço disponível é relativamente pequeno para sua implantação tornando inviável esse tipo de instalação.

No estudo em questão, foi estimada a demanda de água não potável através de dados hidrológicos e dados da residência, onde comparou-se o volume que atendesse o usuário por meio de três métodos de dimensionamento do reservatório e realizou-se uma estimativa de custo de dois produtos com fornecedores similares prevendo a modularidade, fácil instalação e intervenção civil mínima.

A residência possui uma média de despesa mensal em sua fatura de R\$120,00 e consumo de aproximadamente 25m<sup>3</sup> para 4 pessoas ao mês, um gasto anual com o consumo de água utilizando a concessionária como fornecedora de aproximadamente R\$ 1.440,00 conforme abaixo na (Tabela 7).

Consumo/Custo	Dia	Mês	Ano	
Consumo total para 4 usuários	833	25000	300000	Litros
Consumo por usuário	208	6250	75000	m <sup>3</sup>
Custo de consumo (concessionária)	3,95	120,00	1.440,00	R\$

Tabela 7 – Consumo de água potável na residência  
Fonte: Autor (2017).

Para o consumo de água não potável, a demanda anual necessária para atender os usos de acordo com a necessidade solicitada pelos usuários: lavagem de carros, rega de jardim, mangueira de jardim e lavagem de piso gira em torno de 35.712 litros, conforme (Tabela 8), onde indica também o volume mensal de consumo.

Usos	Quant.	N.º de vezes	Área (m <sup>2</sup> )	Consumo (L/dia/m <sup>2</sup> )	Volume (L/dia/uso)	Volume (L/mês)
Lavagem de carros	2	4	-	150	1.200	2.976
Rega de Jardim comum	1	4	12	2	96	
Mangueira de jardim	1	8	-	50	400	
Lavagem de piso	1	4	160	2	1.280	
<b>Total Demanda Anual (L):</b>						<b>35.712</b>

Tabela 8 – Consumo de água não potável na residência  
Fonte: Autor (2017)

Realizada a estimativa de custo, financeiramente o reservatório com capacidade de 1050 litros cada, seria o melhor adequado ao espaço disponível limitado, além de proporcionar um aumento futuro de seus módulos, todavia, seriam necessárias três unidades totalizando 3.150 litros para atender a demanda num valor de R\$ 7.150,90 considerando reservatório, filtros, fornecimento de material e instalação. Quanto ao segundo fornecedor, mesmo o reservatório sendo economicamente viável em relação ao seu volume, entretanto, suas dimensões são maiores, o que interferiria na utilização do espaço que seria implantado e conseqüentemente dificultaria a passagem de pessoas pelo local, que é muito utilizado para outras atividades.

Para a escolha do reservatório, baseando-se através dos cálculos de dimensionamento, utilizando os métodos abaixo (Tabelas 9, 10 e 11), o método que se adequou de acordo com a capacidade de volume, espaço otimizado sendo mais

conservador foi o método prático alemão, que de acordo com o cálculo possibilita captar um volume de 2,14m<sup>3</sup> ou 2140 litros.

Os métodos escolhidos para efeito de cálculo, foram eleitos em função de seu dimensionamento mais conservador e indicação para volumes menores, se tratando de uma residência.

Tabela 9 - Método Azevedo Neto

<b>P - Precipitação média anual (mm)</b>	1434,92
<b>A - Área de coleta (m<sup>2</sup>)</b>	145
<b>T - Número de meses com pouca chuva</b>	1
<b>V - Volume do Reservatório</b>	$V = \min (V ; D )$
<b>L - Litros</b>	<b>8.740</b>
<b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>8,74</b>

Tabela 10 - Prático Alemão

<b>P - Precipitação média anual (mm)</b>	1434,92
<b>A - Área de coleta (m<sup>2</sup>)</b>	145
<b>D - Demanda anual de água não potável (mm)</b>	35710
<b>V - Volume do Reservatório</b>	$V = P * A * 0,75$
<b>L - Litros</b>	<b>2.142</b>
<b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>2,14</b>

Tabela 11 - Método Inglês

<b>P - Precipitação média anual (mm)</b>	1.434,92
<b>A - Área de coleta (m<sup>2</sup>)</b>	145
<b>V - Volume do Reservatório</b>	$V = 0,05 * P * A$
<b>L - Litros</b>	<b>10.403</b>
<b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>10,40</b>

Fonte: Autor (2017)

Os valores foram variáveis indicando certa divergência entre eles, pode-se observar no volume de reservatório obtido do método Azevedo Neto valor encontrado de 8.740 litros, já no método prático Alemão o valor encontrado do volume de reservatório foi de 2.142 litros e por fim, o método Inglês com valor de 10.413 litros.

Demonstrados os métodos e seus valores para dimensionamento do reservatório, nota-se que os métodos práticos são de fácil aplicação e menos complexos para residências unifamiliares ou em pequenos estabelecimentos e que mesmo assim, variam em função dos interesses que se têm com a implantação do sistema, além de sua aplicabilidade de cada método e cálculo.

O método Azevedo Netto relaciona a capacidade de armazenamento do reservatório com a quantidade de meses com seca ou pouca chuva, ou seja, uma variável não utilizada pelos demais métodos utilizados, por tanto, é um método que demonstra uma importância em interpretar os dados da forma mais real e precisa em relação aos meses de pouca chuva, caso contrário superdimensiona e gera resultados inexatos. Tanto Azevedo Netto (1991) como Giacchini (2010) enfatizam tal informação.

Quanto ao método prático Inglês, é um dos mais simples de aplicar, sendo necessário valores de precipitação anual e da área de captação, logo, observa-se que quanto maior for a precipitação, maior será o volume do reservatório, desconsiderando assim, a demanda da residência.

E por fim o método prático Alemão que considera apenas os valores de água pluvial ou a da demanda anual de água pluvial, desconsiderando a área de captação, desta forma, o volume do reservatório será o menor resultado entre 6% do volume anual de consumo ou do volume de precipitação, ou seja, um método mais conservador em relação aos demais, entretanto, atende as necessidades para a região estudada e às necessidades da residência.

Como resultado mais próximo da demanda média mensal de água não potável da residência, foi optado pelo método prático Alemão e considerado reservatório para  $3,15\text{m}^3$  ou 3.150 litros.

Os métodos podem atender à demanda local por alguns dias, alguns meses ou por todo o ano, geralmente, os cálculos são realizados com intuito de atender toda a demanda pelo maior período possível e menor custo de implantação. No caso da residência em estudo, a média de frequência e tempo de uso da água pluvial não é considerada alta, logo, pode-se adotar o volume de reservatório mais conservador, no caso o método prático Alemão, uma vez que o método Azevedo Netto e método Inglês

mesmo sendo indicados para residências unifamiliares, são métodos que normalmente superdimensionam o reservatório.

A escolha do volume do reservatório, se deu ao fato do método atender o consumo de água não potável da residência, assim como, seu custo para implantação, dimensões adequadas em espaço disponível sem que seja prejudicada a circulação dos usuários, a possibilidade de expansão futura através da capacidade de modularidade e o suprimento que a casa dispõe de capacidade em caso de falta de água com fornecimento de 3000 litros dispostas em duas caixas d'água.

Visando o sistema de aproveitamento de água de chuva como complementar, financeiramente, verificou-se que há redução mensal de consumo de água potável em 3150 litros, o que geraria uma economia na fatura mensal de R\$15,12 ou ao longo de um ano R\$ 181,44. Contudo, o valor do investimento é de R\$ 7.150,00, ou seja, o retorno financeiro, mesmo com reajuste anual do serviço seria muito longo, portanto não refletiria nos valores investidos a curto e médio prazo.

Logo, pode-se dizer que seria viável pelo ponto de vista ambiental como quanto de abastecimento, uma vez que auxiliaria na diminuição do volume de água em galerias pluviais diminuindo enchentes e garantiria o fornecimento de água principalmente em épocas de estiagens.

Segundo Zardini, (2014) onde há uma regularidade de precipitação, a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva é mais viável do que região que há variabilidade maior de precipitação ao longo do ano, embora o volume acumulado durante o ano seja significativo. No caso da cidade de São Paulo, que há regularidade mesmo com volume baixo de dois a três meses ao longo do ano, torna-se viável a implantação em residências, principalmente em momentos emergenciais.

Segundo May (2004), o reservatório de captação de água de chuva pode ser um dos componentes mais caros do sistema e deve-se levar em conta a disponibilidade de área para instalação, além do potencial da água de chuva que pode ser utilizada na irrigação de jardins, lavagem de veículos, calçadas, não havendo a necessidade da utilização de água potável para tais atividades, trazendo benefícios como redução do consumo de água potável fornecida pela companhia de saneamento, redução do risco de enchentes e a conservação de água.

Sendo assim, na residência em estudo, a área para instalação disponível do sistema de aproveitamento de água pluvial concomitante ao custo, estaria mais de acordo com o primeiro fornecedor, Tecnotri, embora não seja o custo menor, atenderia em relação ao espaço utilizado sem prejudicar os usuários que também utilizam para outras atividades o entorno da área em questão, além do que, para o uso de lavagem de veículo, rega de jardim, lavagem de calçada ao qual foi eleito, solicitado e analisado pelo proprietário, beneficiaria na redução de consumo, risco de enchente e conservação da água.

