

FACULDADES INTEGRADAS DE BAURU
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

David Batista da Silva Amarante
Sueli Grasielle Mendes dos Santos

**REUSO DA ÁGUA PLUVIAL EM BACIAS SANITÁRIAS COMO OPÇÃO DE ECONOMIA
DE ÁGUA POTÁVEL**

BAURU
2017

David Batista da Silva Amarante
Sueli Grasielle Mendes dos Santos

**REUSO DA ÁGUA PLUVIAL EM BACIAS SANITÁRIAS COMO OPÇÃO DE ECONOMIA
DE ÁGUA POTÁVEL**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades Integradas
de Bauru para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil, sob a
coordenação da disciplina de TCC.**

**BAURU
2017**

Amarante, David Batista da Silva
Santos, Sueli Grasielle Mendes dos

Reuso da água pluvial em bacias sanitárias como opção de economia de água potável. -- David Batista da Silva Amarante e Sueli Grasielle Mendes dos Santos. Bauru, FIB, 2017. 73f.

Monografia, Graduação em Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Bauru

Coordenadora: Elaine Câmera

1. Palavra Chave. 2. Palavra Chave. 3. Palavra Chave. I. Título II. Amarante, David; Santos, Sueli. Faculdades Integradas de Bauru.

CDD 620

David Batista da Silva Amarante
Sueli Grasielle Mendes dos Santos

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades Integradas de
Bauru para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.**

Bauru, 25 de outubro de 2017.

Banca Examinadora:

Presidente/ Coordenador: Luiz Carlos Izzo Filho

Professor 1: Elaine Câmera

Professor 2: Glauce Alves Tonelli

**BAURU
2017**

DEDICATÓRIA

Do acadêmico David Batista da Silva Amarante:

Dedico meu trabalho a Deus, pois ele é o nosso ajudador, à meu pai Antonio Batista Amarante e a minha mãe Nelci Andrade da Silva.

Dedico também a meus irmãos, minha esposa Mirian Oliveira da Silva, aos meus filhos em especial Natã Antonio Oliveira da Silva Amarante e a todos que de uma forma ou de outra não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Dedico também à equipe de professores da FIB e também coordenadora do curso de Engenharia Civil.

Da acadêmica Sueli Grasielle Mendes dos Santos:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, além de ser o autor do meu destino, ele é meu guia e socorro presente na hora da angústia.

Ao meu pai José Carlos dos Santos que faleceu no ano passado e a minha mãe Aurea Mendes Esteves.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pela vida, saúde e por todas as coisas e pessoas que temos ao nosso redor.

A nossas famílias pelo apoio, incentivo, carinho e amor dedicados.

Ao nosso orientador, Luiz Carlos Izzo Filho, pela oportunidade, pelos ensinamentos, pela atenção, compreensão e paciência neste período de estudo.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem o convite.

Aos professores e colegas do curso de graduação em Engenharia Civil da FIB e a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram com o desenvolvimento deste nosso trabalho.

*“Abra os olhos para ver o muro em que você estagnou
E apartir daí, crie um nova engenharia de pensamentos
para enxergar além desse muro,
e assim, terás novas perspectivas”*
Mauricio Nuper

Amarante, David Batista da Silva; Santos, Sueli Grasielle Mendes dos. **Reuso da água pluvial em bacias sanitárias como opção de economia de água potável.** 2017. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - FIB. Bauru, 2017.

RESUMO

A escassez de recursos hídricos tem causado uma preocupação mundial em relação ao consumo e o aproveitamento de água. A captação e armazenagem da água da chuva é uma técnica utilizada há séculos. Quando armazenada com fim não potável, a água da chuva pode ser usada na lavação de áreas externas, descargas de vasos sanitários, irrigação, entre outros. Este trabalho objetiva estimar o potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de água pluvial captada na cobertura de uma edificação residencial, visando reduzir o consumo doméstico para fins não potáveis utilizando a água pluvial em bacias sanitárias. A estimativa do volume de água de chuva para aproveitamento está baseado na área de cobertura e nos valores de precipitação atmosférica. Em algumas grandes cidades já se prevê a obrigatoriedade de se utilizar um sistema de captação da água da chuva em grandes edificações.

Palavras-chave: Sistema de aproveitamento de água da chuva, Descargas sanitárias, Captação água pluvial.

Amarante, David Batista da Silva; Santos, Sueli Grasielle Mendes dos. **Reuso da água pluvial em bacias sanitárias como opção de economia de água potável.** 2017. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - FIB. Bauru, 2017.

ABSTRACT

The scarcity of water resources has caused a worldwide concern regarding the consumption and the use of water. The capture and storage of rainwater is a technique used for centuries. When stored for non-potable purposes, rainwater can be used to flush out external areas, flush toilets, irrigation, among others. This study aims to estimate the potential for saving treated water through the use of rainwater collected on the roof of a residential building, aiming to reduce domestic consumption for non - potable purposes using rain water in sanitary basins. The estimation of the volume of rain water for use is based on the area of coverage and the values of atmospheric precipitation. In some large cities, it is already foreseeable to use a system of rainwater harvesting in large buildings.

Keywords: Rainwater harvesting system, Sanitary discharges, Rainwater catchment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição de água na Terra	22
Figura 2 - Ciclo hidrológico	23
Figura 3 - Distribuição da Água	29
Figura 4 - Esquema de instalação da linha europa de reservatório	41
Figura 5 - Esquema ilustrativo de um sistema de aproveitamento de água de chuva com utilização de cisterna e bombeamento para reservatório superior	47
Figura 6 - Esquema ilustrativo do aproveitamento de água de chuva com transporte direto da calha a um reservatório superior	47
Figura 7 - Esquematização de um sistema de aproveitamento de água de chuva	48
Figura 8 - Planta baixa residência com área de 74,12 m ²	53
Figura 9 - Sistema captação de Água Pluvial	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Distribuição de Água em Nosso Planeta	24
Quadro 2 - Consumo diário por atividade.....	42
Quadro 3 – Parâmetros de qualidade da água da chuva para fins não potáveis	43
Quadro 4 - Precipitação Acumulada.....	50
Quadro 5 – Média da Precipitação Acumulada de 2006 a 2016	51
Quadro 6 – Perdas de Carga para Recalque	60
Quadro 7 – Perdas de Cargas de Sucção.....	61
Quadro 8 – Custos do Sistema com custo médio em agosto de 2017	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul.....	26
Tabela 2 – Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.....	27
Tabela 3 – Coeficiente para dimensionamento de calhas.....	38
Tabela 4 – Vazões de condutores verticais de acordo com a fórmula de Manning-Strickler	39
Tabela 5 – Intensidade Pluviométrica de acordo com a NBR 10844/1989	51
Tabela 6 - Preço de Água e Esgoto.....	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	18
1.2	Objetivo geral	19
1.3	Objetivos específicos	19
1.4	Estrutura do trabalho	19
2	REFERENCIALTEÓRICO	20
2.1	Água em Visão Global	20
2.1.1.	A Água em Visão Nacional	26
2.2	Preservação do Meio Ambiente Como Tratamento da Água	30
2.3	O Reuso da Água	32
2.3.1	Formação das chuvas	34
2.3.2	Sistema de Captação de Água Pluvial	35
2.3.3	Calhas e Condutores	37
2.3.4	Reservatório	39
2.3.5	O Uso na Residência	41
2.3.6	Bacias Sanitárias	42
2.3.7	A Qualidade D'água da Chuva	43
2.3.8	Implantação e Legislação do Sistema de Captação de Água da Chuva	44
2.3.9	Funcionamento e Disposição do Sistema	46
3	DESENVOLVIMENTO	48
3.1	Determinação da Edificação	48
3.2	Índices de chuva em Bauru	49
3.3	Sistema de Coleta e Armazenamento	52
3.3.1	Áreas de Coleta	52
3.4	Coleta da Água Pluvial	54
3.4.1	Dimensionamento de Calha e Tubos Para Captação de Águas Pluviais	54

3.4.2 Cálculo da Vazão conforme área de Captação	54
3.4.3 Cálculo dos componentes do sistema	56
3.5 Cálculo para dimensionamento da Bomba Hidráulica	59
3.5.1 Diâmetro do Extravassor (Ladrão)	60
3.5.2 Cálculo de Perda de Carga – Método de Fair-Whipple-Hisao para o diâmetro de 25mm	60
3.5.3 Cálculo de Perda de Carga – Método de Fair-Whipple-Hisao	61
3.5.4 Cálculo da Altura Manométrica (HM)	62
3.5.5 Potência da Bomba	62
3.5.6 Material e Mão de Obra Utilizado no Sistema	63
3.5.7 Análise dos Resultados	65
3.5.8 Preços praticados em Bauru – SP	65
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	66
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67

1 INTRODUÇÃO

Atualmente um assunto muito em evidência é Sustentabilidade. Com o aumento da população e do consumo mundial, é hora de começar a pensar no planeta e nos recursos limitados que ele tem para oferecer. É preciso pensar em reduzir principalmente a emissão de gases poluentes e o intenso desperdício de bens naturais.

Quando se está conduzindo uma obra, o correto é que em todo o período de execução da mesma seja consumido o mínimo possível de materiais, energia elétrica e principalmente água. Após o término da edificação, tanto residencial, comercial ou industrial; é preciso conscientizar para utilização do mínimo possível de materiais e mão de obra na manutenção da mesma, e principalmente, o mínimo necessário de energia elétrica e água.

As empresas que prezam pela responsabilidade social de todos os que estão envolvidos diretamente ou à margem do seu negócio, consideram as questões ambientais como prioridade. Dentre estas, a água é um dos mais preciosos recursos, uma vez que é indispensável para a vida no nosso planeta.

A água vem a ser um dos recursos naturais cuja sua escassez vem sendo debatida em nível mundial. Além de ser um recurso vital insubstituível, a água é um importante fator de produção para diversas atividades, sendo essencial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico. Cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume é de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% são de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontram-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2006).

Para May (2009) a água é o que há de mais essencial à vida no planeta. Porém, o volume de água potável para consumo torna-se cada vez mais escasso.

A escassez de água em regiões urbanas faz com que grandes contingentes populacionais sofram, além de limitar a atividade econômica e retardar o progresso. (GONÇALVES, 2006).

O mau uso dos aparelhos sanitários, bem como vazamentos nas instalações, tem contribuído para maior consumo de água aumentando assim o desperdício de água potável. É necessário conscientizar as pessoas para o uso correto e sustentável da água sendo que a mesma vem a ser uma das bases para o desenvolvimento humano. Preservar os recursos hídricos, tanto em qualidade como em quantidade é de suma importância hoje e também para as futuras gerações.

Para Gonçalves (2006), buscar fontes alternativas de água, tais como águas residuárias para reuso ou aproveitamento de águas pluviais é uma das formas de minimizar a utilização de recursos hídricos.

É necessário analisar as possibilidades de aplicação de fontes alternativas de água considerando os níveis de qualidade da água necessários, as tecnologias existentes, cuidados e riscos associados à aplicação de água menos nobre para fins menos nobres e a gestão necessária durante a vida útil da edificação. (SINDUSCON-SP, 2005).

Surge então a necessidade da utilização de novas técnicas de aproveitamento da água. Uma alternativa em relação ao uso de água para fins não potáveis é o aproveitamento de água da chuva, um recurso natural amplamente disponível na maioria das regiões do Brasil. Através de sistemas de captação da água pluvial é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos. A água da chuva depois de coletada pode ser utilizada em descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagem de roupas, de calçadas e de automóveis.

1.1 Justificativa

Este trabalho tem como escopo o reuso de água pluvial em residências e as inovações dentro da engenharia civil vêm contribuindo no que tange a trazer soluções de baixo custo e eficiência.

É necessário considerar que a água é um recurso natural limitado e imprescindível à vida. Por esta razão questões sobre a conservação e preservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais destacadas na atualidade.

Dentre as soluções sustentáveis que contribuem para uso racional da água, proporcionando a conservação dos recursos hídricos para as futuras gerações. Estão as técnicas de aproveitamento de água pluvial como soluções inovadoras.

Devido a importância da preservação deste recurso natural e limitado, este trabalho irá colaborar para o entendimento e disseminação das técnicas de reuso de água pluvial utilizando métodos de captação de água da chuva através de calhas e condutores, permitindo assim o reuso desta água nos afazeres do dia a dia tais como lavagem de quintais, carros, calçadas e utilização em vasos sanitários.

Após analisar o consumo de água em residências unifamiliares a vez será verificar a possibilidade de instalação de um sistema para armazenar e aproveitar água de chuva para suprir as necessidades não potáveis.

