

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS**

MARINA GADENS BERTON ZAIKA

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2016**

MARINA GADENS BERTON ZAIKA

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Professor M.Eng. Carlos Alberto da Costa.

Co-orientador: Professor Dr. Adalberto Matoski.

**CURITIBA
2016**

MARINA GADENS BERTON ZAIKA

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento de Obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. M. Eng. Carlos Alberto da Costa
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba

2016

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus aos meus pais Paulo Cezar Coelho Berton e Maria Conceição Gadens Berton, e a todos os meus familiares e amigos pela paciência que tiveram comigo nos momentos mais difíceis desta caminhada.

Ao meu esposo Willian Roger Zaika que me aconchegou com muito amor e carinho e incentivou na realização nos momentos em que mais necessitei.

Ao meu orientador professor MEng. Carlos Alberto da Costa e ao meu co-orientador professor Dr. Adalberto Matoski por ter compartilhado o seu conhecimento para a realização deste estudo.

A todos os amigos do curso que sempre estiveram juntos de mim, nas horas tristes e nas horas de alegria.

A todos os demais professores do curso Especialização em Gerenciamento de Obras.

E a todos aqueles que acreditaram em mim.

Muito obrigado.

RESUMO

Cada vez mais os recursos hídricos presentes na natureza estão ameaçados, seja pela degradação dos mananciais, ou pelo desenvolvimento desordenado das cidades junto com o crescimento populacional, além da poluição ambiental. Na tentativa de solucionar ou amenizar este problema algumas cidades brasileiras aprovaram Leis que obrigam captar e armazenar a água da chuva na própria edificação para a contenção de enchentes e desperdícios com água tratada. Este estudo teve como objetivo geral analisar a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável em residência unifamiliar, visando reduzir o consumo de água tratada e conseqüentemente contribuir para a sustentabilidade dos recursos hídricos da região com a intensificação do uso da água da chuva. Por meio de um estudo de caso, desenvolvido em uma residência de padrão médio, localizado no município de Ponta Grossa, assim, conseguiu-se o volume potencial de água a ser captado pela cobertura da edificação por meio da análise dos índices pluviométricos da região, da área de coleta da água de chuva e do coeficiente de escoamento. Constatou-se então a demanda de água potável e não potável, assim como as atividades que permitem a utilização da água de chuva. Percebeu-se a simplicidade do sistema de aproveitamento da água de chuva nas edificações, a sua eficiência e a sua importância para o meio ambiente. Assim, através deste estudo, concluiu-se que o uso eficiente da água representa uma verdadeira economia para consumidores, empresas e a sociedade como um todo e que desfrutar da água da chuva nas edificações significa muito mais que reduzir o consumo e as despesas com água tratada, representa um desenvolvimento essencial para a construção de um mundo mais justo, no qual todos tenham acesso a água de boa qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Água de chuva, Aproveitamento da água da chuva, Economia.

ABSTRACT

More and more water resources present in nature are threatened by degradation of watersheds, or the disorderly development of cities along with the population growth, in addition to the environmental pollution. In an attempt to resolve or mitigate this problem some Brazilian cities have adopted laws that require capture and store rainwater in own edification for the flood containment and waste with treated water. This study had as general objective to analyze the feasibility of the use of rainwater for drinking not consumption in single-family residence, in order to reduce water consumption and therefore contribute to the sustainability of water resources in the region with the intensification of the use of rainwater. Through a case study, developed in a medium standard residence, located in the municipality of Ponta Grossa, as well, the potential volume of water to be picked up by the cover of the building through the analysis of rainfall in the region, the area of collection of rainwater and seepage coefficient. It was then the demand for potable and non-potable, as well as the activities that allow the use of rain water. It was the simplicity of the system of harnessing rain water in the buildings, their efficiency and their importance to the environment. So, through this study, it was concluded that the efficient use of water represents a real savings for consumers, businesses and society as a whole and to enjoy the rain water in the buildings means a lot more to reduce consumption and the cost of treated water, represents a crucial development for the construction of a fairer world, in which everyone has access to good quality water.