Descrição	Consumo de água potável		Consumo ao ano	Economia ao ano
	Mês	Ano		
Consumo distribuidora (L)	25.000	300.000	262.200 litros	37.800 litros
Custo distribuidora (R\$)	120,00	1.440,00		
Descrição	Consumo de água não potável		R\$1.258,56	R\$181,44
	Mês	Ano		
Consumo benefício	3.150	37.800		
Custo benefício	15,12	181,44		
Custo Investimento (1x) = R\$7.150,00				

Tabela 12 – Análise de Consumo x Economia

Fonte: Autor (2017)

Para uma visualização da necessidade dos usuários em relação ao tipo de uso, a demanda necessária para atender um sistema de aproveitamento de água pluvial, com levantamento de fornecedores, produtos utilizados, seu devido custo, e economia anual, foi considerado um quadro de modo a analisar e mensurar neste estudo a possibilidade ou não da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência no município de São Paulo.

<b>SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL - RESULTADOS FINAIS</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Dados</b>		
Tipo de usos (água não potável)	Lavagem de carro	Rega de jardim	Lavagem de piso
Demanda anual da residência para fins não potáveis (m <sup>3</sup> )	35,71m <sup>3</sup>		
Sistemas utilizados para dimensionamento reservatório	Método Azevedo Neto	Método Alemão	Método Prático Inglês
Volume obtido através do método (m <sup>3</sup> )	8,74m <sup>3</sup>	2,14m <sup>3</sup>	10,40m <sup>3</sup>
Fornecedores utilizados	Harvesting	Tecnotri	Reusagua
Quantidade e produtos utilizados pelos fornecedores	03 Cisternas Top Tanque 1300 litros cada (apoiada) com dim.: 1560mmx1176mm e filtro para coleta com encaixe múltiplo para tubos (100mm; 75mm; 50mm), removedor de folhas e atua como ladrão	03 Cisternas Vertical Modular 1050 litros cada (apoiada) com dim.: 800mmx800mmx2230 mm, filtro para coleta e tratamento Univer-sal, decanter 8 litros com dim.: 340mmx240mm900m m (1,7KG)	01 Cisterna de ci-mento 5000 litros (enterrada) com sis-tema de pressuriza-ção, gabinete, fil-tros, clorador e tu-bulações, necessi-tando intervenção civil.
Custos de fornecimento e instalação totais (R\$)	R\$ 5.397,00	R\$ 7.150,00	R\$ 17.661,18
Prazo de retorno do investimento (ano)	Aprox. 24 anos	Aprox. 39 anos	Aprox. 61 anos
Economia anual em (m <sup>3</sup> )	46,80m <sup>3</sup> /ano	37,80m <sup>3</sup> /ano	60m <sup>3</sup> /ano
Economia anual em (R\$)	R\$ 224,64	R\$ 181,44	R\$ 288,00
Análise dos métodos e reservatórios	O método Azevedo Neto indica quanti-dade maior para re-servar água em rela-ção aos demais. Quanto ao fornecedor o modelo disponível ocuparia um espaço físico que não se dis-põe na residência, embora seja mais ba-rato entre os outros apresentados.	O método Alemão in-dicou quantidade mais conservadora para reservar água, mesmo assim atende-ria a demanda da re-sidência. Quanto ao fornecedor atenderia o espaço fí-sico disponível, em-bora o custo seja pouco mais oneroso em relação ao forne-cedor anterior.	O método Prático Inglês indica quanti-dade intermediária em relação aos de-mais métodos. Quanto ao fornece-dor a intervenção de civil seria de grande impacto, além de oneroso e falta de espaço físico por necessitar de enter-rar o reservatório.

Sistema de aproveitamento de água pluvial – Resultados finais  
 Fonte: Autor (2017)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento das informações de necessidades e possibilidades junto ao usuário é de fundamental importância para verificação e implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Os benefícios para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial envolvem fatores econômicos, sociais e ambientais, que por consequência, diminuiria problemas de drenagem urbana, retendo assim, parte de água que escoaria pelas redes pluviais, o que possibilitaria uma menor quantidade de água sendo adicionada na rede de captação pluvial e uma menor sobrecarga no sistema, desta forma atuaria preventivamente contra inundações urbanas, além da quantidade de água potável que seria poupada para usos mais nobres onde geraria uma economia de água tratada e garantiria a ampliação do sistema de distribuição de água possibilitando acesso à população por mais tempo, assim como também contribuiria para o uso racional da água e a conservação dos recursos hídricos para o futuro.

O tamanho do reservatório deve ser determinado para cada caso analisado, sendo que há muitas variáveis no que compete tamanho e capacidade de reservatório indicados para a unidade em estudo.

Para um bom funcionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva há de considerar a quantidade de água que pode ser captada e utilizada para o atendimento da demanda diária do usuário.

Para tanto, a qualidade da água também está diretamente ligada aos tipos de poluentes advindos da atmosfera que podem conter metais pesados, gases tóxicos, névoas ácidas, possibilitando contaminação, alteração do pH da água de chuva, crescimento descontrolado de algas, entre outros, causando assim uma maior deterioração da água em reservatórios com dimensionamento maior, além do que, superdimensionamento do reservatório gera uma alteração no ciclo da água possibilitando uma menor vazão pelo sistema de drenagem urbana e comprometendo a sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica.

Analisando o resultado final para esta análise, adotando a norma verificou-se do ponto de vista econômico, que não seria viável a implantação devido ao custo elevado para implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva em relação a sua aplicação e uso principal, com atividades simples de rega de jardim, lavagem de

carro e calçada, além do tempo de retorno em relação ao custo ser muito longo, entretanto, do ponto de vista ambiental, mesmo que neste caso não seja de grande impacto o aproveitamento de água de chuva para uma residência, o investimento seria viável, uma vez que o recurso natural é escasso, venha ocorrendo grandes alterações climáticas e a perduração de reservas secas por períodos mais longos, possibilitando uma pequena parte de contribuição ao meio e preservando um recurso finito e necessário.

Para trabalhos futuros, acredita-se que um estudo voltado para as diferenças de implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em residências novas e residências antigas, possam auxiliar quanto às interferências de cunho arquitetônico e principalmente econômico, considerando um sistema de aproveitamento de água de chuva desde o início da concepção de projeto de uma residência demonstrando assim, sua utilização mais eficiente e planejada quanto a forma, aos usos e produto para utilização.

## REFERÊNCIAS

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

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626, Instalações prediais de água fria. Rio de Janeiro, novembro de 1982.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ATLAS BRASIL. Abastecimento Urbano de Água: panorama nacional. Brasília, setembro de 2010.

FENDRICH, R. Manual de Utilização das águas Pluviais (100 Maneiras Práticas). Curitiba, 2009.

GHISI, E. Influência da precipitação pluviométrica, área de captação, número de moradores e demandas de água potável e pluvial no dimensionamento de 129 reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares. 63p. Monografia apresentada para concurso público da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GIACCHINI, Margolaine. Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos. 2010.145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Departamento Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GIACCHINI, Margolaine. Estudo sobre aproveitamento de água de chuva nas edificações. 2003.67f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2003.

MAY, S. – Estudo de Viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil orientada pelo Prof. Associado Racine Tadeu de Araújo Prado e apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia na Área de Construção Civil em 2004.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico Anual de Águas Pluviais – 2015. Disponível em: [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br). Acesso em setembro de 2017.

TOMAZ, P. A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. Navegar Editora, São Paulo, 2001.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva, para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2009.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA Federal do Paraná. Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos/ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. - Curitiba: UTFPR, 2008.

3P TECHNIK. – Filtersysteme GmbH: Innovative rainwater harvesting. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com/4-2-Home.html> Acesso em: junho de 2017.

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://www.ana.gov.br> Acesso em: agosto 2017.

SÃO PAULO. **Lei Municipal n. 13.276, de 05 de janeiro de 2002.** Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/legislacao-municipal/5298/leis-de-sao-paulo#> Acesso em setembro de 2017.

SÃO PAULO. **Lei Municipal n. 45805, de 15 de maio de 2001.** Disponível em: <http://www.legislacao.sp.gov.br/legislacao/dg280202.nsf/5aeda0f13cd3be5f83256c1e00423b1d/c27014aea585bf2003256d170053e735?OpenDocument> Acesso em setembro de 2017.

SÃO PAULO. **Lei Municipal n. 14018, de 28 de junho de 2005.** Disponível em: [http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios\\_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=29062005L%20140180000](http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=29062005L%20140180000) Acesso em setembro de 2017.

SÃO PAULO. **Lei Municipal n. 13309/2002** – Município de São Paulo. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-paulo/lei-ordinaria/2002/1330/13309/lei-ordinaria-n-13309-2002-dispoe-sobre-o-reuso-de-agua-nao-potavel-e-da-outras-providencias> Acesso em setembro de 2017.

SÃO PAULO. **Decreto n. 41814, 15 de março de 2002.** Disponível em: [http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios\\_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=16032002D%20418140000](http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=16032002D%20418140000) Acesso em setembro de 2017.

SÃO PAULO. **Decreto n. 48138/2003 – Município de São Paulo.** Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/?id=2375> Acesso em setembro de 2017.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Hidrologia. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Eventos-Criticos-35> Acesso em: agosto de 2017.

CONFEA. Discussão sobre o Aquífero Guarani deve pautar o Preparatório de Camboriú – 8º Fórum Mundial da Água. Disponível em: <http://www.confearg.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infol=22431&sid=10> Acesso em setembro de 2017.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/> Acesso em: outubro de 2017.

GOOGLE. Google Earth website. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: outubro de 2017.

HARVESTING BRASIL. Disponível em: <http://harvesting.com.br>. Acesso em: setembro 2017.

IAG – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. Boletins e Relatórios. Disponível em: <http://estacao.iag.usp.br/boletim.php> Acesso em outubro de 2017.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Manual para Captação Emergencial e Uso Doméstico de Água de Chuva. Disponível em: <http://www.sao-paulo.sp.gov.br/usr/share/documents/599.pdf> Acesso em julho de 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/recursos-hidricos> Acesso em julho de 2017.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br> Acesso em setembro de 2017.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Divulgação de Mananciais. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx> Acesso em setembro de 2017.