Espera-se apresentar um projeto que traga uma solução que proporcione uma redução nos gastos com conta de água e com o consumo de água potável, esclarecendo seu papel fundamental para a sobrevivência dos seres vivos, sabendo que a redução da água potável no mundo gera preocupação em relação ao futuro.

Pretende-se com este trabalho demonstrar que o sistema de reuso de água proporciona uma economia financeira, com uma redução no valor da conta de água, e uma redução no volume de água potável utilizada de forma desnecessária e incentivar a população e conscientizar que pode ser possível através de meios eficazes diminuir a grande crise hídrica, através de atitudes que por menores que sejam vem a fazer diferença em épocas de colapso onde o sinal vermelho pode vir a ficar verde se todos juntos usarem métodos de captação de água da chuva e seu reuso.

1.2 Objetivo geral

Verificar o potencial de economia de água potável que poderia ser obtido através da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em edificações residenciais procurando demonstrar a viabilidade de implantação através do custo-benefício que o sistema proporciona.

1.3 Objetivos específicos

Com a elaboração desse trabalho, almeja-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Fazer levantamentos pluviométricos;
- Estimar o reuso em descargas de vasos sanitários,
- Estimar o volume ideal do reservatório de água pluvial;
- Analisar a viabilidade econômica da implantação do sistema de reutilização de água a fim de demonstrar a importância da implementação do sistema de captação de água da chuva através de uma lógica econômica e sustentável.

1.4 Estrutura do trabalho

- Capítulo 1: São apresentados a Introdução, a Justificativa e os Objetivos;
- Capítulo 2: É apresentada a Revisão Bibliográfica;
- Capítulo 3: Onde está o desenvolvimento do trabalho
- Capítulo 4: São apresentados os procedimentos metodológicos;
- Capítulo 5: São explicitos as considerações finais.

2 REFERENCIALTEÓRICO

Neste capítulo serão apresentadas características da distribuição de recursos hídricos no contexto global e nacional.

2.1 Água em Visão Global

De acordo com Grassi (2001), a água é um recurso fundamental para a existência da vida, na forma que nós conhecemos. Foi na água que a vida floresceu, e seria difícil imaginar a existência de qualquer forma de vida na ausência deste recurso vital. Nosso planeta está inundado d'água; um volume de aproximadamente 1,4 bilhão de km³ cobre cerca de 71% da superfície da Terra. Apesar disso, muitas localidades ainda não têm acesso a quantidades de água com características de potabilidade adequadas às necessidades do consumo humano.

Em casa, usamos água em quantidade muito maior do que o necessário, simplesmente para manter-nos vivos. Precisamos dela para cozinhar, tomar banho, limpar, escovar os dentes, eliminar resíduos pelo esgoto, etc. A média de água gasta por uma pessoa no lar é de cerca de 250 litros por dia. Numa descarga, gastam-se de 10 a 12 litros. Num banho, 120 litros (20 litros por minuto). Numa limpeza de pratos e panelas, 40 litros. Numa máquina de lavar roupa, 110 litros. (BRASIL DAS ÁGUAS, 2017).

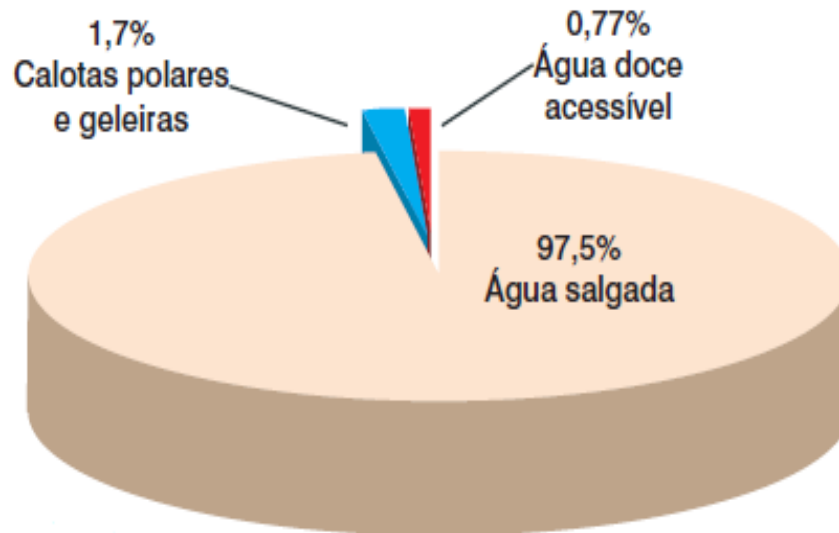
Já Grassi (2001) cita que a grande oferta fez da água a substância ideal para ser empregada como solvente universal na limpeza e transporte de praticamente todos os resíduos gerados pelo homem. Ao redor de todo o mundo, as cidades foram se estabelecendo e crescendo próximas a grandes cursos d'água. Até os dias atuais, após seu uso nas mais diversas atividades, a água ainda é geralmente descartada para o corpo receptor mais próximo, muitas vezes sem que passe por qualquer tipo de tratamento. Não obstante, é verdadeiro afirmar que o baixo custo associado ao uso de

enormes quantidades de água tem sido um dos pilares do desenvolvimento de nossa sociedade.

E para Nebel e Wright (2000) a água potável de boa qualidade é fundamental para a saúde e o bem estar humano. Entretanto, a maioria da população mundial ainda não tem acesso a este bem essencial. Mais do que isto, existem estudos que apontam para uma escassez cada vez mais acentuada de água para a produção de alimentos, desenvolvimento econômico e proteção de ecossistemas naturais. Para exercer tais atividades, especialistas estimam que o consumo mínimo de água per capita deva ser de pelo menos 1000 m³ por ano. Cerca de vinte e seis países, em sua maioria localizados no continente africano, já se encontram abaixo deste valor. Com o rápido crescimento populacional, acredita-se que inúmeras outras localidades deverão atingir esta categoria no futuro próximo. Várias regiões do planeta (Pequim, Cidade do México, Nova Deli e Recife, no Brasil) estão acima desse valor apenas devido à exploração de águas subterrâneas.

Grassi (2001) ainda explica que toda a biota, assim como a maior parte dos ecossistemas terrestres, além dos seres humanos, necessitam de água doce para sua sobrevivência. Entretanto, cerca de 97,5% da água de nosso planeta está presente nos oceanos e mares, na forma de água salgada, ou seja, imprópria para o consumo humano. Dos 2,5% restantes, que perfazem o total de água doce existente, 2/3 estão armazenados nas geleiras e calotas polares. Apenas cerca de 0,77% de toda a água está disponível para o nosso consumo, sendo encontrada na forma de rios, lagos, água subterrânea, incluindo ainda a água presente no solo, atmosfera (umidade) e na biota conforme mostra a figura abaixo.

Figura 1 - Distribuição de água na Terra



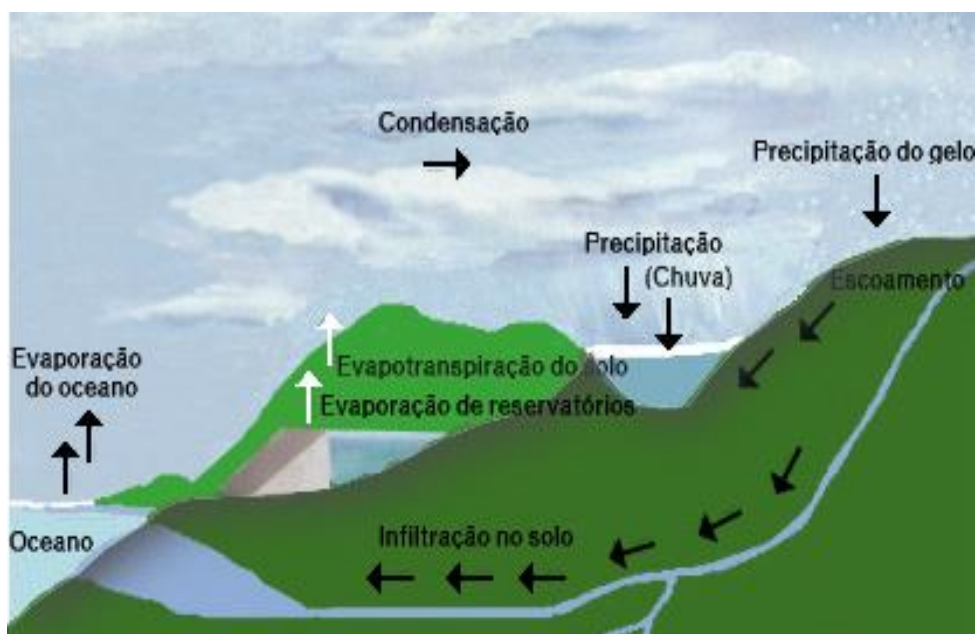
Fonte: Grassi, (2001)

Apesar da água doce ainda ser encontrada em grande quantidade no planeta, em algumas regiões do mundo, suprir a demanda de água já está se tornando um problema em função do acelerado crescimento populacional, principalmente urbano. De acordo com relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU, 2006), a atual população mundial é estimada em aproximadamente 6,5 bilhões de pessoas, tendendo a alcançar a marca de 9 bilhões em 2050, sobrecarregando ainda mais os sistemas de abastecimento de água. Com isso, cresce a necessidade da utilização de novas técnicas visando um melhor aproveitamento de água (WEIERBACHER, 2008).

Weierbacher (2008) explica que a água é a única substância que existe, em circunstâncias normais, nos três estados da matéria (sólido, líquido e gasoso) na natureza. A coexistência destes três estados implica que existam transferências contínuas de água de um estado para outro; esta sequência fechada de fenômenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera é denominado por ciclo

hidrológico. A Figura 2 demonstra o ciclo hidrológico para um melhor entendimento de como ele ocorre.

Figura 2 - Ciclo hidrológico



Fonte: www.ambientebrasil.com.br

O ciclo hidrológico, conforme Figura 2, através da evaporação das águas oceânicas e da precipitação, principalmente, é responsável pela reposição da água doce encontrada no planeta (MANAHAN, 1997).

Porém, como todos nós sabemos, a ocorrência de chuva no planeta se dá de forma bastante diferenciada. Regiões com regimes de precipitação bastante abundantes dão suporte a densas florestas. Outras regiões têm ocorrência de chuvas praticamente nula e se constituem em desertos. Em virtude disto, podemos imaginar volumes bastante variáveis de água circulando sobre diferentes regiões do globo. Em regiões com índices elevados de ocorrência de chuva, existe água suficiente para toda a biota natural, assim como para os seres humanos. Entretanto, em regiões mais secas, especialmente aquelas com elevada densidade populacional, existe um número crescente de conflitos em função das necessidades humanas e naturais. Existem ao redor do

planeta inúmeras situações de ecossistemas em estresse devido à escassez de água. Além disso, são também vários os casos de disputas existentes entre países que dispõem da mesma fonte de água que deve atender às demandas oriundas de atividades agrícolas, urbanas e industriais (ORTOLANO, 1997).

Quadro 1- Distribuição de Água em Nosso Planeta

Reservatórios	Volume aproximado de água, em Km³ de água	Porcentagem aproximada da água total
Oceanos	1 320 000 000	96.1
Glaciares	29 000 000	2.13
Água subterrânea	8 300 000	0.61
Lagos	125 000	0.009
Mares interiores	105 000	0.008
Umidade do Solo	67 000	0.005
Atmosfera	13 000	0.001
Rios	1 250	0.0001
Volume de água total	1 360 000 000	100%

Fonte: Adaptado de Nace U.S. Geológica, apud ROSA, 2007.

No nosso planeta, a água se apresenta em diferentes compartimentos, conforme mostra a Tabela 1 (USGS, 1999). A quantidade de água presente em cada um destes compartimentos, assim como o seu tempo de residência, varia bastante. Os oceanos se constituem no maior destes compartimentos, onde a água tem um tempo de residência de aproximadamente 3 mil anos. Eles são ainda a fonte da maior parte do vapor d'água que aporta no ciclo hidrológico. Sendo grandes acumuladores do calor oriundo do sol, os oceanos desempenham um papel fundamental no clima da Terra. O segundo maior reservatório de água do planeta são as geleiras e calotas polares. O continente Antártico contém cerca de 85% de todo o gelo existente no mundo. O restante pode ser encontrado no Oceano Ártico e ainda na Groenlândia. As águas subterrâneas encontram-se abaixo da superfície em formações rochosas porosas denominados aquíferos. Estas águas têm influência e também são influenciadas pela composição química e pelos minerais com os quais estão em contato. Os aquíferos são

reabastecidos pela água que se infiltra no solo e eventualmente flui para reservatórios que se localizam abaixo de seu próprio nível. Corpos de água doce em contato direto com a atmosfera compreendem lagos, reservatórios, rios e riachos. Coletivamente, estas águas são chamadas de superficiais. A concentração de sais na água faz com que as águas superficiais sejam divididas em duas grandes categorias. Águas doces se distinguem de águas salinas pelo seu baixo conteúdo de sais, sendo normalmente encontradas em rios e lagos (GRASSI, 2001).

De acordo com Victorino (2007) os problemas de gerenciamento da água de nossos rios nos mostram as desigualdades de distribuição da água no mundo, e nos apontam a Ásia como local onde 60% da população mundial vivem e têm a seu dispor apenas 36% das águas. A situação do consumo per capita nos deixa ver números alarmantes, mas, ao mesmo tempo, este fator ocasiona a prática do reuso da água.

Braga (2002) relata que além deste uso intenso e diversificado da água que gera alguns problemas relacionados à disponibilidade deste recurso, um outro problema está relacionado à baixa qualidade da água disponível devido a ações antrópicas. Entre essas ações estão lançamentos de esgoto doméstico in natura, deposição inadequada do lixo, falta de tratamento de efluentes industriais. Segundo a ONU, morrem por dia cerca de 25 mil pessoas no mundo, em consequência de doenças causadas pela ingestão de água inadequada.

A grande importância socioeconômica da água desperta um pensamento e uma necessidade de controle e manutenção da qualidade desse recurso tão valioso. O intenso uso da água e a poluição gerada contribuem para agravar sua escassez e resulta na necessidade crescente do acompanhamento das alterações da qualidade da água (BRAGA, 2002).

Por isso, uma alternativa para a solução deste problema é a coleta da água pluvial. Reusar a água traz benefícios porque reduz a demanda nas águas de superfície e subterrâneas além de proteger o meio ambiente, economizar energia, reduzir investimentos em infraestrutura e proporcionar melhoria dos processos industriais. O uso eficiente da água representa uma efetiva economia para consumidores, empresas e a sociedade de um modo geral (SILVEIRA, 2008).

2.1.1. A Água em Visão Nacional

O Brasil é o país com o maior percentual de água doce do planeta: 12%. Sendo 60% da água utilizada na agricultura, 17% para o consumo industrial, e 9% para o consumo doméstico. (BRASIL DAS ÁGUAS, 2017).

Contudo, o Brasil possui uma disponibilidade hídrica estimada em 35.732 m³/hab/ano, sendo considerado um país “rico em água”. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo (TOMAZ, 2001 apud. WEIERBACHER 2008).

Entre os países da América do Sul, o Brasil se destaca por possuir uma vazão média de água de 177.900 km³/ano, o que corresponde a 53% da vazão média total da América do Sul, conforme é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul

América do Sul	Vazão (Km ³ /ano)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros países	165.100	47
Total	343.000	100

Fonte: Tomaz (2001)

Conforme ANEEL (2007) são consideradas as principais bacias hidrográficas do Brasil as do Rio Amazonas, do Tocantins, Araguaia, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai. Sendo que a maior rede hidrográfica mundial é a da Bacia Amazônica, que abrange uma área de drenagem da ordem de 6.112.000 Km², ocupando cerca de 42% da superfície do território brasileiro, se estendendo além da fronteira da Venezuela à Bolívia.

Ainda verifica-se que no Brasil, que as regiões mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional. A exemplo disso pode-se citar a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira (GHISI, 2006). Onde a tabela 2 mostra a proporção de territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.

Tabela 2 – Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil

Região do Brasil	Área Territorial (%)	Disponibilidade de Água (%)	População (%)
Norte	45	69	8
Nordeste	18	3	28
Sudeste	11	6	43
Sul	7	6	15
Centro-Oeste	19	15	7

Fonte: Ghisi, 2006

A indústria brasileira utiliza a água de muitas formas:

- no sistema de ar-condicionado,
- na limpeza da fábrica e, principalmente,
- na refrigeração do vapor nas usinas termelétricas, dos gases quentes produzidos nas refinarias de petróleo ou na do aço quente fabricado nas aciarias. Embora a indústria use grandes quantidades de água, somente 2% desta não é recuperado. A maioria da água é canalizada de volta aos rios ou lagos de onde é tirada. A maioria das plantas que os seres humanos cultivam requerem grandes quantidades de água. Para obter trigo que dê para preparar uma fôrma de pão, por exemplo, são necessários 435 litros de água. Em geral, os seres humanos fazem suas plantações em lugar de chuvas abundantes. A

água que um país usa para irrigação tem importância em relação ao seu suprimento, pois a irrigação é um uso consultivo da água. As plantas absorvem a água pelas raízes, sendo ela, em seguida, eliminada através das folhas em forma de vapor d'água. O vento arrasta esse vapor, levando embora o que restou da água líquida. No Brasil, utilizam-se diariamente bilhões de litros de água para irrigação. Essa água provém de rios, lagos e açudes (BRASIL DAS ÁGUAS, 2017).

Contudo Victorino (2007) afirma que no Brasil, as zonas rurais estão esvaziando enquanto que, as cidades estão se tornando quase proibitivas para viver pois, atualmente, 82% da população é espremida nas zonas urbanas. Com isto a poluição toma outro rumo: dos agrotóxicos aos produtos one way. A poluição e a escassez generalizada exigem, de todos, mudanças de atitudes.

A cidade de São Paulo consome diariamente 250 milhões de litros de água por hora e, ao mesmo tempo, despeja, no poluído Tietê, quase 2 mil toneladas/dia de dejetos e, é sabido que, São Paulo não possui recursos hídricos suficientes, para suprir a população, o abastecimento é feito por recursos que vêm de fora do Estado.

Minas Gerais sofre enchentes que são causadas pelo assoreamento. No Rio de Janeiro, "Cidade Maravilhosa", apenas 40% dos esgotos recebem tratamento antes de serem jogados nos rios.

E não são apenas rios nacionais que sofrem com a insensatez do "ser pensante" (?), produtos químicos e altamente tóxicos são derramados nos cursos d'água sem o mínimo tratamento, até mesmo em países de primeiro mundo, onde, dizem, tudo é bem feito e sem erros. O problema da irrigação mal feita, o desperdício e o desmatamento, são fortes fatores da problemática que a humanidade enfrenta hoje em relação à água.

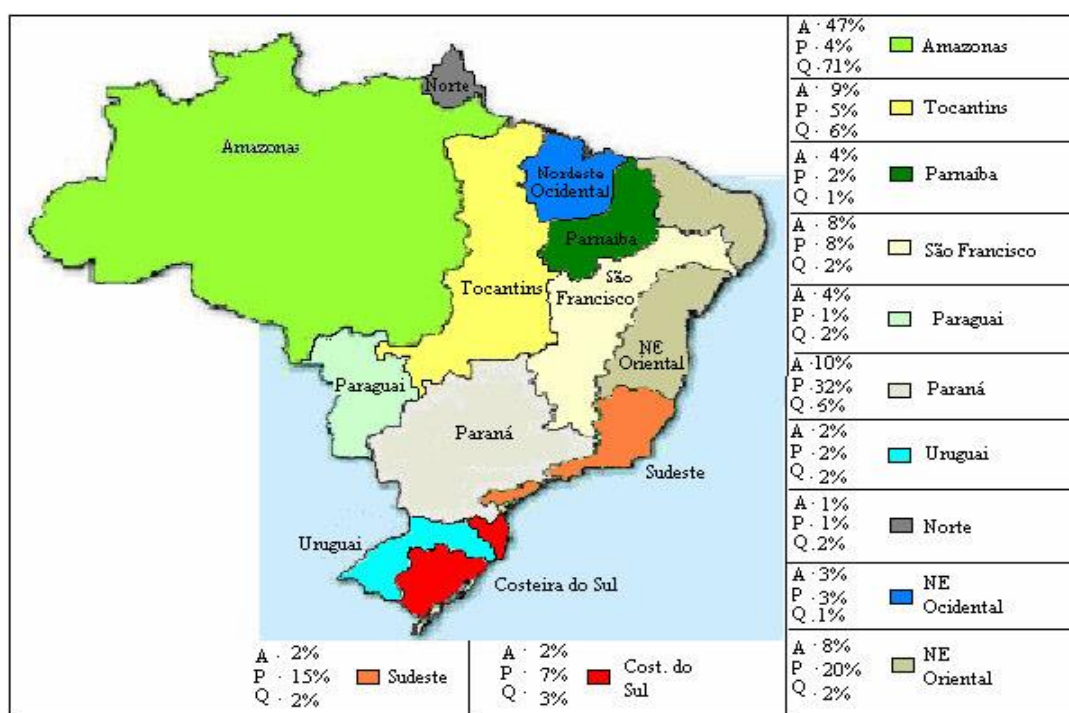
A legislação brasileira, com relação aos recursos hídricos, é uma das mais inovadoras em todo o mundo. No entanto, falta muito de consciência no cidadão (VICTORINO, 2007).

)

De acordo com Pompeu (2002) o Brasil possui uma das mais completas legislações sobre águas do mundo. Entretanto, desde a criação do Código das Águas, em 1934, a aplicação de normas e leis nele vigentes não tem sido devidamente aplicada. No Estado de São Paulo, a Constituição traça diretrizes que tem dado aos governantes condições para executarem boa política de gestão de recursos hídricos. Assim, os estados adquirem autonomia para melhor conduzir suas políticas de gestão de recursos hídricos.

No entanto estima-se que o Brasil possui 10% do total de água doce do mundo, tornando-o, em termos quantitativos, um dos mais ricos desse recurso no mundo. Observa-se também que há uma grande variação de distribuição, no tempo e no espaço, entre as diferentes regiões do país. Na Figura 3, vemos o Brasil dividido em regiões hidrográficas e percentuais de área, população e vazão média em relação ao país. A ilustração permite-nos uma visão clara da variação da distribuição da água pela população existente em cada região (ANA, 2002).

Figura 3 - Distribuição da Água



Fonte: Ana (2002)

Já no ponto de vista da SEMARH (2012), a água é o insumo mais necessário para o desenvolvimento socioeconômico das nações, sendo o principal bem a ser considerado no desenvolvimento sustentável e na saúde do meio ambiente. O aumento rápido da população urbana e da industrialização estão acarretando em graves problemas aos

recursos hídricos e a capacidade de proteção ambiental de muitas cidades. Apesar de que o Brasil tenha um dos maiores patrimônios hídrico do planeta, o Reuso de águas tem se tornado imprescindível, principalmente nos grandes centros urbanos, sendo que a demanda é limitada pela poluição. A composição sustentável procura a interação entre o ser humano e o meio ambiente, assim terá como resultado uma considerável diminuição na degradação de ambos.

Porém outro fator preocupante de acordo com Ghisi (2006) é a questão da má distribuição populacional em função das reservas hídricas. Os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Pode-se citar como exemplos a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira.

No entanto, a distribuição regional dos recursos hídricos é de 70% para a região Norte, 15% para o Centro-Oeste, 12% para as regiões Sul e Sudeste, que apresentam o maior consumo de água, e 3% para o Nordeste. Essa região, além da carência de recursos hídricos, tem sua situação agravada por um regime pluviométrico irregular e pela baixa permeabilidade do terreno cristalino (DNAEE, 2017).

2.2 Preservação do Meio Ambiente Como Tratamento da Água

As nascentes representam a maior riqueza de uma propriedade rural. Sua preservação garante, além da qualidade das águas, a regularidade de suas vazões. Elas são sistemas hidrológicos e são constituídas por áreas de recarga, onde as águas da chuva se infiltram no solo e abastecem o lençol freático e os olhos d'água que brotam na superfície da terra. Além disso, os cursos d'água são mantidos pelo lençol freático ao longo de seu percurso. Assim, para se preservar as nascentes, é necessário que as

áreas de recarga (áreas que mantêm o lençol freático), um quinto do topo dos morros, sejam mantidas com vegetação arbórea permanente, preferencialmente constituída pela vegetação nativa. Para preservar as nascentes, mantendo o volume e a qualidade das águas, cerqueas num raio de 50 metros, a partir do olho d'água. Para conservar ao longo dos cursos d'água, é necessário manter uma vegetação ciliar, cuja largura é estabelecida em função da largura do curso d'água. (BRASIL DAS ÁGUAS, 2017).

De acordo com o site Brasil das Águas (2017), para preservar os cursos d'água, podemos:

Em casa:

- Usar com moderação sabões em pó, detergentes e materiais de limpeza em geral.
- Manter torneiras e demais registros livres de vazamentos.
- Ligar o esgoto sanitário à rede pública de coleta e tratamento.
- Na falta de esgoto, manter fossa e filtro biológico em bom estado.
- Ter respeito às regras básicas de economia de água.
- Construir as fossas a mais de 15 metros de distância, sempre abaixo das nascentes.