UNESCO – Organizações das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016. Disponível em: [unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040por.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040por.pdf)

USPNET - Os Ciclos da Água e os Problemas de Gerenciamento. Disponível em: <http://biton.uspnet.usp.br/mc/?portfolio=os-ciclos-da-agua-e-os-problemas-de-gerenciamento> Acesso em agosto de 2017.

## ANEXO(S)

**ANEXO A** - Leis e decretos deferidos no município de São Paulo pertinentes ao uso e aproveitamento de água de chuva.

Fonte: Legislação - SP

### **1) LEI Nº 14.018, DE 28 DE JUNHO DE 2005**

No Município de São Paulo foi instituído o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações sob a LEI Nº. 14.018, DE 28 DE JUNHO DE 2005. (Projeto de Lei nº 175/05, do Vereador Aurélio Nomura - PV).

**Link de acesso:**

[http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios\\_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=29062005L%20140180000](http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=29062005L%20140180000)

### **2) DECRETO Nº 48138/2003 – ESTADO DE SÃO PAULO**

Instituiu-se medidas de redução de consumo e racionalização dos usos de água no âmbito do estado de São Paulo.

**Link de acesso:**

<https://www.al.sp.gov.br/norma/2375>

### **3) DECRETO Nº 41.814, 15 DE MARÇO DE 2002**

Regulamentou-se a LEI Nº. 13.276, DE 4 DE JANEIRO DE 2002, tornando obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>.

**Link de acesso:**

[http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios\\_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=16032002D%20418140000](http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=16032002D%20418140000)

### **4) LEI Nº 13309/2002 - MUNICÍPIO DE SÃO PAULO/SP**

Dispõe-se sobre o reuso de água não potável e dá outras providências.

**Link de acesso:**

<https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-paulo/lei-ordinaria/2002/1330/13309/lei-ordinaria-n-13309-2002-dispoe-sobre-o-reuso-de-agua-nao-potavel-e-da-outras-providencias>

**5) LEI Nº 45.805, DE 15 DE MAIO DE 2001 MUNICÍPIO DE SÃO PAULO/SP**

Institui o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável e dá providências correlatas.

**Link acesso:**

<https://www.al.sp.gov.br/norma/3202>

**ANEXO B – Precipitação Pluviométrica Média - SP (Período 1936 a 2016). Fonte: IAG - USP**

Chuva Mensal (mm)

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1936	147,8	163,7	219,1	23	57	4,1	32,6	129,8	115,8	102,4	96	202,5
1937	205,5	113,5	172,2	184,9	114,1	50,4	4	75,6	34,2	160,8	207,4	171
1938	160,6	119,9	118,3	215,7	82,1	37,1	38,8	69	133,4	179	109,3	170,9
1939	198	156,2	114,8	67,3	66,6	31,3	38,7	6,3	29	22,5	249,9	153,2
1940	290,6	264,1	65,8	42,3	29,9	12,8	10,8	17,5	47,8	146,1	66,8	138,2
1941	93,9	141,3	119,9	25,4	71,3	38	57,1	35,7	192,9	82,1	168,2	189,8
1942	186,4	208,1	148,2	133,4	11,7	77,6	94,4	5,4	47,9	23,2	36,8	188,2
1943	227,4	123,3	136	40,1	5,4	30,4	7	38	82,6	224,4	99,3	102,4
1944	140,3	276,5	174,9	57,4	11,8	26,7	26,5	3,8	55	71	172,8	96,4
1945	237	202,1	95,8	65,4	35,7	195,2	46,3	9,9	36,4	---	103,2	204,7
1946	206,2	91,1	182,7	28,2	23,7	58,1	71,1	5	16,5	149,2	120,6	130,8
1947	361	222	129,2	42,3	82,5	45,8	101,3	71,6	117,1	56,2	138,1	268,9
1948	152,1	143,2	265,4	47,1	91,3	5,3	83,5	70,2	23,5	120,2	80,6	93,6
1949	212,4	226,8	181	78,6	34	53	22,7	19,1	34,2	55,9	105,2	269,7
1950	211,7	261,7	158,4	159	5,8	26,2	19,7	1,7	45,6	179,8	153,6	126,6
1951	320,5	135	138,5	54,1	29,9	18,2	38,9	49	9,9	126,6	84,9	158,4
1952	282,2	265,3	210,8	13,8	28,3	118,1	2,9	14,4	74,7	120,9	83,4	106
1953	177,5	152,9	171,3	164	65,2	17,6	46,6	62,4	53,4	95,7	105	85,7
1954	196,4	170	145,1	49,4	102,3	38,7	14,8	3	41,9	135,5	28	139,5
1955	178,4	146,5	138,9	29,7	60	18,1	36	103,9	10,5	92,4	93,7	190,1
1956	115,9	295,6	182,4	123,1	128	91,1	81	47,9	121,9	138,1	16,1	121,3
1957	229,4	212,2	196,1	112,4	42,9	41,2	63,7	74,2	237,2	200,2	212	87,9
1958	242	105,4	148,2	112	165,2	74,3	25,6	25,4	117	169,9	88,2	297,5
1959	244,9	153,7	224	53,9	43,7	0,9	13,8	46,6	36,1	73,2	142,7	287
1960	187,6	337	52,5	143,3	126,7	57,6	7,2	30,7	27,7	145,8	85,9	301,5
1961	191,4	254,4	123,8	109,4	79,5	39,3	6,3	17,7	11,2	119,4	200,1	209,4
1962	154,9	244	199,6	51,7	24,2	21,1	50,7	52,6	33,8	209	90,7	251,5
1963	224,4	156,7	108,8	26,5	15,6	28,4	10,7	7,2	16,9	108,7	133,9	49,2
1964	66,2	267,6	90,5	61,7	75,9	42,6	54,9	27,9	103,8	94,9	91,1	262,2
1965	383,7	113,8	194,1	119,8	83,5	37,5	81,7	7,8	125,3	216,8	138,9	198,2
1966	183,4	284,2	261,2	192,1	36,7	5,8	19,2	64,7	100,6	138,5	83,3	261,4
1967	202,4	261	233,8	48,5	22,6	87,6	39,6	5,2	107,9	222,5	136,7	117,9
1968	233,2	148,3	245,5	44,5	71,9	42,5	19,3	62	25,4	154,9	65,4	243,1
1969	107,9	148,7	94,6	77,6	42,9	62,3	6,7	36,1	37,3	193,5	253,7	98,8
1970	284,1	362,8	107,8	55,2	96,9	55	21,6	92	101,9	118,7	60,3	131,8
1971	188,4	355,5	177,3	79	51,2	97,1	42,6	19	64,6	127,9	114,1	168,9
1972	245,8	206,3	68,6	69,5	43,3	5,1	60,5	90,6	97,3	187,3	100,9	138,4
1973	206,4	246,9	91,3	42,4	55,8	33,2	88,2	26,2	56,4	121,4	184,3	195,4
1974	249,3	82,7	218,7	71,5	7,5	106,7	0,5	7,1	30,9	140,2	111	204,1
1975	120,7	227,4	113	13,1	48,5	14,9	64,1	2,8	44	106,5	198,9	154,2
1976	292,6	306,3	102,5	170,5	176,3	58,8	131,5	140,4	185,6	80,3	180,3	131,5