No trabalho:

- Operar ou fazer operar adequadamente equipamentos de controle da poluição.
- Apontar problemas ambientais e buscar soluções.
- Buscar novas ideias e tecnologia.
- Considerar a questão ambiental em seus projetos.

Na Cidade:

- Nunca jogar lixo nas ruas.

Ainda, conforme a Secretaria do Meio Ambiente (1999), outra forma de controle da qualidade da água é a conscientização da população através da Educação Ambiental. Desde o primeiro momento em que os seres humanos começaram a interagir com o mundo ao seu redor e a ensinar seus filhos a fazerem o mesmo, estava havendo educação e educação ambiental.

E para Dias (2000), Educação Ambiental é definida como um processo no qual as pessoas aprendem como funciona o ambiente, como dependemos dele, como podemos interferir em seu equilíbrio e de que maneira podemos minimizar nossa interferência nesse sistema. Esta é um forte instrumento para garantir uma conservação futura dos recursos hídricos. Nos dias atuais, os indivíduos devem estar preparados para avaliar e identificar problemas ligados à questão ambiental.

E na visão da ABES - São Paulo (2013), a preservação do meio ambiente condiz em cuidar do planeta, a questão está diretamente ligada com o problema em questão o desperdício de água. Proveniente a esse cenário é necessário buscar uma solução que vem de prática antiga: reutilização da água. É realizado isso há um bom tempo, pois a água que bebemos de certa forma também é tratada e reutilizada. Entretanto, o desperdício imoderado vem sendo questionada pelos ambientalistas, uma vez que a abundância ao bem que pensam que tem, poderá e deve acabar no decorrer do tempo conforme relato pelos cientistas. Por isso, o reuso e o aproveitamento de água será a melhor provisão para evitar uma catástrofe mundial.

2.3 O Reuso da Água

Conforme a OMS (2005), o Reuso Planejado da Água faz parte da Estratégia Global para a Administração da Qualidade da Água, proposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e pela Organização Mundial da Saúde. Ela prevê o alcance simultâneo de três importantes elementos que são a proteção da saúde pública, a manutenção da integridade dos ecossistemas e o uso sustentado da água (REUSO, 2005).

O reuso da água seria, então, a utilização dessa substância por duas ou mais vezes, reproduzindo o que ocorre espontaneamente na natureza através do “ciclo da água”, com a finalidade de evitar que as indústrias ou grandes condomínios residenciais e comerciais continuem consumindo água limpa em atividades em que seu uso é

dispensável. Com isso, preserva-se a água potável para o atendimento exclusivo das necessidades que exigem sua pureza e para o consumo humano (ÁGUA, 2005).

Algumas aplicações para reuso da água ou da água reciclada incluem entre outros possíveis, os industriais, irrigação de lavouras, a irrigação de parques e jardins, campos de futebol, sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes, chafarizes, espelhos e quedas d'água, reserva de proteção contra incêndios, lavagem de trens e ônibus públicos, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades (ÁGUA, 2005).

De acordo com Crook (1993), quando se deseja reaproveitar a água da chuva, para qualquer fim específico, é importante saber que sua aceitabilidade depende diretamente de suas qualidades físicas, químicas e micro bióticas, podendo estas serem afetadas pela qualidade da fonte geradora, da forma de tratamento adotada, da confiabilidade no processo de tratamento e da operação dos sistemas de distribuição.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1973) os critérios de saúde para o reuso potável definem que não devesse existir nenhum coliforme fecal em 100ml, nenhuma partícula virótica em 1000ml ou nenhum efeito tóxico para seres humanos, entre outros critérios de potabilidade da água.

Os maiores problemas decorrentes do reuso da água são a tubercularização, a corrosão e entupimentos devidos à proliferação biótica. Ele sugere algumas soluções para problemas específicos, como a clarificação com cal ou precipitação com sulfato de alumínio para remoção de nutrientes. A troca tônica, que é eficaz na remoção da dureza da água. O ácido sulfúrico, que pode ser usado para o controle do pH e da alcalinidade, os poli fosfatos, para controle da corrosão, os fosfanatos ou os fosfatos de cálcio para a desestabilização, os poliacrilatos para a dispersão de sólidos em suspensão, o cloro para controle biológico, além de agentes antiespumantes para a dispersão das espumas causadas pelos fosfatos e por alguns compostos orgânicos (CROOK,1993).

Para TERA (2014), a água de reuso é um efluente que foi tratado, sendo um processo de transformação para purificação e tratamento especializado. Deverá seguir algumas normas de qualidade conforme especificações estabelecidas pela legislação

brasileira e pode ser utilizada para diversas finalidades, que não seja o consumo humano. Assim o reuso da água baseia-se no reaproveitamento da água potável após de ter cumprido sua função inicial, cada litro de água de reuso utilizado representa um litro de água potável conservada.

Já de acordo com a FIESP/ CIESP (2004), a conservação da água (uso racional) são práticas, técnicas e tecnologias que proporciona a melhoria e a eficácia do seu uso. Acrescer a eficiência do uso da água colabora de forma direta, crescimento da disponibilidade de bem para os demais usuários, torna flexível os suprimentos presentes para outros fins, bem como atendendo ao aumento populacional, a inserção de novas indústrias e à preservação e conservação do meio ambiente. Assim, as decisões de racionalização do uso e de reuso de água se integram com elementos essenciais em qualquer iniciativa de conservação.

Sendo assim de acordo com Strauss (1991) apud Mieli (2001) Reusar a água ou usar a água reciclada traz benefícios porque reduz a demanda nas águas de superfície e subterrâneas disponíveis. O uso da água de maneira mais eficiente protege o meio ambiente, economiza energia, reduz os investimentos em infraestrutura, ocasionando melhoria dos processos industriais. O uso eficiente da água representa uma efetiva economia para consumidores, empresas e a sociedade de um modo geral.

2.3.1 Formação das chuvas

A água presente na atmosfera em sua maior parte encontra-se na forma de vapor, e essa quantidade aumenta conforme a elevação da temperatura do ar. Para a formação das nuvens de chuva tem se um movimento ascendente de uma massa de ar úmido, conforme diminui a temperatura do ar criam-se pequenas partículas de água que vão dar origem as gotas de chuva, também há momentos em que essas partículas de água poderão se transformar em gelo. Essas partículas de água crescem até o momento em que começam a precipitar sobre a superfície da terra, em forma de chuva (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

2.3.2 Sistema de Captação de Água Pluvial

O aumento da densidade populacional nos centros urbanos aumenta a impermeabilização do solo. Com isso, grande parte da água que, em condições naturais, infiltraria e recarregaria os aquíferos, é encaminhada por escoamento superficial ao sistema de esgotamento pluvial destas áreas (TUCCI e GENZ, 1995).

De acordo com Aquastock (2005), a captação da água da chuva é uma prática muito difundida em países como a Austrália e a Alemanha, aonde novos sistemas vêm sendo desenvolvidos, permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante eficiente em termos de custo-benefício. A utilização de água de chuva traz várias vantagens:

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

E outras Vantagens de acordo com SIMIONI et al. (2004), podem ser citadas:

- Utiliza estruturas existentes na edificação (telhados, lajes e rampas);
- Baixo impacto ambiental;
- Água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento;

- Complementa o sistema convencional;
- Reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público.

Conforme a ABNT NBR 15527:2007, após o devido tratamento a água das chuvas podem ser utilizadas nos seguintes fins não potáveis: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais, a seguir um exemplo do uso de uma torneira de jardim com água da chuva.

De acordo com Aquastock (2008), o reaproveitamento eficiente da água da chuva não tem mistérios, mas são necessários alguns pequenos cuidados que tornam os sistemas mais seguros e de fácil manutenção. Abaixo se encontram os passos a serem seguidos na montagem do sistema de reaproveitamento da água:

1º Passo: Dimensionamento do Sistema

O primeiro passo para o reaproveitamento eficiente da água da chuva é o dimensionamento do sistema ideal para cada caso, a partir das necessidades e objetivos do usuário, da área de captação e das características da construção. A definição do tamanho e localização do reservatório é particularmente importante, pois este é o item mais oneroso do projeto e sua especificação correta pode representar uma importante economia. É necessária a coleta de informações por meio de entrevista com o cliente e levantamentos no local.

2º Passo: Modelo do Sistema

O segundo passo é definir o modelo do sistema de reciclagem, que pode ser feito de várias formas diferentes, dependendo da empresa contratada. Eles podem variar desde linhas que utilizam cisternas e filtros subterrâneos e apresentam soluções mais completas de reciclagem de água de chuva, às linhas mais simples, que utilizam filtros de descida e caixas d'água acima do nível do solo.

3º Passo: Fornecimento de Componentes

Com base no dimensionamento e na definição dos objetivos e características do sistema a ser implantado, o fornecedor especifica, integra e fornece os diversos

componentes necessários. O principal componente a ser especificado nesta etapa será o filtro por onde a água passará antes de ir para o reservatório.

4º Passo: Instalação do Sistema

A instalação fica por conta do fornecedor, que deve dispor de pessoal especializado para realizar a instalação de todos os componentes hidráulicos e também elétricos (no caso de utilização de bombas) dos sistemas.

E para Hansen (1996), para o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma residência, são necessários alguns dados referentes ao local onde o sistema será instalado, como: precipitação diária, dados de consumo diário de água por habitante, número de habitantes na residência e o uso que será dado ao aproveitamento da chuva.

Já para Silveira (2008) no caso de um sistema para suprir o uso interno e externo, os componentes devem incluir calhas para a captação da água do telhado, filtro, reservatório e bomba, além de outros acessórios, como freio d'água (para reduzir o turbilhonamento na cisterna), filtro flutuante (para garantir a qualidade da água coletada pela bomba) e multisifão (para evitar a entrada de insetos e roedores na cisterna).

Portanto a água pluvial advindo do sistema de captação, de acordo a norma ABNT NBR 15527 – 2007 (Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos) A água da chuva ela pode ser utilizada para fins não potáveis depois de um tratamento adequado como em descargas em bacias sanitárias, irrigação de lavagem doméstica em geral, gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

2.3.3 Calhas e Condutores

Sempre que possível as calhas de platibanda e de beiral devem ser fixadas na extremidade da cobertura. Essas calhas devem ser colocadas de forma que a declividade

seja uniforme e adotando como valor mínimo uma declividade de 0,5%. Há a necessidade de se instalar extravasadores quando não são aceitáveis transbordos nas calhas, para que essa água seja descarregada em local adequado. (ABNT, NBR 10844, 1989).

Ainda conforme a De acordo com a ABNT, NBR 10844, 1989, quando a saída da calha estiver a uma distancia menor que 4m de uma mudança de direção, deve se multiplicar a Vazão de projeto (Q), pelos seguintes coeficientes:

Tabela 3 – Coeficiente para dimensionamento de calhas

Tipo de curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2 e 4m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: ABNT, NBR 10844 (1989)

De acordo com Silva (2014), a água captada pela cobertura se dirige para o ponto mais baixo, seja o beiral ou o encontro com outros planos inclinados (encontro de águas) ou ralos, nestes devem ser instaladas as calhas que conduzem a água para as tubulações coletoras. As áreas de captação quando planas devem ser capazes de conduzir as aguas para um ponto em comum, normalmente um ralo, esse direcionamento é feito a partir do caimento. Para evitar que os detritos sólidos presentes nos telhados, como folhas e objetos, entrem nas tubulações e conseqüentemente nos reservatórios, é colocada a primeira proteção do sistema na conexão entre a e a tubulação, sendo que essa proteção pode ser um ralo hemisférico, conforme figura a seguir.

Ainda segundo descrito em ABNT, NBR 10844, 1989, os condutores horizontais sempre que possível devem ser instalados com declividade uniforme de no mínimo 0,5%, para calcular seu dimensionamento considera-se como lâmina de água a altura de 2/3 do diâmetro interno do tubo. Sempre que forem instaladas conexões, ou houver mudança de

direção na tubulação devem ser instaladas peças de inspeção, ou a cada 20m retilíneos de tubulação, o mesmo vale para a tubulação que está enterrada. Utilizando a fórmula de Manning-Strickler, e altura de lâmina de água igual a $2/3D$, chegou-se nas seguintes vazões:

Tabela 4 – Vazões de condutores verticais de acordo com a fórmula de Manning-Strickler

Diâmetro interno (D) (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT, NBR 10844 (1989)

2.3.4 Reservatório

De acordo com Casa Eficiente (2007), um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial é o reservatório, o qual deve ser dimensionado, tendo principalmente como base, os seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema. Ressalta-se que, a distribuição temporal anual das chuvas é uma importante variável a ser considerada no dimensionamento do reservatório.