1977	331,1	81,5	115,1	140,3	27,3	30,8	7,9	25,3	84,2	78,7	131,8	242,1
1978	134,3	161,3	228,2	17,7	117,6	68,8	78,4	7,5	40,1	80,6	368,7	197,5
1979	79,1	203,2	98,3	81,8	115,2	3,2	51,8	63,6	138,7	197,4	168,5	95
1980	230,6	336,5	120	101,8	5,5	43,6	23,9	21,8	67,5	62,4	134,8	309,3
1981	198,9	132	108,9	111,5	22,4	60,8	61,1	23,3	20,1	208,4	210,2	174,9
1982	223,8	321,3	100,3	77,7	77,1	188,8	51,3	68,3	20	171,5	135	269,4
1983	213	329,2	261,9	215,3	188,5	230	44,3	14,3	209,7	144,6	121	256,7
1984	265,8	52,4	83,4	118	73	1,6	23,7	118,9	136,1	17,2	69,8	115,8
1985	169,7	383,5	151,5	79	81,4	16,2	4,8	6,3	80,3	44,8	73,1	85,2
1986	214	317,9	280,7	60,1	103,4	7,2	31,5	114,9	39,5	39,8	129,5	219,8
1987	295,4	204,6	150	140,9	256,1	204,3	9,6	12,9	59	111,4	70,3	141,1
1988	221,2	293	204,3	153,7	211,1	59,7	10,1	3,6	39,7	155,1	101,9	260,6
1989	426,6	178,8	204,3	98,8	58,8	43,6	206,9	36,2	77,1	90,4	108,4	176
1990	308,8	113,2	275,3	108	72,2	29,6	122,4	38,4	76,3	91,1	121,8	158,2
1991	306,9	235,7	473	211,2	55,6	66,3	24,7	41	72,6	134,3	80	222,2
1992	143,4	149,7	250,7	46,1	62,3	8,4	34,9	53,6	131,7	204,9	171,7	185,3
1993	173,3	240,8	155,9	47	79,5	53,7	16,8	70,2	181,1	118,4	59,4	108,4
1994	212,4	249,5	162,7	80	29,9	40,6	35,8	5,5	5,5	52,1	134,1	277,7
1995	275,2	439,6	177,5	83,2	44,1	36,6	46,8	24,2	60,2	195,3	95,7	172,3
1996	388,5	247,7	342,4	37,9	50,1	49,5	8,3	22	146,8	158,8	85,7	386,4
1997	337,7	111,8	61,6	53,5	78	107,4	13,9	38,7	130,6	126,4	164	204,5
1998	216,6	227,1	254	52,3	93,8	20,8	22,8	40,8	102,6	187,3	44,1	124,7
1999	228,7	288,8	181,2	84,1	50,8	92,1	42,4	6,4	75,3	51,3	46,7	59,9
2000	388,6	267,1	218,9	6,4	9,4	20,4	58,3	68,4	107,7	123,4	246,6	264
2001	140,8	155,9	198,1	43,9	90,6	26,4	60,9	20,7	55	244,5	108,2	179,3
2002	337,5	176,7	169,5	46,9	70	5,3	37,9	50,7	76,2	127,9	217,8	136,7
2003	262,7	162,7	110,8	87,6	24,6	20,4	15	23,9	34,9	106,5	103,3	110,8
2004	210,7	273,9	159,4	191,8	58	99,7	102,4	2,8	23,4	107,8	291,6	224,2
2005	384,4	80,5	103,6	81,7	175,6	23,1	18,3	7,9	143,2	162,7	92,1	179,6
2006	262,1	197,9	280,5	46,1	11,4	21,7	70,9	10,4	109,9	84,6	238	158,9
2007	216,9	272,1	193,1	91,4	53,9	25,9	161,9	0,7	3,7	88	122,5	197,7
2008	259,7	221,1	75,7	121,1	55,7	75,3	0,4	86,8	41,9	145,6	113,3	256,3
2009	233,9	219,2	245,8	52,3	55,4	39,5	203	50,5	202,2	138,7	234,4	210,6
2010	629,8	402,2	163,9	130,4	80,4	12,7	89,7	3,7	96,7	76,6	108,5	319,1
2011	456	321,3	107,1	102,3	23,6	65,4	11,9	52,6	17,1	173,6	109,5	238,3
2012	395,2	255,2	150,2	152,6	73,1	191,4	87,9	1,8	22	90,7	164,2	389,9
2013	190,2	281,4	191,1	91,8	40,1	126,8	86	10,1	90,9	116,8	200,8	71,3
2014	199,3	73,5	229,6	93,9	64,6	27,4	36,6	28,5	73,2	25,1	151,9	217,3
2015	262,5	252,8	244,8	50,1	56,3	33,9	119	24,4	216,6	97,7	288,5	172,8
2016	168,8	338,7	193,9	2,8	134,5	197,1	7,4	64,8	33,1	82,2	---	---

<b>Média por mês:</b>	<b>236,2</b>	<b>217,4</b>	<b>170,3</b>	<b>85,08</b>	<b>67,63</b>	<b>54,1</b>	<b>47,22</b>	<b>37,55</b>	<b>76,88</b>	<b>124,1</b>	<b>132,6</b>	<b>185,9</b>
<b>Total Média Mensal:</b>	<b>119,58 mm</b>											
<b>Total média Anual:</b>	<b>1434,92 mm</b>											

## **ANEXO C – Métodos de dimensionamento de reservatório para coleta de água de chuva. Fonte: ABNT.**

### ***Método Rippl:***

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

$$Q(t) = C * \text{precipitação de chuva}(t) * \text{área de captação}$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0.$$

Sendo que:  $\sum D(t) < \sum Q(t)$ .

Onde:

$S(t)$  = volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  = volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D(t)$  = demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  = volume no reservatório;

$C$  = coeficiente de escoamento superficial (utilizado 0,8).

### ***Método da Simulação:***

Para a análise de simulação de um reservatório duas hipóteses básicas devem ser feitas:

- a) o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “ $t$ ” e
- b) os dados históricos são representativos para as condições futuras.

McMahon, 1993 diz que este método tem quatro atributos importantes:

- a) é simples de ser usado e facilmente entendido;
- b) o uso de dados históricos incorpora os períodos críticos de seca.
- c) a análise pode usar dados diários ou mensais (mais usada) e
- d) problemas sazonais e complicados são tomados em conta no uso da série histórica.

O básico da análise de simulação do reservatório é que é um método por tentativas e erros. Supõe-se conhecido o volume do reservatório bem como a demanda.

$$S(t) = Q(t) + S(t+1) - D(t)$$

$$Q(t) = C * \text{precipitação de chuva}(Pt) * \text{área de captação}(Ac)$$

Sendo restrição:  $0 \leq S(t) \leq V$ .

Onde:

$S(t)$  = volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$S(t-1)$  = volume de água no reservatório no tempo  $t-1$ ;

$Q(t)$  = volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D(t)$  = demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  = volume do reservatório fixado (adotado 5.500L);

$C$  = coeficiente de escoamento superficial (utilizado 0,8).

Para esse cálculo foram consideradas duas hipóteses: que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo  $t$  e que está vazio no início da contagem do tempo  $t$  (TOMAZ, 2011).

### ***Método Australiano:***

O volume de água da chuva é:

$$Q = A * C * (P - I)$$

Onde:

$Q$  = Volume mensal produzido pela chuva ( $m^3$ );

$A$  = Área de coleta ( $m^2$ );

$C$  = Coeficiente de escoamento superficial (utilizado 0,8);

$P$  = Precipitação Média Mensal (mm);

$I$  = Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (adotado 2mm)

O cálculo do volume do reservatório é feito por tentativas:

$$V(t) = V(t-1) + Q(t) - D(t)$$

Onde:

$Q(t)$  = volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$ ;

$V(t)$  = volume de água que está no tanque no fim do mês  $t$ ;

$V(t-1)$  = volume de água que está no tanque no início do mês  $t$ ;

$D(t)$  = demanda mensal.

Sendo que no primeiro mês considera-se o reservatório vazio.

O cálculo da confiança se dá através da fórmula:

Confiança =  $(1 - Pr)$ ,

Sendo que:  $Pr = Nr / N$

Onde:

$Pr$  = falha;

$Nr$  = número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda ( $V(t) = 0$ )

$N$  = número de meses (considerado 12 meses).

### ***Método de Azevedo Neto:***

De acordo com Azevedo Neto (1992), o dimensionamento dos sistemas de abastecimento de água de chuva envolve os seguintes dados:

1. Precipitação anual mínima;
2. Número máximo de dias sem chuvas significativas;
3. Consumo de água mensal

Obtem-se o volume do reservatório de água pluvial por meio da equação:

$$V = 0,042 * P * A * T$$

Onde:

$P$  = valor numérico da precipitação média anual, expresso em mm;

$A$  = área de coleta em projeção, expresso em (m<sup>2</sup>);

$T$  = o número de meses de pouca chuva ou seca;

$V$  = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros.

**Método Prático Alemão:**

É um método empírico, segundo o qual se toma o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$\text{Vadotado} = \text{mín. (V, D)} * 0,06$$

Onde:

V = volume aproveitável da água de chuva em um ano, expresso em (L);

D = valor numérico da demanda anual de água não potável, expresso em (L);

Vadotado = volume de água do reservatório, expresso em (L).

**Método Prático Inglês:**

Método que não considera na sua formulação o período de seca e se fundamenta em certo percentual de aproveitamento da precipitação anual em relação a área de captação da água.

$$V = 0,05 * P * A$$

Onde:

P = valor numérico da precipitação média anual, expresso em mm;

A = área de coleta em projeção, expresso em m<sup>2</sup> ;

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros.

**Volume de chuva aproveitável:**

$$V = P * A * C * N_{\text{fator de captação}}$$

V = volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P = precipitação média anual, mensal ou diária;

C = coeficiente de escoamento superficial (adotado 0,8);

Fator de captação = eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado (adotado 0,8).

## **ANEXO D – Artigo: Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis**

### **Aproveitamento de Água de Chuva Para Fins Não Potáveis: Estudo de Implantação em uma Residência no Município de São Paulo**

**Sheila Patricia Nunes<sup>1</sup>, sheila.nunes@gmail.com**  
**Prof.<sup>a</sup> Ma. Margolaine Giacchini<sup>2</sup>, margolaine@yahoo.com.br**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Curitiba - Brasil**

#### **Resumo**

Este estudo foi baseado através de pesquisa bibliográfica sobre o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, analisando um estudo para implantação em residência situada no município de São Paulo, de modo a mitigar o consumo de água tratada para fins nobres, uma vez que este recurso no município é escasso por motivo de grande demanda e deficiência de recurso hídrico devido a certos momentos de estiagem ao longo do ano. Por sua vez, tem como objetivo demonstrar a necessidade de utilizar sistemas simples de preservar um recurso finito que é a água, analisando possibilidades de multiplicar e disseminar um desenvolvimento sustentável para a sociedade com metodologia acessível e popular garantindo a conservação necessário para a vida.

**Palavras-chave:** Aproveitamento, Residencial, Água, Sustentável.

#### **1. Introdução**

No mundo, as variações climáticas, mudanças sociais e econômicas sofridas ao longo dos anos tem gerado deficiência ao desenvolvimento humano e ambiental e por consequência, o recurso natural de maior relevância e vital ao homem tem se tornado escasso para sua sobrevivência, a água. O ciclo hidrológico que é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes, superfície e atmosfera é de extrema importância para que se obtenha condições favoráveis a continuidade de seu progresso, logo, o crescimento mundial e o elevado uso de água para diversas atividades, faz-se necessário uma conscientização e novas formas de coletas e reservas de água a nível residencial para que o cotidiano do ser humano não se altere de forma drástica pela falta deste recurso natural.

O Sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência pode ser considerado de modo complementar ao sistema de abastecimento público, afim de diminuir o custo operacional de captação, tratamento e distribuição da água potável e fins nobres fornecida pelas concessionárias e possibilitar certa autonomia ao uso de água para fins não potáveis em residências.

O objetivo deste artigo é analisar a necessidade do usuário, para o uso de reservatório de água pluvial e fins não potáveis em sua residência, através de levantamento de dados pluviométricos, custos de aquisição, implantação e manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial, de modo a suprir e reduzir o consumo local.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 Recursos Hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo

No mundo, a disponibilidade de água doce é de 2,8%, sendo que somente 1% é acessível. Para tanto, o ciclo hidrológico é de extrema necessidade para que seu fluxo seja contínuo, o que não vem ocorrendo ao redor do mundo devido a fatores ambientais, econômicos e sociais, ou seja, o desmatamento, a emissão de gases nocivos ao meio, a disputa por áreas que possuem reservatórios naturais, o aumento significativo da população mundial tem gerado grandes distorções em seu consumo, desfavorecendo o desenvolvimento humano mais sustentável.

O Brasil, mesmo que possua a maior parte de reserva de água doce, não se encontra em situação confortável, com seus aquíferos a degradação das águas superficiais e a baixa qualidade, fazendo com que as águas subterrâneas tenham conquistado uma posição de maior importância, infelizmente utilizadas de forma a aumentar o consumo. Segundo pesquisa recente do Serviço Geológico do Brasil, CPRM, de todos os reservatórios disponíveis no país, somente o estado de Santa Catarina que se encontra água doce, os demais a água é salobra (CONFEA, 2017).

Calcula-se aproximadamente 27 aquíferos no Brasil, considerando dois deles os mais importantes e maiores, são eles: o Guarani, na região Sul e Sudeste e Alter do Chão, na região Norte. As águas subterrâneas têm assumido uma posição importante, uma vez que a degradação das águas superficiais tem gerado aumento no consumo, uma maior poluição humana através das atividades industriais e agrícolas que por consequência compromete a capacidade em atender a demanda atual. As baixas velocidades de infiltração e aos processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo e na zona não saturada, os aquíferos são naturalmente mais protegidos da poluição, entretanto, uma vez contaminada e poluída, devido as baixas velocidades de fluxo promove uma recuperação muito lenta em relação a qualidade, podendo levar anos para sua recuperação dependendo do tipo de contaminante, elevando assim os custos. (PAD,2007).

Mesmo o Brasil possuindo uma disponibilidade de 12% dos recursos hídricos do planeta, este recurso não chega para todos os brasileiros na mesma quantidade e regularidade. O consumo médio nacional chega a 1/3 do total de água utilizada no país. Os municípios brasileiros utilizam exclusivamente a água subterrânea extrapolando as reservas devido ao grande volume utilizado. As estimativas do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas apontam que até o ano de 2025 o número de pessoas que vivem em países submetidos a grande pressão sobre os recursos hídricos passará de 700 milhões atuais para mais de 3 bilhões. A média por região para abastecimento urbano indica um crescimento em torno de 28% de demanda até o ano de 2025 (ATLAS BRASIL, 2010).

DEMANDAS MÉDIAS PARA ABASTECIMENTO URBANO						
Ano	Demanda por Região Geográfica (m <sup>3</sup> /s)				Total Brasil	
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	(m <sup>3</sup> /s)
2005	34	115	33	247	65	494
2015	45	136	39	275	75	570
2025	54	151	44	298	83	630

Figura 3 – Demandas médias para abastecimento urbano – (2000 a 2025)  
Fonte: Atlas Brasil (2010).

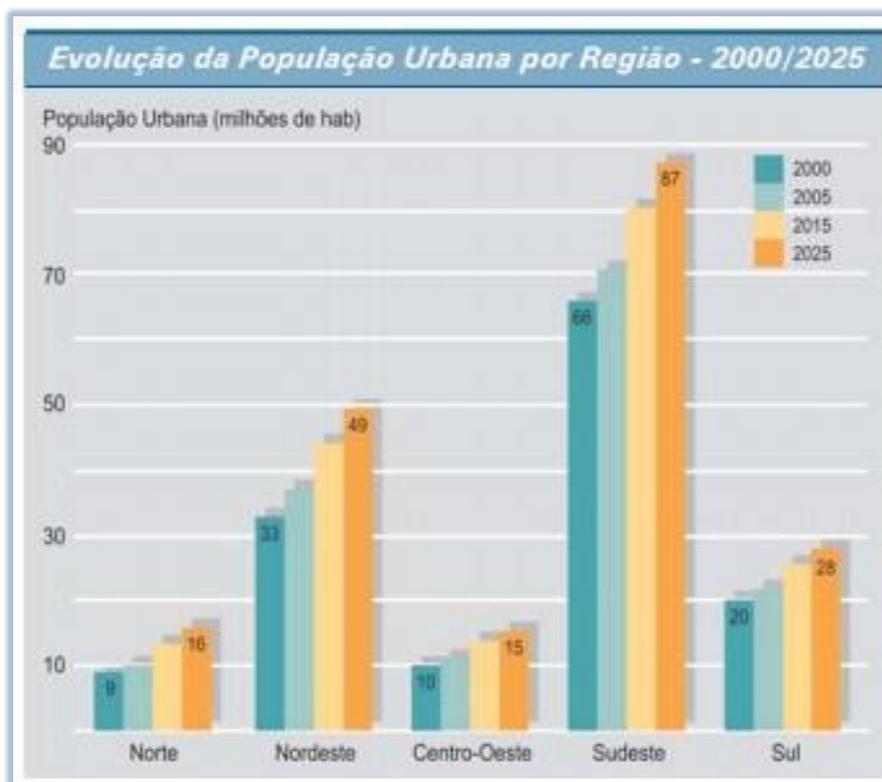


Figura 4 - Evolução da população urbana por região – (2000 a 2025)  
Fonte: Atlas Brasil (2010).

O Estado de São Paulo com a implantação da Lei Estadual n.º 7.663, de 30 de dezembro de 1991 se tornou o primeiro a obter uma política de recursos hídricos institucionalizada. A Lei propiciou a criação do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), assim como importantes normas e instrumentos de gestão e planejamento como o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e os Planos de Bacias Hidrográficas (PEBHs).

Mais tarde, em 1994, com a promulgação da Lei n. 9.034, o Estado foi dividido em vinte e duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs), e atualmente, são vinte seis possibilitando um gerenciamento descentralizado por meio de fóruns colegiados denominados Comitês de Bacias Hidrográficas que são responsáveis anualmente de elaborar Relatório de Situação de suas regiões de gestão.

O principal sistema interligado ocorre na região da UGRHI 06-AT, (Alto Tietê) onde se concentra a maior atividade econômica e produtiva do País, além da maior população urbana. O sistema Integrado Metropolitano (SIM) da Sabesp atende cerca de 20 milhões de habitantes em 35 municípios (SIGRH, 2015). (Figura 5).

A menor disponibilidade hídrica *per capita* do Estado: 130m<sup>3</sup>/hab. ano, estando muito abaixo da faixa considerada crítica, encontra-se nesta UGRHI 06-AT, localizada em região de cabeceiras e de baixa produção hídrica natural e o que se adota como solução é a importação de água da UGRHI 05-PCJ (Sistema Cantareira), gerando conflitos e discussão de uso com bacias vizinhas. (SIGRH, 2015).

## 2.2 Consumo, Qualidade e Aproveitamento da Água Pluvial.

O uso dos recursos hídricos pode ser classificado como consultivo, que gera consumo significativo, ou seja, o volume captado é maior que o devolvido ao corpo hídrico e não consultivo, exemplos: abastecimento público, irrigação, transporte, etc. e classificado como não

consultivo, que não gera consumo significativo, ou seja, a quantidade de água retirada dos mananciais e depois utilizada é devolvida para os mananciais, exemplos: navegação fluvial, pesca, geração de energia, etc.

Com demanda maior nos setores da agricultura (irrigação) e indústria, onde um produto pode gerar uma necessidade hídrica maior ou menor para sua produção, pode-se mensurar este nível de consumo indicando que a porcentagem de aumento no gasto da água até 2025 em países em desenvolvimento será em torno de 50%, a porcentagem de cidades europeias que utilizam água do subsolo e o número de pessoas que viverão em regiões de total escassez de água até 2025 será de aproximadamente dois milhões (ONU, 2012).

No Brasil, o consumo de água na irrigação também é predominante, conforme (Gráfico 3), onde 70% é utilizado para o uso de irrigação, 22% para uso industrial e 8% para uso doméstico, sendo ao todo 29,6 milhões de hectares irrigáveis no país, além da indicação de 20% de crescimento do valor da área irrigada de 2010 em relação a 2006 (ONU; ANA, 2012).

Em São Paulo o consumo per capita em 2016 foi de 129 litros habitante/dia, patamar 24% menor que a média de 169 litros habitante/dia registrada em 2013, antes de deflagrada a crise hídrica, outro fator de provável influência na diminuição do consumo pode estar relacionado à retração econômica brasileira, impactando principalmente os setores da indústria e comércio. A recuperação dos mananciais com o retorno das chuvas não é garantia de um futuro com tranquilidade diante da possibilidade de novos eventos climáticos extremos em uma região complexa para o abastecimento, como é a RMSP e apresentar uma das maiores densidades demográficas do planeta (RELATÓRIO DA ADMINISTRAÇÃO, SABESP, 2016).

A perda na qualidade dos mananciais por aumento da poluição, a insuficiência de água devido à estiagem em determinados períodos, conjuntamente aos serviços ineficientes de abastecimento público têm despertado a necessidade de conservação da água (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, PROSAB, 2006).