Sendo que esses critérios são importantes, porque em geral o reservatório de armazenamento é o componente mais dispendioso do sistema de aproveitamento de água pluvial. Desta forma, para não tornar a implantação do sistema inviável, deve-se ter

cuidado para um correto dimensionamento do reservatório. Dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento da água de chuva poderá ser realizado para atender a demanda em períodos curtos, médios ou longos de estiagem (MAY et al., 2004).

E para Aquastock (2008), o tamanho dos reservatórios é definido levando-se em conta a previsão de consumo, a superfície de captação e o período máximo de estiagem previsto para a região. Pode-se optar ainda por complementar o abastecimento por água de chuva com alimentação da rede pública, ligando os dois sistemas.

De acordo com Tomaz (2003), a quantidade de água pluvial que pode ser armazenada depende do tamanho da área de captação, da precipitação pluviométrica do local e do coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de *runoff*. Como o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que precipitado, o coeficiente de escoamento superficial indica o percentual de água de chuva que será armazenada, considerando a água que será perdida devido à limpeza do telhado, evaporação e outros.

Marinoski (2007) diz que o reservatório de acumulação da água pluvial é um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial, o qual deve ser dimensionado, principalmente considerando os seguintes fatores: demanda de água pluvial, áreas de captação, precipitação pluviométrica e custos totais de implantação.

O algoritmo do programa Netuno (2004), desenvolvido para verificar o potencial de economia de água potável obtido pelo uso de água de chuva, foi utilizado para estimar a economia apresentada para diferentes volumes de reservatório até se alcançar o mais viável. As variáveis de entrada necessárias para utilizar o programa Netuno são:

- Consumo diário *per capita* de água potável;
- Área de captação do telhado;
- População total;
- Coeficiente de perdas;
- Dados diários de precipitação pluviométrica;

- Percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial;
- Volume do reservatório inferior;
- Volume do reservatório superior.

O reservatório de água pluvial, dependendo das características locais e especificidades de uso, pode estar localizado elevado ou enterrado no solo, ou ainda sobre o solo. O reservatório elevado não necessita de bombeamento da água para o abastecimento da edificação, porém exige uma estrutura para sustentação. Nos reservatórios sobre ou sob o solo não é necessária estrutura de sustentação, porém o abastecimento exige bombeamento ou acesso facilitado à água (MANO, 2004).

Figura 4 - Esquema de instalação da linha Europa de reservatório



Fonte: AQUASTOCK (2008)

2.3.5 O Uso na Residência

O consumo de água em uma residência está dividido em vários itens, como chuveiro, lavagem de roupas, irrigação de jardins, lavagem em geral, torneiras entre

outras (DECA, 2004). Em um estudo de caso realizado de acordo (OLIVEIRA, 2004 *apud* VIDAL, 2002) determina o percentual final do uso hídrico de cada parte doméstico.

Porcentagem de água consumida por atividade doméstica para um consumo diário de 200 litros por habitante.

Quadro 2 - Consumo diário por atividade

Aparelhos	Consumo (%)
Vaso Sanitário	41
Chuveiro	37
Limpeza de Casa	3
Máquina de Lavar	4
Irrigação de Jardim	3
Lavagem de Carro	1

Fonte: OLIVEIRA (2004)

Prever a quantidade exata de água utilizada em uma residência é muito difícil devido a vários fatores que influenciam na utilização dessa água. Nos Estados Unidos têm-se esses valores estipulados, no Brasil ainda não se tem um estudo exato no consumo de água em uma residência (TOMAZ, 2003).

2.3.6 Bacias Sanitárias

Cada vez mais se fala na utilização correta da água, evitando danos ao meio ambiente e sua proteção. A utilização da água da chuva para fins não-potáveis é um fator muito importante à se levar em consideração. Países industrializados como Japão e Alemanha utilizam esse método em larga escala, realizando altos investimentos em sistemas de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, principalmente em descargas de bacias sanitárias (TOMAZ, 2003).

Tomaz (2003) tomou como exemplo, para fins de cálculo de consumo em uma bacia sanitária, uma residência ocupada por 5 pessoas, e estas ocupariam a bacia sanitária 5 vezes durante o dia, estipulando que se tenha um vazamento de água de 8%

em cada descarga. Executando o cálculo da forma demonstrada abaixo chega-se ao consumo mensal de 7290 L/mês.

- 5 pessoas x 5 descargas/pessoa/dia x 9 litros/descarga x 1,08 (vazamentos) x 30 dias = 7290 L/mês.

2.3.7 A Qualidade D'água da Chuva

De acordo com a ABNT, NBR 15527, 2007, a qualidade da água da chuva para aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis deve respeitar os parâmetros apresentados no quadro 3.

Quadro 3 – Parâmetros de qualidade da água da chuva para fins não potáveis

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

Fonte: ABNT, NBR 15527 (2007)

A desinfecção é realizada de acordo com o critério do projetista, pode-se utilizar derivados de cloro, raios ultravioleta, ozônio, entre outros. Em situações onde se torna necessário um residual desinfetante, utiliza-se derivados de clorado (ABNT, NBR 15527, 2007).

2.3.8 Implantação e Legislação do Sistema de Captação de Água da Chuva

De acordo com Aquastock (2008), o reaproveitamento eficiente da água da chuva não tem mistérios, mas são necessários alguns pequenos cuidados que tornam os sistemas mais seguros e de fácil manutenção. Abaixo se encontram os passos a serem seguidos na montagem do sistema de reaproveitamento da água:

- 1º Passo: Dimensionamento do Sistema
- O primeiro passo para o reaproveitamento eficiente da água da chuva é o dimensionamento do sistema ideal para cada caso, a partir das necessidades e objetivos do usuário, da área de captação e das características da construção. A definição do tamanho e localização do reservatório é particularmente importante, pois este é o item mais oneroso do projeto e sua especificação correta pode representar uma importante economia. É necessária a coleta de informações por meio de entrevista com o cliente e levantamentos no local.
- 2º Passo: Modelo do Sistema
- O segundo passo é definir o modelo do sistema de reciclagem, que pode ser feito de várias formas diferentes, dependendo da empresa contratada. Eles podem variar desde linhas que utilizam cisternas e filtros subterrâneos e apresentam soluções mais completas de reciclagem de água de chuva, às linhas mais simples, que utilizam filtros de descida e caixas d'água acima do nível do solo.
- 3º Passo: Fornecimento de Componentes
- Com base no dimensionamento e na definição dos objetivos e características do sistema a ser implantado, o fornecedor especifica, integra e fornece os diversos componentes necessários. O principal componente a ser especificado nesta etapa será o filtro por onde a água passará antes de ir para o reservatório.
- 4º Passo: Instalação do Sistema
- A instalação fica por conta do fornecedor, que deve dispor de pessoal especializado para realizar a instalação de todos os componentes hidráulicos e também elétricos (no caso de utilização de bombas) dos sistemas.

E de acordo Hansen (1996), o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma residência, são necessários alguns dados referentes ao local onde o sistema será instalado, como: precipitação diária, dados de consumo diário de água por habitante, número de habitantes na residência e o uso que será dado ao aproveitamento da chuva.

Já para Silveira (2008) no caso de um sistema para suprir o uso interno e externo, os componentes devem incluir calhas para a captação da água do telhado, filtro, reservatório e bomba, além de outros acessórios, como freio d'água (para reduzir o turbilhonamento na cisterna), filtro flutuante (para garantir a qualidade da água coletada pela bomba) e multisifão (para evitar a entrada de insetos e roedores na cisterna).

Portanto a água pluvial advindo do sistema de captação, de acordo a norma ABNT NBR 15527 – 2007 (Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos) A água da chuva ela pode ser utilizada para fins não potáveis depois de um tratamento adequado como em descargas em bacias sanitárias, irrigação de lavagem domestica em geral, gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'agua e usos industriais.

Conforme a ABNT NBR 15527:2007, após o devido tratamento a água das chuvas podem ser utilizadas nos seguintes fins não-potáveis: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais, a seguir um exemplo do uso de uma torneira de jardim com água da chuva.

Para a normatização nacional do aproveitamento de água de chuva, foi criada em 2007, pela associação brasileira de normas técnicas a ABNT NBR 15527 e intitulada como “Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis”. Esta norma trata das instalações prediais, da qualidade da água para usos não potáveis, bombeamento e manutenção do sistema (NBR 15527/2007). Além disso, apresenta seis métodos para o dimensionamento do volume do reservatório, sendo que fica a critério do projetista o método a ser utilizado ou mesmo algum outro procedimento

de cálculo, desde que sejam atendidos os critérios técnicos, econômicos e ambientais (BEZERRA, et al, 2010). Anterior à criação da norma NBR 15527/2007, outras legislações eram utilizadas como parâmetro para qualidade da água. Dentre elas a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA No 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. A resolução estabelece, para águas doces, cinco classes para uso, sendo que para cada classe estão estipulados valores máximos de parâmetros que devem ser respeitados para garantir a qualidade da água para os usos previstos (HAGEMANN, 2009).

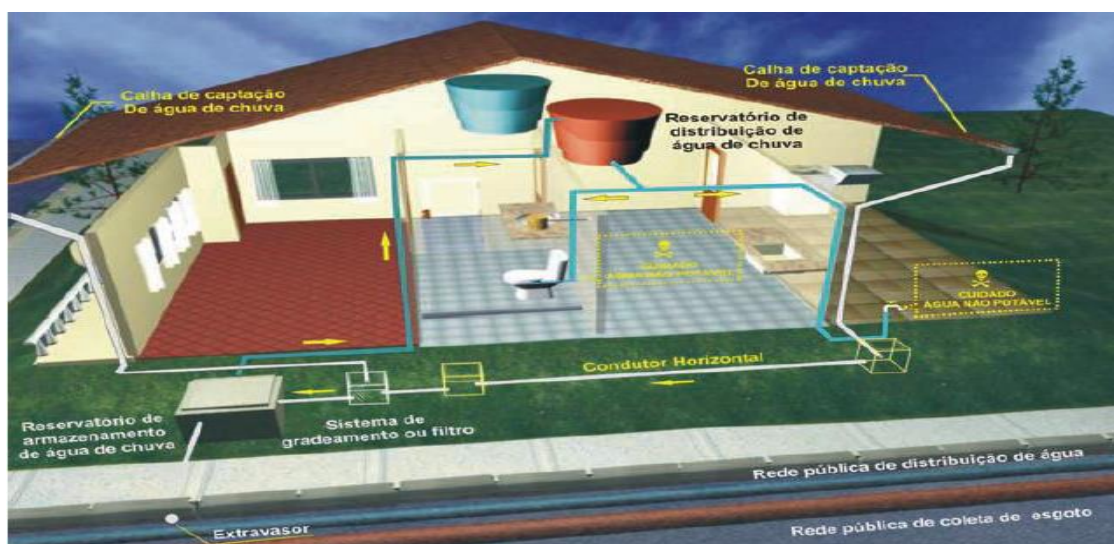
Essa norma cita várias definições e critérios para dimensionar calhas e condutores em sistemas de águas pluviais. Ela fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações desses sistemas, visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidades, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. Se aplica a drenagem de águas pluviais em coberturas, terraços e quintais.(NBR 10844, 89).

2.3.9 Funcionamento e Disposição do Sistema

De acordo com Teston (2012), o aproveitamento de água de chuva é composto por um sistema relativamente simples que se caracteriza pela coleta de água das áreas impermeáveis, geralmente de coberturas, seu transporte e armazenamento. Este armazenamento pode ser feito através de uma cisterna no piso ou diretamente na caixa d'água elevada. Usualmente a cisterna é utilizada quando há a necessidade de armazenamento de um volume muito grande de água ou quando não há altura suficiente da cobertura para a coleta direta das calhas até o reservatório. Da cisterna a água pode ser conduzida até um reservatório superior através de bombeamento (Figura 05) ou diretamente para os pontos de utilização empregando um pressurizador (geralmente quando a água é utilizada apenas para torneiras de jardim). A caixa d'água elevada é utilizada sem o apoio de uma cisterna quando é possível fazer a coleta direta das calhas

até o reservatório e a estrutura está dimensionada para suportar a carga gerada pelo volume d'água (Figura 05).