Nos sistemas de abastecimento de água podem ocorrer perdas físicas ou não-físicas. As perdas físicas são aquelas que estão relacionadas à água que não chega ao consumidor, devido a vazamentos nas redes de distribuição e nas ligações com as residências ou ramais prediais. Existem também as perdas não-físicas ou comerciais, que são os erros na medição de hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas ou falhas no próprio cadastro (SABESP, 2007).

O índice de perdas da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo, empresa que opera em 366 municípios em todo o Estado de São Paulo, atualmente está em 33%; sendo 15% físicas e 18% comerciais. Este índice representa nove mil litros de água perdidos em um único segundo. Porém, estes valores estão próximos da medição feita por países de Primeiro Mundo, como o Canadá, que perde 14% de água, a Inglaterra 17,3% do total produzido. Em Tóquio, o índice é de apenas 8,4%, pois as tubulações são feitas de aço inoxidável em função de problemas com terremotos (SABESP, 2007).

Existem dois tipos de usos para água: *potável*, que é destinada ao consumo e sem risco a saúde para os seres vivos e *não potável*, que possui algum tipo de contaminação e imprópria para consumo, como por exemplo lavagem de piso, rega de jardim, lavagem de carro, descarga, etc.

Em vários países há diversas práticas quanto ao aproveitamento de água pluvial de uso não potável onde o objetivo é de reter o controle de inundações e amenizar a ausência de abastecimento regular de água, assim como para outros fins.

No Japão, o uso da chuva e a infiltração tem sido estimulada com a participação ativa da população, como forma de prevenir as enchentes urbanas e restaurar as fontes de água. Na cidade de Sumida, tanques subterrâneos de coleta de chuva de aproximadamente 10m<sup>3</sup> são

construídos em pontos estratégicos nas ruas. A água reservada é usada pela comunidade para regar plantas e outros usos similares e na emergência podem servir no auxílio no combate de incêndio e até mesmo para o consumo (HANSEN,1996).

A utilização da água da chuva tem sido considerada como uma fonte alternativa, podendo ser inserida no sistema de gestão integrada de águas urbanas, já que visa seu aproveitamento no próprio local de captação, tornando assim um sistema descentralizado, no qual sua gestão é compartilhada com o usuário (PROSAB, 2006).

Legislações específicas sobre a coleta de água da chuva têm sido adotadas, visando a redução de enchentes em muitas cidades brasileiras, a exemplo de São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba, etc., sendo que nessas cidades alguns novos empreendimentos passaram a ser obrigados a coletar a água da chuva, não apenas para reduzir o pico de cheias, como também a sua utilização para fins não potáveis. Estudos apontam para diferentes experiências com a finalidade de aproveitamento a água de chuva, seja em lavanderias industriais, indústrias e outras atividades comerciais (SICKERMANN, 2003, apud PROSAB,2006).

No Brasil há referências normativas para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial através da Norma Brasileira - NBR 15527:2007 – Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, conjuntamente com:

- ABNT NBR 5626:1998, *Instalação predial de água fria*;
- ABNT NBR 10844:1989, *Instalações prediais de águas pluviais*;
- ABNT NBR 12213:1992, *Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público*;
- ABNT NBR 12214:1992, *Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público*;
- ABNT NBR 12217:1994, *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público*.

O consumo em regiões cujas residências que dispunham de hidrômetro era, em 2002 cerca de 14,3 milhões de litros por domicílio por mês. Na lista nacional de consumo o estado do Rio de Janeiro é o maior consumidor de água com 232 litros, e São Paulo aparecia em 6º lugar com 165,67 litros/dia (SANASA, 2006).

A identificação do perfil de consumo e os usos finais de água são informações essenciais para a determinação de estratégias de controle da demanda, bem como para o uso de fontes alternativas de água (BARRETO, 2008).

Conforme Vasconcelos (2007), a viabilidade do uso de água da chuva para usos básicos em uma residência domiciliar certamente resultará na diminuição do uso de água fornecida pelas companhias de saneamento, na demanda dos custos com o uso de água potável e na redução de enchentes em caso de chuvas intensas.

A qualidade do ar tem grande influência sobre a qualidade da água da chuva. Dependendo da localização, as características da água de chuva podem ser afetadas por fatores naturais ou pela ação antrópica. Cita-se que em regiões próximas aos oceanos há uma probabilidade maior de se encontrar sódio, potássio, magnésio e cloro na água da chuva. Em regiões com grandes áreas não pavimentadas estarão presentes partículas de origem terrestre como a sílica, o alumínio e o ferro, além de componentes de origem biológica, como nitrogênio, fósforo e enxofre (PHILIPPI, 2006).

Segundo Jaques (2005), afirma que mesmo em áreas inalteradas pela ação do homem o pH encontra-se próximo de 5,0 devido à presença de CO<sup>2</sup> e SO<sup>4</sup>, que reagem com a água da chuva formando ácidos que diminuem o pH. O CO<sup>2</sup> é um gás naturalmente presente na

atmosfera, que se dissolve na água da chuva formando o ácido carbônico. Este processo indica que o teor levemente ácido da água da chuva é uma característica natural.

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações consistem na captação, armazenamento e posterior utilização da água e precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Assim como os sistemas prediais de reuso de água, a sua aplicação é restrita a atividades que não necessitem da utilização de água potável (OLIVEIRA, 2007).

### 2.3 Coleta de Água Pluvial e Elementos para um Sistema de Coleta

A utilização do aproveitamento da água oriunda das precipitações pluviais, sua utilização depende de cada região e em alguns casos o aproveitamento é utilizado para preservar mananciais e mitigar o grande consumo de água potável.

A utilização da água da chuva não é uma inovação dos dias atuais. No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento da água de chuva é provavelmente um sistema construído na Ilha Fernando de Noronha, pelo exército norte-americano em 1943 (PETER, 2006) apud HA-GEMANN).

Para um sistema para coleta de água de chuva, são necessários alguns elementos básicos e uma tecnologia relativamente simples, são eles:

- Telhado, onde serve como área de captação e onde deve seguir diretrizes da ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais, sendo que o telhado determina a quantidade de água precipitada que se transforma em escoamento;
- Calhas e Condutores, podendo ser de diversos materiais e conforme NBR 15527, devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica, ser instalados dispositivos para remoção de detritos, sendo estes dispositivos, por exemplo, grades e telas que atendam à ABNT NBR 12213, ser instalado no sistema de aproveitamento de água de chuva um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial. É recomendado que tal dispositivo seja automático e na falta de dados, o dispositivo de descarte de água recomenda-se considerar 2mm da precipitação inicial.
- Filtros, são dispositivos importantes para retenção de sólidos grosseiros, tais como folhas secas de árvores, gravetos, pequenos insetos e penas de pássaros. As sujeiras mais finas, que passarão pela tela irão para um segundo momento do sistema de aproveitamento da água, chamado: separador das águas ou dispositivo de descarte da primeira chuva, o primeiro consiste de um tubo de PVC, que coleta a primeira parte do volume precipitado e quando o tubo está cheio, a água é desviada para o condutor principal que a leva para o reservatório de armazenamento.

O segundo consiste de um tubo com uma válvula esférica flutuante em seu interior. Quando o volume correspondente ao descarte enche o tubo, a elevação do nível da água faz com que a esfera obstrua a entrada do tudo e o fluxo é conduzido para o reservatório de armazenamento.

- Armazenamento, onde ficará a água captada podendo ser apoiada, enterrada ou elevada e construída com diferentes materiais como concreto armado, plástico, polietileno, alvenaria de tijolos, etc. Para garantir a qualidade da água, os reservatórios devem ter parede e cobertura impermeável, evitar a entrada de luz para evitar a proliferação de algas, ter entrada de água no reservatório e extravasor protegidos por

telas que impeçam a entrada de insetos e pequenos animais e serem limpos uma vez ao ano para a retirada do lodo depositado no fundo, os reservatórios não podem ter vazamentos, serem resistentes ao peso da água, pequenas quedas e impactos, ter uma saída de fundo (torneira) para esvaziamento e limpeza e ser feito de material que não libere substâncias na água de modo a alterar suas características, não utilizar reservatórios que tenham armazenado óleo ou produtos químicos, manter o reservatório coberto para evitar penetração da luz e proliferação de algas e não misturar água de chuva com água potável.

### **3. Metodologia**

#### **3.1 Sistema de Aproveitamento e Caracterização da Área de Estudo**

Para a verificação do potencial do sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, foi desenvolvido um estudo compreendendo as etapas de: caracterização da área de estudo, levantamento de dados pluviométricos, previsão de consumo de água pluvial, dimensionamento do reservatório e estimativa de custo.

Para fins de estudo e análise, a área selecionada está localizada no município de São Paulo, na região oeste, pertencente ao distrito de Perdizes, o bairro Pompeia faz divisa com os bairros: Sumaré, Sumarezinho, Lapa e Perdizes. A residência unifamiliar atende uma situação típica para quatro pessoas, edificada em uma área de terreno total de 250m<sup>2</sup>, dividida em hall de entrada, sala, 3 quartos, 3 banheiros, cozinha, área de serviço, lateral, jardim externo, jardim de inverno e garagem para 2 carros. A área total utilizada para a captação da água de chuva no telhado é de 145 m<sup>2</sup>, na área do jardim 12m<sup>2</sup> e na área de pisos 160m<sup>2</sup>, considerando um consumo mensal de 25m<sup>3</sup> ou 25.000L. Para utilização da água da chuva para fins não potáveis, o estudo leva-se em consideração a necessidade do usuário em utilizar o reservatório para: lavagem de veículos, lavagem de pisos, irrigação de áreas verdes e rega de jardins.