Figura 5 - Esquema ilustrativo de um sistema de aproveitamento de água de chuva com utilização de cisterna e bombeamento para reservatório superior



Fonte: OLIVEIRA *et al*, 2007

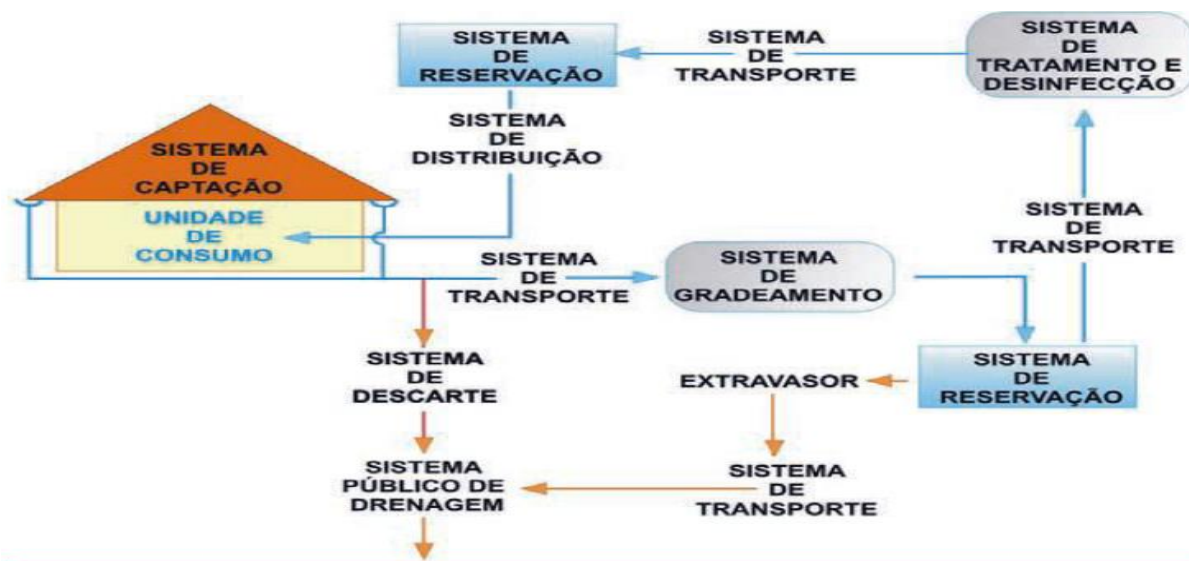
Figura 6 - Esquema ilustrativo do aproveitamento de água de chuva com transporte direto da calha a um reservatório superior



Fonte: CICLO D'ÁGUA *apud* TESTON, 2009

A figura 07 representa um esquema ilustrativo sobre os elementos que fazem parte do sistema de aproveitamento de água da chuva, com uso de cisterna e caixa d'água elevada:

Figura 7 - Esquemática de um sistema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: OLIVEIRA *et al*, 2007

3 DESENVOLVIMENTO

No presente trabalho o objetivo vem a ser dimensionar e avaliar um sistema de reaproveitamento da água da chuva para descarga de bacias sanitárias em edificações residenciais, fez se então a escolha de uma residência para a realização do projeto de implantação de um sistema de aproveitamento da água da chuva, e assim, um posterior levantamento de custos de implantação e análise de sua viabilidade econômica.

3.1 Determinação da Edificação

Para a realização do presente trabalho escolheu-se uma residência exemplo, onde fosse possível efetuar a realização de um projeto de captação da água da chuva com reutilização em bacias sanitárias.

A edificação escolhida é uma residência localizada no município de Bauru, a edificação é constituída apenas por pavimento térreo, compreendendo uma área total de 74,12 m² de área construída. A residência não possui sistema de reutilização de água da chuva, foi utilizada apenas como exemplo para a elaboração do projeto e avaliação do mesmo.

Da parte que compreende a realização do projeto de captação da água da chuva tem-se 94,87m², que corresponde à área de cobertura, ou seja, a superfície de captação.

3.2 Índices de chuva em Bauru

Para levantamento dos índices de chuva utilizou-se o banco de dados do IPMET - Instituto de Pesquisas Meteorológicas. Os dados coletados pertencem ao município de Bauru.

De acordo com o IPMET - Instituto de Pesquisas Meteorológicas (2017); os índices pluviométricos seguem conforme tabela abaixo:

Quadro 4 - Precipitação Acumulada

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2017	462.0	137.9	135.9	119.1	218.7	22.4	0.0	66.3				
2016	380.2	351.3	118.9	37.8	110.2	94.0	9.1	61.7	24.6	103.6	91.2	143.8
2015	182.4	134.1	251.5	46.7	125.2	0.0	88.1	21.6	220.2	123.4	260.1	259.8
2014	104.6	132.3	125.5	74.4	63.8	0.5	30.5	22.4	125.0	37.3	116.6	257.0
2013	284.0	162.8	192.0	105.9	144.8	78.0	39.9	0.0	66.3	135.1	171.2	54.6
2012	262.1	81.8	177.0	192.3	83.8	197.6	11.4	0.0	94.7	51.8	138.2	121.9
2011	496.1	173.7	144.5	89.2	31.5	45.7	7.9	40.4	3.0	209.3	135.9	207.5
2010	213.4	42.7	55.1	88.9	33.0	29.2	88.6	0.0	92.7	132.6	86.4	218.9
2009	253.7	149.1	117.1	8.1	45.0	51.6	67.8	91.4	121.2	130.1	229.9	319.5
2008	213.4	149.9	92.2	125.2	73.9	58.2	0.0	54.1	29.7	129.8	107.9	132.3
2007	327.2	177.0	42.4	55.9	45.0	3.3	239.5	0.0	3.0	51.3	219.7	182.6
2006	166.1	263.1	43.7	12.2	13.7	12.2	34.3	15.5	62.5	7.4	65.5	251.0
2005	363.2	89.4	119.6	21.3	70.4	47.2	7.1	16.5	39.4	10.7	63.8	190.2
2004	189.0	137.2	48.3	65.8	105.4	16.0	43.9	0.0	4.1	98.8	11.7	174.2
2003	366.3	138.2	84.3	158.8	34.8	47.2	12.4	29.7	14.5	82.3	138.2	202.9
2002	158.2	196.3	24.4	17.3	81.0	0.0	33.8	52.6		14.7	122.7	169.9
2001	310.6	188.7	115.3	11.2	77.7	45.7	38.6	42.2	26.9	45.2	35.1	231.6

Fonte: IPMET, 2017

Na tabela 8 onde, se é exibido o valor acumulado de chuva para cada mês, em que em janeiro deste ano se teve um dos maiores níveis de chuva (462,0 mm) nos últimos cinco anos.

Estes índices relatados na Tabela 8 servem como referência para verificar a viabilidade do estudo que é feito neste trabalho.

Por meio da Tabela 8, foi verificado que em janeiro é um mês mais chuvoso, numa média dos últimos dez anos, contando como ano cheio o ano de 2016 até o ano de 2006, tendo uma média de 262,1 mm e contando como dezembro o segundo mês mais chuvoso com 195,35 mm, tudo para estudo de viabilidade vide cálculo de média da Tabela 9.

Quadro 5 – Média da Precipitação Acumulada de 2006 a 2016

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2016	380.2	351.3	118.9	37.8	110.2	94	9.1	61.7	24.6	103.6	91.2	143.8
2015	182.4	134.1	251.5	46.7	125.2	0	88.1	21.6	220.2	123.4	260.1	259.8
2014	104.6	132.3	125.5	74.4	63.8	0.5	30.5	22.4	125	37.3	116.6	257
2013	284	162.8	192	105.9	144.8	78	39.9	0	66.3	135.1	171.2	54.6
2012	262.1	81.8	177	192.3	83.8	197.6	11.4	0	94.7	51.8	138.2	121.9
2011	496.1	173.7	144.5	89.2	31.5	45.7	7.9	40.4	3	209.3	135.9	207.5
2010	213.4	42.7	55.1	88.9	33	29.2	88.6	0	92.7	132.6	86.4	218.9
2009	253.7	149.1	117.1	8.1	45	51.6	67.8	91.4	121.2	130.1	229.9	319.5
2008	213.4	149.9	92.2	125.2	73.9	58.2	0	54.1	29.7	129.8	107.9	132.3
2007	327.2	177	42.4	55.9	45	3.3	239.5	0	3	51.3	219.7	182.6
2006	166.1	263.1	43.7	12.2	13.7	12.2	34.3	15.5	62.5	7.4	65.5	251
Médi a 10 anos (mm)	262.1	165.2	123.6	76.0	69.9	51.8	56.1	27.9	76.6	101.0	147.5	195.3

Fonte: Os autores (2017)

O volume pluviométrico da região de Bauru de acordo com a tabela 10 no anexo da referida norma temos que o valor “I” para chuvas intensas para a cidade de Bauru/SP, considerando um tempo de retorno de 25 anos, é de 148 mm/h.

Tabela 5 – Intensidade Pluviométrica de acordo com a NBR 10844/1989

Local	Intensidade pluviométrica em(mm/h)		
	Período de retorno em anos		
	1	5	25
1 Alegrete/RS	174	238	313 (17)
2 Alto Itatiaia/RJ	124	164	240
3 Alto Tapajós/PA	168	229	267 (21)
4 Alto Teresópo/RJ	114	122	137 (3)
5 Aracaju/SE	116	122	126
6 Avaré/SP	115	144	170
7 Bagé/RS	126	204	234 (10)
8 Barbacena/MG	156	222	265 (12)
9 Barra Corda/MA	120	128	152 (20)
10 Bauru/SP	110	120	148 (9)
11 Belém/PA	138	157	185 (20)

12 Belo Horizonte/MG	132	227	230 (12)
13 Blumenau/SC	120	125	152 (15)

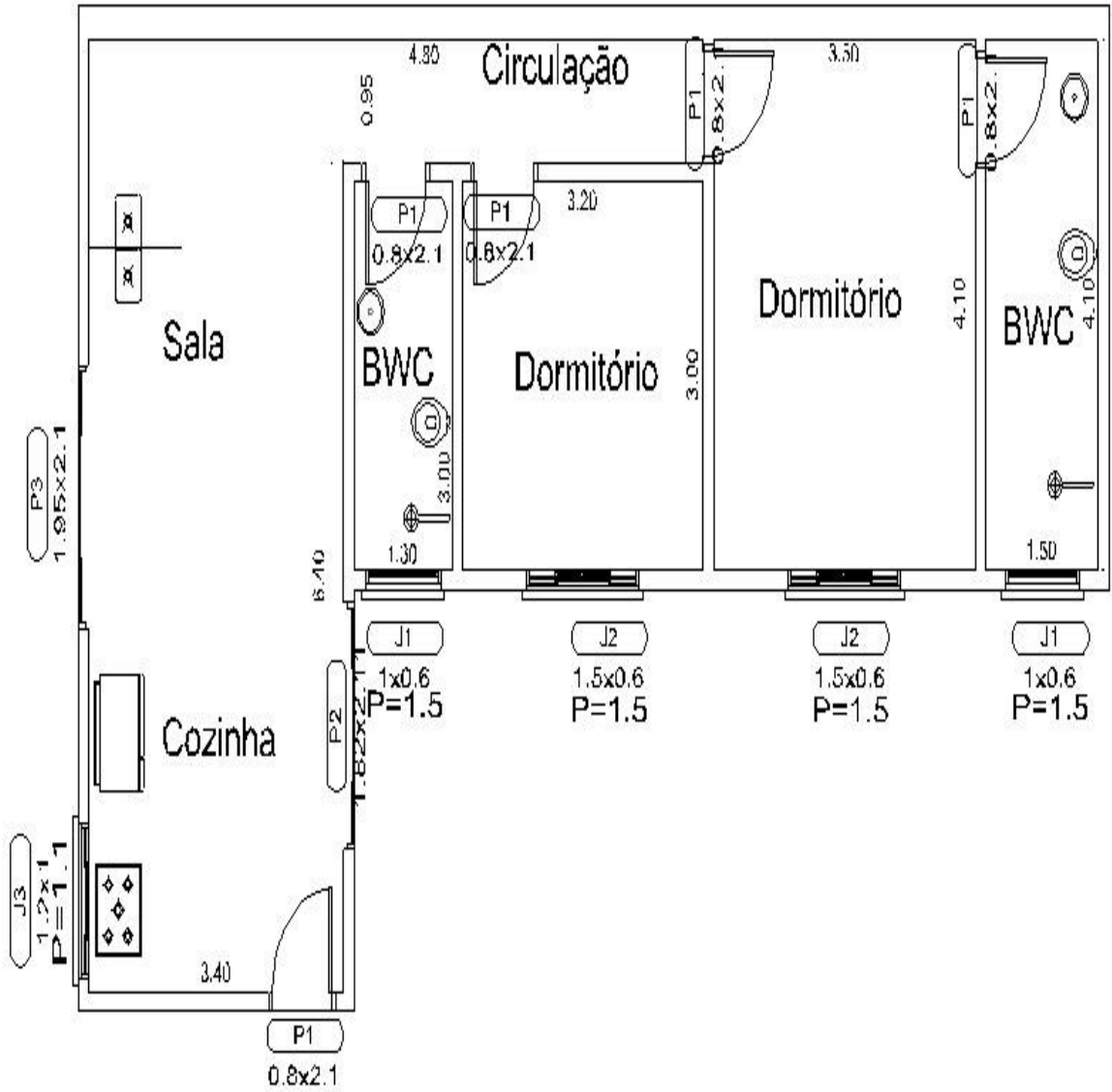
Fonte: NBR 10844/1989

3.3 Sistema de Coleta e Armazenamento

3.3.1 Áreas de Coleta

A área de coleta vem a ser a área de cobertura da casa-projeto.