#### **3.2 Levantamento dos Dados Pluviométricos, Identificação e Análise do Ponto de Coleta**

A cidade de São Paulo possui um clima subtropical úmido, com diminuição de chuvas no inverno e aumento de chuvas no verão e uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Segundo INMET (2017), média anual da pluviosidade é 1441mm, sendo a precipitação do mês mais seco (agosto) com 39,6mm e o mês mais chuvoso (janeiro) com 237,4mm.

Em 2013, o Centro de Gerenciamento de Emergência – (CGE) da prefeitura de São Paulo divulgou uma lista dos bairros que apresentam os maiores índices pluviométricos desde o início de 2010, realizando um levantamento, através das estações meteorológicas que possui na cidade, ficando o bairro da Lapa na zona oeste da capital em 4<sup>o</sup> lugar, registrando um volume de 6.173,7mm de chuva, este, situado ao lado do bairro que será realizado o estudo.

Desde 1936 é realizado levantamento diário e mensal da série de precipitação média pluviométrica, com aproximadamente 33 estações, entretanto, para fins de estudo, foi considerada a estação E3 – 035 IAG Observatório. A estação Observatório IAG, código E3-035, com sua latitude 23°39'00" e longitude 46°38'00" situada no bairro do Butantã, na Universidade de São Paulo, será considerada para levantamento de dados.

A série histórica mensal inicia-se a partir de 1936 até 2016, como pode-se visualizar resumidamente na tabela abaixo:

Tabela – Precipitação Pluviométrica Média E3-035 IAG Observatórios – (Período 1936 a 2016)

Chuva Mensal (mm)

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Média por mês:	236,2	217,4	170,3	85,08	67,63	54,1	47,22	37,55	76,88	124,1	132,6	185,9
Total Média Mensal:	119,58 mm											
Total média Anual:	1434,92 mm											

Fonte: DAEE (2017) *Adaptada*.

Através dos dados pluviométricos, possibilitou a determinação do volume do reservatório para este estudo utilizando-se os métodos Azevedo Neto, Inglês e Alemão para dimensionamento do volume do reservatório conforme apresentados na NBR 15527:2007. Para este estudo não foi considerado os demais métodos.

Para considerar uma melhor possibilidade de coleta de água pluvial, analisou-se o local e observou-se que o telhado seria uma alternativa adequada para atender a necessidade de utilização de água pluvial para fins não potáveis.

O escoamento superficial resultante (C), ou “coeficiente de runoff”, é a razão entre a água que escoar superficialmente e o total da água precipitada. Deve-se considerar a perda de água pluvial para limpeza do telhado, evaporação entre outros fatores. Conforme já mencionada na (Tabela 3), página 37, há indicação do coeficiente de alguns materiais utilizados para cobertura, no caso, tipos de telha.

No caso em estudo, o tipo de telha utilizada para cobertura na edificação, foi a telha cerâmica, que possui o coeficiente de runoff entre 0,6 a 0,9.

Nas instalações existentes, toda água captada da chuva pelo telhado e através das calhas é direcionada para as galerias pluviais.

Quanto a calha e condutores que foram instalados, estão de acordo com a NBR 10.844:1989, da ABNT, que se trata de instalações prediais de águas pluviais, onde verificou-se que os condutores de águas pluviais não são usados para receber efluentes de esgotos sanitários, assim como, o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular seja de 75mm, entre outros quesitos.

Para o reservatório, o espaço para implantação analisado, está próximo ao condutor podendo instalar todos os componentes e ter os requisitos necessários para sua utilização como:

- extravasor, dispositivo de esgotamento, inspeção, ventilação e segurança (ABNT NBR 12217:1994);
- reservatório apoiado;
- Manter tampa de inspeção fechada;
- esgotamento realizado por gravidade.

## 4. Análise dos Resultados

### 4.1 Levantamento de Dados e Análise em Relação ao Sistema

Para a análise dos resultados foram levantados dados, prevendo o consumo da residência para as atividades determinadas ao uso de água pluvial, o dimensionamento do reservatório para determinar o volume que atenda essas atividades e a estimativa de custo dos produtos dispostos no mercado, de modo que atenda uma possível implantação do sistema de aproveitamento da água pluvial.

### 4.2 Previsão de Consumo, Dimensionamento do Reservatório, Estimativa de Custos

Para analisar a eficácia do aproveitamento de água da chuva, quantifica-se o consumo de água na residência, junto a necessidade e seu dimensionamento. O número de pessoas que residem e a quantidade dos dias utilizados no mês é importante para o cálculo de consumo de água.

Sabendo-se que na residência, a média anual é de 300m<sup>3</sup> ou 300.000L e a média mensal para os quatro usuários é de 25m<sup>3</sup> ou 25.000L, a média diária fica em torno de 0,83m<sup>3</sup> ou 833L para os quatro usuários ou 0,208m<sup>3</sup> ou 208L por usuário, logo, considerando atender uma demanda de consumo externo de água para fins não potáveis pode-se referir a uma demanda anual de água para fins não potáveis de 35,71<sup>3</sup>/ano, considerando a lavagem de 02; rega de Jardim comum e

lavagem piso, portanto, a demanda anual de água para fins não potáveis em litros é de 35,71m<sup>3</sup>/ano.

Para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, deve-se possuir os seguintes parâmetros para a elaboração de um projeto: precipitação local, área de captação, coeficiente de Runoff do telhado e a demanda de água pluvial (CAMPOS, 2004).

Abaixo, o quadro indica valores a considerar para efeito de calcula aos métodos utilizados.

Área telhado	145m <sup>2</sup>	
Área terreno	250m <sup>2</sup>	
Valor médio mensal de precipitação pluvial	119,57mm	
Valor médio anual de precipitação pluvial	1434,92mm	
Consumo médio mensal de água potável por usuário	6,25m <sup>3</sup>	6.250L
Consumo médio diário de água potável por usuário	208L	0,208m <sup>3</sup>
Demanda mensal de água não potável	2,97m <sup>3</sup>	2.970L
Demanda anual de água não potável	35,71m <sup>3</sup>	35.710L
Quantidade de meses sem ou com pouca chuva (agosto)	1	

Quadro – Valores a considerar para efeito de cálculo aos métodos utilizados  
Fonte: Autor (2017)

O índice pluviométrico com a média mensal no município de São Paulo segue abaixo:

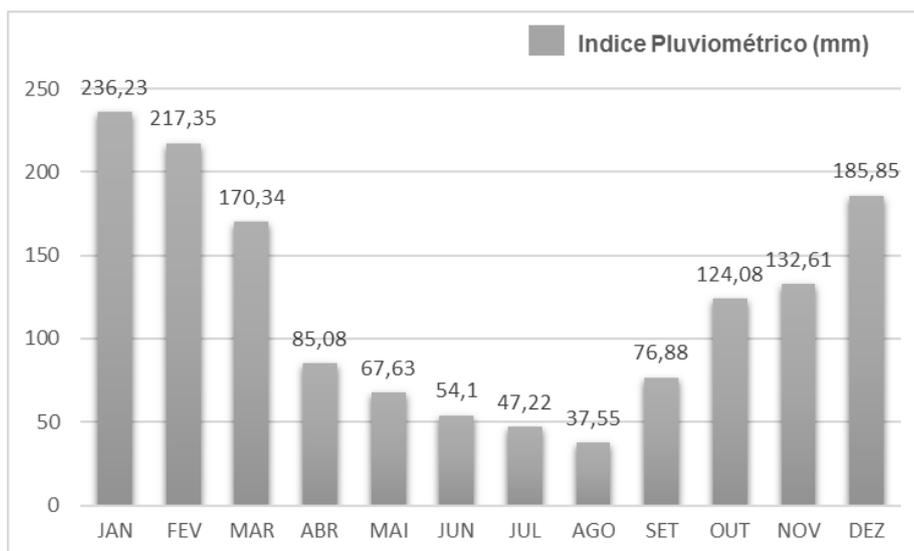


Gráfico 4 – Índice Pluviométrico do Município de São Paulo – média mensal (período 1934 – 2016).  
Fonte: DAEE (2016).

Os métodos utilizados para dimensionar o reservatório foram:

- Método de Azevedo Neto,
- Método Prático Alemão
- Método Prático Inglês, onde obteve-se os seguintes valores:

Método Azevedo Neto

<b>P - Precipitação média anual (mm)</b>	1434,92
<b>A - Área de coleta (m<sup>2</sup>)</b>	145
<b>T - Número de meses com pouca chuva</b>	1
<b>V - Volume do Reservatório</b>	$V = \min(V ; D)$
<b>L - Litros</b>	<b>8.740</b>
<b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>8,74</b>

Prático Alemão

<b>P - Precipitação média anual (mm)</b>	1434,92
<b>A - Área de coleta (m<sup>2</sup>)</b>	145
<b>D - Demanda anual de água não potável (mm)</b>	35710
<b>V - Volume do Reservatório</b>	$V = P * A * 0,75$
<b>L - Litros</b>	<b>2.142</b>
<b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>2,14</b>

Método Inglês

<b>P - Precipitação média anual (mm)</b>	1.434,92
<b>A - Área de coleta (m<sup>2</sup>)</b>	145
<b>V - Volume do Reservatório</b>	$V = 0,05 * P * A$
<b>L - Litros</b>	<b>10.403</b>
<b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>10,40</b>

Fonte: Autor (2017)

Os valores foram variáveis indicando certa divergência entre eles, pode-se observar no volume de reservatório obtido do método Azevedo Neto valor encontrado de 8.740 litros, já no método prático Alemão o valor encontrado do volume de reservatório foi de 2.142 litros e por fim, o método Inglês com valor de 10.413 litros. Como resultado mais próximo da demanda média mensal de água não potável da residência, foi optado pelo método prático Alemão e considerado reservatório para 3,15m<sup>3</sup> ou 3.150 litros.

Os métodos podem atender à demanda local por alguns dias, alguns meses ou por todo o ano, geralmente, os cálculos são realizados com intuito de atender toda a demanda pelo maior período possível e menor custo de implantação. No caso da residência em estudo, a média de frequência e tempo de uso da água pluvial não é considerada alta, logo, pode-se adotar o volume de reservatório mais conservador, no caso o método prático Alemão, uma vez que o método Azevedo Neto e método Inglês mesmo sendo indicados para residências unifamiliares, são métodos que normalmente superdimensionam o reservatório.

A escolha do volume do reservatório, se deu ao fato do método atender o consumo de água não potável da residência, assim como, seu custo para implantação, dimensões adequadas em espaço disponível sem que seja prejudicada a circulação dos usuários, a possibilidade de expansão futura através da capacidade de modularidade e o suprimento que a casa dispõe de capacidade em caso de falta de água com fornecimento de 3000 litros dispostas em duas caixas d'água.

Para levantamento da estimativa de custo do sistema de aproveitamento de água pluvial de acordo com a necessidade e desejo estético do usuário, foram considerados produtos de fácil instalação, modular, de modo a possibilitar uma ampliação de volume num futuro e um reservatório que seja otimizado e adequado para espaços pequenos sem intervenção civil.

Foram levantados respectivamente dois fornecedores de produtos similares, sendo considerado estes sistemas apoiados, com fornecimento e instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Ambos, fornecem com um kit de filtro que compõem telas, ladrão e o fornecimento contempla peças de adaptação ao condutor como joelho, torneira, tela, etc. Na sequência realizou-se um levantamento com um terceiro fornecedor para o sistema, este, com o produto enterrado, e com maior intervenção civil.

Foram considerados três fornecedores para efeito de custo, são eles:

- (1) Tecnotri R\$ 7.150,90;
- (2) Harvesting R\$ 5.397,00
- (3) Reuságua R\$ 17.661,18.

Realizada a estimativa de custo, financeiramente o reservatório com capacidade de 1050 litros cada, seria o melhor adequado ao espaço disponível limitado, além de proporcionar um aumento futuro de seus módulos, todavia, seriam necessárias três unidades totalizando 3.150 litros para atender a demanda num valor de R\$ 7.150,90 considerando reservatório, filtros, fornecimento de material e instalação.

Quanto ao segundo fornecedor, mesmo o reservatório sendo economicamente viável em relação ao seu volume, entretanto, suas dimensões são maiores, o que interferiria na utilização do espaço que seria implantado e conseqüentemente dificultaria a passagem de pessoas pelo local, que é muito utilizado para outras atividades.

Para a escolha do reservatório, baseando-se através dos cálculos de dimensionamento, o método que se adequou de acordo com a capacidade de volume, espaço otimizado sendo

mais conservador foi o método prático alemão, que de acordo com o cálculo possibilita captar um volume de 2,14m<sup>3</sup> ou 2140 litros.

Os métodos escolhidos para efeito de cálculo, foram eleitos em função de seu dimensionamento mais conservador e indicação para volumes menores, se tratando de uma residência.

Visando o sistema de aproveitamento de água de chuva como complementar, financeiramente, verificou-se que há redução mensal de consumo de água potável em 3.350 litros, o que geraria uma economia na fatura mensal de R\$16,08 ou ao longo de um ano R\$ 192,96. Contudo, o valor do investimento é de R\$ 7.150,00, ou seja, o retorno financeiro, mesmo com reajuste anual do serviço seria muito longo, portanto não refletiria nos valores investidos a curto e médio prazo.

Logo, pode-se dizer que seria viável pelo ponto de vista ambiental como quanto de abastecimento, uma vez que auxiliaria na diminuição do volume de água em galerias pluviais diminuindo enchentes e garantiria o fornecimento de água principalmente em épocas de estiagens.

De forma resumida, pode-se analisar os resultados finais conforme quadro abaixo, o uso, métodos utilizados para o dimensionamento, custo, economia e análise em relação a implantação ao sistema de aproveitamento de água pluvial na residência em estudo.

<b>SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL - RESULTADOS FINAIS</b>			
<b>Descrição</b>		<b>Dados</b>	
Tipo de usos (água não potável)	Lavagem de carro	Rega de jardim	Lavagem de piso
Demanda anual da residência para fins não potáveis (m <sup>3</sup> )	35,71m <sup>3</sup>		
Sistemas utilizados para dimensionamento reservatório	Método Azevedo Neto	Método Alemão	Método Prático Inglês
Volume obtido através do método (m <sup>3</sup> )	14,47m <sup>3</sup>	2,14m <sup>3</sup>	10,40m <sup>3</sup>
Fornecedores utilizados	Harvesting	Tecnotrip	Reusagua
Quantidade e produtos utilizados pelos fornecedores	03 Cisternas Top Tanque 1300 litros cada (apoiada) com dim.: 1560mmx1176mm e filtro para coleta com encaixe múltiplo para tubos (100mm; 75mm; 50mm), removedor de folhas e atua como ladrão	03 Cisternas Vertical Modular 1050 litros cada (apoiada) com dim.: 800mmx800mmx2230mm, filtro para coleta e tratamento Universal, decanter 8 litros com dim.: 340mmx240mm900mm (1,7KG)	01 Cisterna de cimento 5000 litros (enterrada) com sistema de pressurização, gabinete, filtros, clorador e tubulações, necessitando intervenção civil.
Custos de fornecimento e instalação totais (R\$)	R\$ 5.397,00	R\$ 7.150,00	R\$ 17.661,18
Economia anual em (m <sup>3</sup> )	46,80m <sup>3</sup> /ano	40,20m <sup>3</sup> /ano	60m <sup>3</sup> /ano
Economia anual em (R\$)	R\$ 224,64	R\$ 192,96	R\$ 288,00

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL - RESULTADOS FINAIS			
Descrição	Dados		
Análise dos métodos e reservatórios	O método Azevedo Neto indica quantidade maior para reservar água em relação aos demais. Quanto ao fornecedor o modelo disponível ocuparia um espaço físico que não se dispõe na residência, embora seja mais barato entre os outros apresentados.	O método Alemão indicou quantidade mais conservadora para reservar água, mesmo assim atenderia a demanda da residência. Quanto ao fornecedor atenderia o espaço físico disponível, embora o custo seja pouco mais oneroso em relação ao fornecedor anterior.	O método Prático Inglês indica quantidade intermediária em relação aos demais métodos. Quanto ao fornecedor a intervenção de civil seria de grande impacto, além de oneroso e falta de espaço físico por necessitar de enterrar o reservatório.

Fonte: Autor (2017)

Sistema de aproveitamento de água pluvial – Resultados finais

## 5. Conclusão

Para que um sistema de aproveitamento de água pluvial possa existir é fundamental o levantamento de informações de necessidades e possibilidades junto ao usuário.

Os benefícios para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial envolvem fatores econômicos, sociais e ambientais, que por consequência, diminuiria problemas de drenagem urbana, retendo assim, parte de água que escoaria pelas redes pluviais, além da quantidade de água potável que seria poupada para usos mais nobres onde geraria uma economia de água tratada e garantiria a ampliação do sistema de distribuição de água possibilitando acesso à população por mais tempo, assim como também contribuiria para o uso racional da água e a conservação dos recursos hídricos para o futuro.

O tamanho do reservatório deve ser determinado para cada caso analisado, sendo que há muitas variáveis no que compete tamanho e capacidade de reservatório indicados para a residência em estudo.

Para um bom funcionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva há de considerar a quantidade de água que pode ser captada e utilizada para o atendimento da demanda diária do usuário.

Embora demonstre um custo mais elevado, a implantação do sistema de coleta de água pluvial, seja recomendável no que se refere a questão ambiental, preservando um recurso finito, evitando enchentes e possibilitando o uso mais nobre às áreas que necessitam.

## 6. Referências

- [1] ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ATLAS BRASIL. Abastecimento Urbano de Água: panorama nacional. Brasília, 2010.
- [2] GHISI, E. Influência da precipitação pluviométrica, área de captação, número de moradores e demandas de água potável e pluvial no dimensionamento de 129 reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares. 63p. Monografia apresentada para concurso público da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006
- [3] SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico Anual de Águas Pluviais, 2015.
- [4] TOMAZ, P. A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. Navegar Editora, São Paulo, 2001.
- [5] TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva, para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2009.
- [6] DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Hidrologia, 2017.
- [7] IAG – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. Boletins e Relatórios, 2017.
- [8] IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Manual para Captação Emergencial e Uso Doméstico de Água de Chuva, 2017.
- [9] SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Divulgação de Mananciais. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br> Acesso em setembro de 2017.
- [10]
- [11] RODRIGUES, A. M., “*Moradia nas cidades brasileiras*”. São Paulo, SP, 1988.
- [12] BONDUKI, N., “*Origens da Habitação Brasileira*”, 2ª ed. São Paulo, SP, 1999.
- [13] MINISTRY OF CITIES, available at <<http://www.cidades.gov.br>>. Accessed in August 15th, 2010.
- [14] BONDUKI, N., “*Habitat: As práticas Bem-Sucedidas em Habitação, Meio Ambiente e Gestão Urbana nas Cidades Brasileiras*”. São Paulo, SP, 1996, pp.173.
- [15] BONDUKI, N., “*Habitat: As práticas Bem-Sucedidas em Habitação, Meio Ambiente e Gestão Urbana nas Cidades Brasileiras*”. São Paulo, SP, 1996, pp.175.