Figura 8 - Planta baixa residência com área de 74,12 m²



Fonte: Os autores (2017)

3.4 Coleta da Água Pluvial

3.4.1 Dimensionamento de Calha e Tubos Para a Captação de Águas Pluviais

De acordo com a norma NBR 10844/1989 que trata de “Instalações prediais de águas pluviais”, foi feito o dimensionamento da calha, sendo esta uma norma específica para esse estudo.

Para o dimensionamento deve-se ter em mãos dados como volume pluviométrico, área do telhado, inclinação da calha, material usado para fazer a calha, curvas ao trajeto por onde a calha passará.

O primeiro milímetro de água da chuva é separado antes de ir para a cisterna. A água desce pela tubulação e enche a serpentina de tubos, com isso as impurezas que estão na cobertura do imóvel, ficam armazenadas. Ao encher, a água do segundo milímetro em diante, é desviada para a cisterna através de um “Tê”, logo acima.

3.4.2 Cálculo da Vazão conforme área de Captação

A área do telhado = 94,87 m²

Qt = Vazão total

Qt = Intensidade pluviométrica da cidade (IPC) * área do telhado (AT) / 60 minutos

Qt = (IPC * AT) / 60min

Qt = (148* 94,87) / 60 = 234,01 L/min.

Para o dimensionamento do sistema de captação deve-se dividir o telhado em duas partes, ou seja, duas áreas, pois segundo o projeto o telhado consiste de duas

águas; sendo assim cada área possui 47,43 m². O método utilizado a obtenção da vazão Q de acordo com norma NBR 10844/1989.

Para uma água do telhado, tem-se $Q = (IPC * AT/2) / 60\text{min}$ $Q = 148 * 47,43 / 60 = 116,99 \text{ L/min}$.

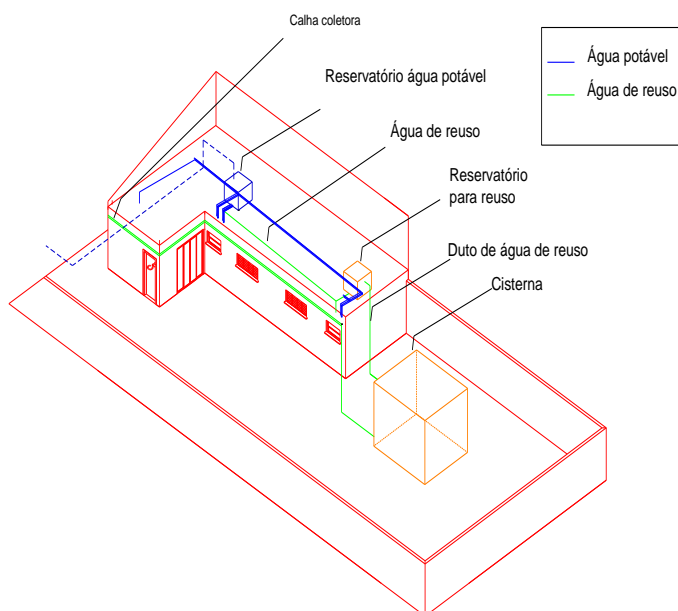
A inclinação da calha será de 1 %, para atender a caída necessária segundo a norma.

O material utilizado na calha é metal, o diâmetro da calha é de 75 mm com capacidade de 133 L/min³, foi escolhida essa medida, considerando a vazão de água nessa região da calha em comparação com a Tabela 1 Distribuição de recursos hídricos.

$$Q = 116,99 / 2 = 58 \text{ l/min}$$

Com essa vazão, o diâmetro de calha adequado ao uso é de 75 mm, tendo uma sobra na sua capacidade máxima de 75 l/min, essa sobra fica como um fator de segurança para eventualidades que pode ocorrer, como por exemplo, entupimento parcial de algum dos tubos verticais, sujeira na calha, chuva muito acima da média estimada, etc. (Capacidade da calha de 75 mm) – (vazão de área local) 133 l/min – 58 l/min = 75 l/min. A calha no telhado possui uma saída de água (condutor vertical).

Figura 9 - Sistema captação de Água Pluvial



Fonte: Os autores (2017)

3.4.3 Cálculo dos componentes do sistema

A coleta da água da chuva vem a ser de suma importância durante a concepção de projetos, o que pode vir a permitir um sistema integrado à edificação e calculado de acordo com necessidades reais. O sistema é muito simples e se resume à coleta da água da chuva através das calhas e rufos do telhado, que se encaminham diretamente para um reservatório superior, de onde segue para os vasos sanitários. Para tanto, foi construído um reservatório inferior com capacidade para 16.000 litros, que pode aproveitar parte da estrutura inferior da casa permitindo grande economia na estruturação do sistema. Além deste, também foi instalado um reservatório superior com capacidade para 2.000 litros, para atendimento exclusivo dos vasos sanitários. A tubulação utilizada foi a mesma que se utiliza normalmente para a coleta pluvial e o abastecimento de água, variando de 75 a 100 mm na captação.

- Precipitação média da cidade de Bauru: 1353 mm/ano (média tabela 9)
- Área de captação: 94,87 m²

Volume total que o sistema capta sem perdas: $1353 \text{ mm} \times 94,87 \text{ m}^2 = 128.359$ litros/ ano.

Volume real “com perdas” = (volume total) – (20% que é o parâmetro de perda).
 Volume real = $128.359 - 25671 = 102.687$ litros/ano.

Para cada mês essa quantia será aproximadamente de $102.687 / 12 = 8.557$ litros/mês.

Sabendo-se que o consumo mensal de água não potável para utilização em bacias sanitárias do projeto de uma casa com 5 pessoas é de 7290 litros por mês e, a capacidade captável é de 8.557 litros/ mês; esse resultado demonstra que o sistema vem a ser satisfatório, em quantidade hídrica, ou seja, não faltará água não potável.

De acordo com o método Azevedo Neto retirado da norma (ABNT NBR 15527) é possível calcular o volume da cisterna, que será suficiente para suprir a necessidade do projeto.

Fórmula do método $V = 0,042 \times P \times A \times T$ onde:

- P é a precipitação média anual, em milímetros.
- T é o número de meses de pouca chuva ou seca
- A é a área de coleta, em metros quadrados.
- V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.
- Quantidade de meses com pouquíssima ou nenhuma chuva: 2 meses de acordo com IPMet.

- $V = 0,042 \times P \times A \times T$

$$V = 0,042 \times 1353 \times 94,87 \times 2 = 10.782 \text{ litros}$$

Analisando o volume captável que é de 8.557 litros/mês, o volume necessário para suprir as necessidades de água não potável que será utilizado em bacias sanitárias da casa de 7.290 litros/mês e o volume calculado da cisterna 10.782 litros, nota-se que não haverá problemas, pois a quantia gerada pelo sistema de água não potável é maior que a demanda e também abaixo do volume total de armazenamento.

A cisterna tem um volume muito maior que o volume gerado pelo fato da mesma armazenar água o suficiente na época das chuvas para que no período de estiagem não falte água.

Conforme o volume que deverá ser armazenado na cisterna segundo o cálculo executado que resultou em 10.782 litros; o sistema irá dispor de uma cisterna localizada no solo e uma caixa d'água no telhado.

Para se evitar uma sobrecarga elevada sobre os pilares ou paredes, resolveu-se não adotar um reservatório superior muito volumoso, optando-se por uma caixa d'água de 2000 litros na parte superior e uma cisterna de 16000 litros como reservatório inferior.

3.5 Cálculo para dimensionamento da Bomba Hidráulica

Nesse processo definira-se, qual será a bomba adequada, em termos de vazão, potência, perdas de cargas, diâmetro da tubulação e que funcionará bem com o tipo de funcionalidade pertinente ao projeto, no caso específico, bombeamento de água pluvial.

A função da bomba hidráulica, necessariamente é de transportar a água da cisterna até a caixa de água sobre a casa. Um processo muito simples, mas que devem ter alguns cuidados na sua escolha. Um dos fatores que conta na hora da escolha é a vazão, a altura manométrica, perdas de cargas e tipo de água (água com detrito ou sem, esgoto, etc.)

- Primeiro passo é achar a vazão

$$Q = V / T$$

$$Q = 243/2 * 3600 = 0.03375 \text{ l/s ou } 3,375^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Segundo passo o diâmetro do tubo de recalque

$$D_{rec} = 1,3 \sqrt[4]{\frac{T}{DIA}} \sqrt{Q}$$

$$D_{rec} = 1,3 \sqrt[4]{\frac{2}{24}} * \sqrt{3,375^{-5}} = 0.033 \text{ m ou } 33 \text{ mm}$$

De acordo com a tabela do fabricante, pode-se adotar o diâmetro interno de 35,2 mm, ou seja, bitola de 40 mm.

O diâmetro de recalque interno é de 44 mm, então a bitola da tubulação de sucção será de 50 mm, pois sempre o tubo de sucção terá um diâmetro acima.

3.5.1 Diâmetro do Extravassor (Ladrão)

Adota-se um diâmetro acima do diâmetro do recalque, ou seja, diâmetro interno 53.4 mm, sendo assim, bitola de 60 mm.

Quadro 6 – Perdas de Carga para Recalque

1 válvula de retenção vertical	8,1m
3 joelhos de 90 graus	3 * 2,0 = 6,0m
1 registro de gaveta pvc	0.8m
Saída da canalização	3.3m
Canalização de recalque	8.20+5.6+4.10 = 17.90m
Comprimento virtual	36.10m

Fonte: Os autores

3.5.2 Cálculo de Perda de Carga – Método de Fair-Whipple-Hisao para o diâmetro de 25mm

$$J = \frac{Q^{1.75}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

Onde:

$$Q = \text{vazão} = 3,375 \text{ m}^3 / \text{s}$$

D= diâmetro interno = 44 mm ou 0.044 m

$$J = 10.643 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} =$$

$$J = 10.643 \frac{3,375^{-5^{1,85}}}{130^{1,85} * 0,044^{4,87}} =$$

$$= 0,07$$

Para 36,10 m temos que

$$J = 36,10 * 0,07 = 2,53 \text{ m}$$

Quadro 7 – Perdas de Cargas de Sucção

Válvula de pé	18,3m
Curva de 90 graus	0.7m
Comprimento da tubulação	5.80+1.00 = 6.80m
Comprimento virtual	25.80m

Fonte: Os autores

3.5.3 Cálculo de Perda de Carga – Método de Fair-Whipple-Hisao

$$J = \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

$$Q = \text{vazão} = 3,375^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = \text{diâmetro interno} = 35,2 \text{ mm ou } 0.0352 \text{ m}$$

$$J = 0.07$$

Portanto $J_s = (\text{comprimento virtual} * j)$

$$J_s = (25.80 * 0.07) = 1.80 \text{ m}$$

3.5.4 Cálculo da Altura Manométrica (HM)

Altura de sucção AS = 1.80 m

Altura de recalque AR = 2.53 m

$$HM = AS + AR + HV$$

Onde:

AS = perda de carga de sucção

AR = perda de carga do recalque

HV = altura vertical da tubulação

$$HM = 8.20 + 4.10 + 1.80 + 2.53 = 16.63 \text{ m}$$

3.5.5 Potência da Bomba

$$P_m = \frac{Y * Q * HM}{75 * N}$$

Onde:

Y = peso específico do líquido (água = m^3)

Q = vazão

HM = altura manométrica

N = rendimento da bomba (essa bomba tem um rendimento de 57%)

$$P_m = \frac{1000 * (3,375^5) * 16,63}{75 * 0,57}$$

$$P_m = 0,89$$

O projeto de dimensionamento de bomba mostra que a potência necessária para o transporte de água que sairá da cisterna até a caixa de água, é baixo, sendo assim a bomba será centrífuga, modelo Schneider Bc-92S 1C com 1,5 cv de potência, segundo pesquisa em estabelecimento de construção civil.

3.5.6 Material e Mão de Obra Utilizado no Sistema

Estimou-se o custo de implantação através do levantamento dos materiais utilizados de acordo com o projeto de construção do sistema de captação e reutilização da água da chuva presente no trabalho. Realizou-se um orçamento de acordo com os valores de mercado de cada componente do sistema. Desta maneira chegou-se aos seguintes valores:

Quadro 8 – Custos do Sistema com custo médio em agosto de 2017

MATERIAL	QTD	R\$ (UNI)	R\$ (TOTAL)
Válvula de pé (uni)	1	21,90	21,90
Válvula de retenção (uni)	1	18,90	18,90
Joelho de 90° (uni)	9	0,59	5,31
Joelho 90° bucha 25*1/2 (uni)	7	4,22	29,54
Joelho de 90° 150mm (uni)	4	27,50	110,00
Curva de 90° (uni)	1	1,49	1,49
Registro Esfera (uni)	1	41,90	41,90
Registro de gaveta pvc (uni)	4	17,90	71,60
Boia para caixa d`água (uni)	1	20,39	20,39
Cisterna (16.000l)	1	5.999,00	5.999,00
Caixa d`água 2000l (uni)	1	863,38	863,38
Bomba Centrífuga Schneider Bc-92S 1C 1,5 cv	1	983,75	983,75
Calha pvc (m)	22	24,85	546,70
Tubo 150 mm (m)	7	15,50	108,50
Tubo 100 mm (m)	33	7,88	260,04
Tubo 20 mm (m)	4,8	2,99	14,35
Tubo 75 mm (m)	3	17,50	52,50
Tubo 25 mm (m)	53	2,83	149,99
Tê 90° (uni)	4	0,74	2,96
Tê 150x150 150mm (uni)	9	26,00	234,00
Torneira kelly (uni)	3	34,90	104,70
Redução excêntrica 150x100mm (uni)	1	25,99	25,99
Adaptador (uni)	1	36,80	36,80
Adaptador (uni)	2	14,90	29,80
Fita veda rosca (uni)	1	13,90	13,90
Mão de obra	1	2.300,00	2.300,00
Total Geral			12.047,39

Fonte: Os autores, 2017

3.5.7 Análise dos Resultados

O reaproveitamento da água da chuva em residências, além de ser ecologicamente correto, vem a ser muito interessante economicamente. Deve-se levar em consideração que o reuso da água pluvial em descargas sanitárias reduz em muito o consumo de água potável, podendo ser utilizado em várias residências do município de Bauru. Para se avaliar o custo benefício do sistema foram levados em consideração a pluviometria anual, a área de captação e a demanda do recurso.

Sabendo-se que a média do consumo de água na casa, segundo o DAE, é de 30 m³, o sistema trará uma economia de 40%, ou seja, de 12 m³/mês. Segundo a tabela de tarifa do valor da água em metros cúbicos do DAE (Departamento de Água e Esgoto), essa economia de água gerada pelo sistema de captação de água pluvial em reais seria da ordem de R\$ 45,48 ao mês, equivalente a 12 m³ ou R\$ 545,76 ao ano.

O projeto teve um custo total de R\$ 12.047,39 e a economia gerada de água em valores é de R\$ 545,76 ao ano, o tempo para o próprio sistema atingir esse valor será em torno de 20 anos. Se analisarmos com os valores atuais da água, sabendo-se que sempre há reajustes desses valores, e levando em consideração que poderá ocorrer outras crises hídricas no decorrer desse período percebesse que o sistema é totalmente viável.

Em casos de escassez hídrica por períodos prolongados não é possível mensurar o quanto vale um litro de água para uma família.

3.5.8 Preços praticados em Bauru – SP

Tabela 6 - Preço de Água e Esgoto

Consumo m3	ÁGUA	ESGOTO	TOTAL
12	R\$ 22,74	R\$ 22,74	R\$ 45,78
30	R\$ 80,15	R\$ 80,15	R\$ 160,30

Fonte: DAE - Bauru-SP, 2017

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para Gil (2007) a pesquisa vem a formalizar a sistemática que permite conduzir metodologicamente a busca para solução do problema definido.

Neste trabalho optaremos pela pesquisa qualitativa, exploratória, subsidiando elementos que conduz a pesquisar fatos e dados de eventos, relações e contexto referente ao objeto de estudo.

Quanto aos procedimentos, a pesquisa se enquadrará como bibliográfica e será elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, alguns artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet (GIL, 2007).

Atualmente a melhor forma de se realizar uma pesquisa da literatura é através da internet e alguns bancos de dados, sendo que a utilização da internet tornam pesquisas mais eficazes e econômicas.

Espera-se com base neste levantamento que faremos que seja possível entender como o reuso da água pluvial tem contribuído para a prevenção de uma crise hídrica.

A coleta de dados junto à literatura especializada envolverá as seguintes fases:

- Fase 1- Identificação dos documentos junto às fontes impressas e eletrônicas, cujo resultado é o levantamento bibliográfico sobre o tema de interesse e dos respectivos autores e seus trabalhos científicos.
- Fase 2- Localização e obtenção dos documentos identificados na fase anterior junto às bibliotecas físicas e digitais por meio de serviços oferecidos por essas instituições.
- Fase 3 – Pesquisa documental realizada em dados e informações disponibilizadas em rede eletrônica e publicações.
- Fase 4- Leitura, resumo e interpretação dos documentos localizados e obtidos. A sistematização lógica desse material constitui o referencial básico para a elaboração do trabalho.
- Fase 5- Redação do texto referente ao desenvolvimento do tema.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho foi possível visualizar que o aproveitamento de águas pluviais para uso em fins não potáveis, como no caso deste trabalho as descargas sanitárias, é uma medida eficaz para a redução da demanda nas águas de superfície e subterrâneas disponíveis, pois se considerarmos a residência tipo deste trabalho como exemplo, economizou-se doze metros cúbicos de água por mês o que geraria grande economia se o sistema fosse adotado em grande parte das residências de Bauru que possui mais de trezentos e setenta mil moradores, segundo dados do IBGE em 2016.

Um dos grandes obstáculos do aproveitamento da água da chuva está diretamente relacionado ao clima. A distribuição e o volume das chuvas durante o ano é muito importante para a armazenagem da água, influenciando na capacidade dos reservatórios.

Estimar volume de reservatórios para água de chuva é um processo que apresenta incertezas, pois depende em muito da disponibilidade e confiabilidade dos dados de precipitação e consumo. Além disso, fatores como custo de construção e ocupação do terreno devem ser levados em consideração, porém o custo será considerado baixo se comparado ao problema social e econômico que acarretará a falta de água no município.

O sistema de reuso de água proporciona uma economia financeira, com uma redução no valor da conta de água, e uma redução no volume de água potável utilizada de forma desnecessária. É necessário incentivar a população e conscientizar que pode ser possível através de meios eficazes diminuir a grande crise hídrica, através de atitudes que por menores que sejam vem a fazer diferença em épocas de colapso onde o sinal vermelho pode vir a ficar verde se todos juntos usarem métodos de captação de água da chuva e seu reuso.

O aumento do custo do projeto, deu-se ao fato do preço da cisterna de dezesseis mil litros adotada, porém se o governo federal tiver interesse em fornecer subsídios ou diminuir na carga tributária desse tipo de produto, como faz por exemplo com a captação de energia solar, o custo seria reduzido consideravelmente, tornando a implantação do sistema de captação mais atraente para a população.

A água de chuva é uma fonte de suprimento valiosa. A utilização deste recurso deveria sempre ser levada em consideração em projetos de edificações, uma vez que, de maneira geral, apresenta um bom potencial de aproveitamento e acarreta em um impacto ambiental positivo.

Os benefícios do reuso devem ser informados à população para que assim, ela reflita sobre os desdobramentos na economia tanto da matéria-prima quanto dos recursos financeiros.

Se faz necessário deixar de ter um olhar de que apenas o economicamente atrativo é viável, sendo que a utilização racional da água se mostra cada vez mais essencial para manutenção da qualidade de vida da população e também do crescimento econômico do País.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAARNUAA/nbr-15-527>. Acessado em 02 de outubro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de água pluviais.** Rio de Janeiro, 1989. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAtDQAJ/nbr-10844>>. Acessado em: 24 de setembro de 2017.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 13 de setembro de 2017.

AQUASTOCK – Água da Chuva. **Sistema de Reaproveitamento da Água da Chuva.** Disponível em: <http://www.engeplasonline.com.br>. Acessado em 18 de setembro de 2017.

BRASIL DAS ÁGUAS. **A água que você desperdiça pode fazer falta amanhã. Economize.** Revista Digital Sobre A Importância da Água. Disponível em: <http://http://brasildasaguas.com.br/wp-content/uploads/sites/4/2013/05/CARTILHA-AGUA-CVRD.pdf>. Acessado em: 13 de setembro de 2017.

CASA EFICIENTE. **Uso racional da água – Sistema de aproveitamento de água pluvial.** Disponível em: <http://www.casaeficiente.com.br>. Acessado em 24 de setembro de 2017.

DAE (DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO) Disponível em: <http://www.daebauru.com.br/2017/tarifas/tarifas.php?pagina=2>. Acessado em 24 de setembro de 2017.

FIESP/ CIESP (Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo). **Conservação e reuso da água Manual de Orientações para o Setor Industrial. Conservação e Reuso da Água, volume I, São Paulo, (Julho/2004).** Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-daagua-2004/>; Acessado em 16 de setembro de 2017.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for Potable Water Savings by Combining the Use of Rainwater and Greywater in Houses in Southern Brazil. **Building and Environment.**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, 2006.

GHISI, E.; TRÉS, A.C.R. NETUNO – **Aproveitamento de Águas Pluviais no Setor Residencial.** Disponível em <http://www.labee.ufsc.br>. Programa computacional, 2004.

GRASSI, M. C. **As águas do planeta Terra**. Artigo publicado no Qnesc (Química Nova Escola) em 2001. Disponível em: <http://http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Acessado em 13 de setembro de 2017.

MANAHAN, S.E. **Environmental Science and Technology**. New York: Lewis Publishers, 1997.

MARINOSKI, A.K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - SC**. Dissertação Apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

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

MIELI, J. C. A. **Reuso da Água Domiciliar**. Niterói, abr.2001.

NEBEL, B.J. e WRIGHT, R.T. **Environmental Science**. 7a. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2000.

OLIVEIRA, Lucia E.; ILHA, Maria S. de O.; GONÇALVES, Orestes M.; YWASHIMA, Laís.; REIS, Ricardo P. A. **Levantamento do estado da arte: Água. Projeto – Tecnologias para construção mais sustentável**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/15.pdf>>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.,

OLIVEIRA, Y. V. **Uso do Balanço Hídrico Seriado para o Dimensionamento de Estrutura de Armazenamento de Água das Chuvas: Estudos de Casos**, 2004.

OMS. **Organização Mundial da Saúde**. Disponível em: <http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/relext/mre/nacun/agespec/oms/> Acessado em 14 de setembro de 2017.

ONU. **Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br>. Acessado em 10 de outubro 2017.

ORTOLANO, L. **Environmental Regulation and Impact Assessment**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

ROSA, E. **Projeto de Sistema de Abastecimento de Água**. (Apostila da Disciplina)- Universidade Luterana do Brasil, Canoas, RS, 2007.

REUSO das Águas, **Alternativa do Presente para Garantir o Futuro**. Disponível em: www.sabesp.com.br/a_sabesp/tecnologia/reuso_aguas.htm. Acessado em 14 de setembro de 2017.

SEMARH (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal). **Programa de águas de usos diversos**. Distrito Federal, 2012. Disponível em: <http://www.semarh.df.gov.br/qualiar/Pdf/REVISTAREUSO-AGUAS.pdf>; Acessado em 16 de setembro de 2017.

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. **Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso**. CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais....** CD Rom, 2004.

SILVA, D. F. R. **Aproveitamento de água de chuva através de um sistema de coleta com cobertura verde: avaliação da qualidade da água drenada e potencial de economia de água potável**. Dissertação Apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

TERA (Tratamento de Efluentes e Reciclagem Agrícola). **Reúso de água: solução viável para o reaproveitamento do recurso nas empresas**. São Paulo, (Abril/2014). Disponível em: <http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/reuso-de-agua-solucao-viavel-para-o-reaproveitamentodo-recurso-nas-empresas>; Acessado em 16 de setembro de 2017.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências**. São Paulo: Navegar, 2001.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F.(1995) **Controle do impacto da urbanização**. In: Drenagem Urbana. Pgs.277-345. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS.

VIDAL, R. T. Agua de Iluvial – Agua Saludable – Publicación del Proyecto de Apoyo a la Reforma del Setor Salude de Guatemala “APRESAL” Coemisión Europea. Impreso em Meios Comunicación. Abril 2000 – Republica de Guatemala, 2002.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede**. Livro publicado pela editora ediPUCRS, Editora da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2007.

WEIERBACHER, L. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira bento móveis de Alvorada – Rio Grande do Sul**. Dissertação apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Luterana do Brasil, 2008.