KEYWORDS: Rainwater, rainwater Utilization, economy.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Método de <i>Rippl</i>	41
Quadro 2- Método da simulação.....	42
Quadro 3- Consumo mensal de água da rede pública da residência estudada.	56
Quadro 4- Demanda mensal de água pluvial do referido estudo de caso.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Critérios para uso não potável da água.	25
Tabela 2- Sugestão de frequência de manutenção.	37
Tabela 3- Tipos de usos e porcentagem de utilização de consumo interno de uma residência.....	44
Tabela 4- Parâmetros de engenharia estimativos da demanda residencial de água potável para uso externo.	44
Tabela 5- Tabela de tarifas de saneamento básico, conforme Decreto nº 3576/2016.....	49
Tabela 6- Consumo de água per capta.	56
Tabela 7- Dados pluviométricos das chuvas médias mensais do ano 2001 ao ano 2015.....	57
Tabela 8- Método de <i>Ripplé</i> para dimensionamento de reservatório.....	58
Tabela 9-Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação (sem refinamento)	59
Tabela 10-Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação (com refinamento).....	60
Tabela 11- Resumo do custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.	62
Tabela 12- Tabela base de fluxo de caixa descontado com a obtenção do <i>payback</i>	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Distribuição de água doce no planeta.....	16
Figura 2- Distribuição hídrica no Brasil.	17
Figura 3- Ciclo da água.....	18
Figura 4- Chuvas orográficas ou de relevo	19
Figura 5- Chuvas ciclônicas ou frontais.....	20
Figura 6- Chuvas convectivas ou de convecção.	20
Figura 7- Consumo de água em residências.....	21
Figura 8- Arejador.	23
Figura 9- Torneira com sensor de presença.	23
Figura 10- Torneira hidromecânica.....	23
Figura 11- “Dual Flush” para caixa acoplada.	24
Figura 12- “Dual Flush” para descarga de válvula.	24
Figura 13- Cisterna do povo Maya, chamada Chulton.	27
Figura 14- Modelo para captação e armazenamento de água pluvial (corte).....	30
Figura 15- Ralo hemisférico tipo abacaxi	31
Figura 16- Calha com a tela de proteção.....	31
Figura 17- Separador de fluxo.	32
Figura 18- Separador de fluxo acoplado a filtro de folhas.....	32
Figura 19- Filtro para água da chuva.	33
Figura 20- Filtro de folhas, construído por cortes em tubulações de PVC.	33
Figura 21- Sifão.	34
Figura 22- Freio d’água.	34
Figura 23- Esquema de freio d’água com conexões comuns.	34
Figura 24- Cisterna horizontal para utilização aterrada.	35
Figura 25- Cisterna vertical para utilização externa.	35
Figura 26- Bomba Anauger 900.	36
Figura 27- Esquema de funcionamento de sistema de água da chuva.	37
Figura 28- Fluxograma do sistema.....	38
Figura 29- Localização da residência do estudo de caso.	50
Figura 30- Residência do estudo de caso.	50
Figura 31- Dados da estação.....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 A importância da água e sua situação no planeta.....	16
2.2 A escassez e desperdício de água no planeta	17
2.3 Ciclo hidrológico da água	18
2.4 Precipitação atmosférica	19
2.5 Classificação do uso nas edificações.....	20
2.6 Equipamentos hidráulicos eficientes	22
2.8 Coleta e aproveitamento de água de chuva em alguns países	26
2.9 Captação e aproveitamento da água da chuva no Brasil	27
2.10 Legislação brasileira sobre captação e aproveitamento de águas pluviais.....	28
2.11 Aproveitamento de águas pluviais	29
2.11.1 Área de captação.....	30
2.11.2 Calhas e condutores	31
2.11.3 Separador de fluxo ou <i>by pass</i>	32
2.11.4 Filtro de folhas.....	32
2.11.5 Sifão.....	33
2.11.6 Freio d'água	34
2.11.7 Armazenamento.....	34
2.11.8 Extravasor.....	35
2.11.9 Bombeamento	35
2.11.10 Manutenção	36
2.11.11 Esquema de funcionamento.....	37
2.12 Fluxograma do modelo de captação e armazenamento de água pluvial	38
2.13 Dimensionamento do reservatório de água de chuva.....	38

2.13.1 Método de <i>Rippl</i>	39
2.13.2 Método da simulação.....	41
2.14 Previsão de consumo de água.....	43
2.15 Adequação da tarifa de esgoto devido ao esgoto gerado pelo uso da água de chuva ...	44
2.16 Economia gerada pela redução do uso de água potável para fins não potáveis - indicadores econômicos	45
2.16.1 Fluxo de caixa.....	46
2.16.2 <i>Payback</i>	46
2.16.3 Valor presente líquido (VPL)	47
2.16.4 Taxa interna de retorno (TIR).....	48
2.16.5 Taxa interna de retorno modificada (MTIR)	48
2.16.6 Relação benefício/custo	48
2.16.7 Valor da tarifa pelo uso da água	49
3 METODOLOGIA.....	50
3.1 Determinação das características da área de estudo.....	50
3.2 Estimativa do consumo de água para fins não potáveis na residência unifamiliar	51
3.3 Levantamento e análise dos dados pluviométricos	51
3.4 Dimensionamento do reservatório de água de chuva pelo método <i>Rippel</i>	52
3.5 Análise da viabilidade econômica.....	52
3.5.1 Custo de implantação do sistema.....	52
3.5.2 Cálculo do atual custo com o consumo de água potável vinda da rede pública na residência de acordo com a tarifa da Sanepar.....	53
3.5.3 Cálculo do novo custo com o consumo de água potável vindo da rede pública na residência de acordo com a tarifa da Sanepar, devido ao aproveitamento de água da chuva.....	53
3.5.4 Cálculo da economia na conta de água, proveniente ao aproveitamento da água da chuva.....	53
3.5.5 Taxa mínima de atratividade	53
3.5.6 Tempo de vida útil dos equipamentos	54
3.5.7 Fluxo de caixa.....	54
3.5.8 Avaliação dos custos iniciais de infraestrutura.....	54

3.5.9 <i>Payback</i> descontado, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e taxa interna de retorno modificado (MTIR)	55
4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	56
4.1 Estimativa do consumo de água para fins não potáveis na residência unifamiliar	56
4.2 Levantamento e análise dos dados pluviométricos	57
4.2.1 Quantidade de água a ser coletada.....	57
4.2.2 Levantamento dos dados pluviométricos	57
4.3 Dimensionamento do reservatório de água de chuva pelo método <i>Rippl</i>	58
4.4 Análise da viabilidade econômica.....	61
4.4.1 Custo de implantação do sistema.....	61
4.4.2 Cálculo do atual custo com o consumo de água potável vinda da rede pública na residência de acordo com a tarifa da Sanepar.....	62
4.4.3 Cálculo do novo custo com o consumo de água potável vindo da rede pública na residência de acordo com a tarifa da Sanepar, devido ao aproveitamento de água da chuva.....	63
4.4.4 Cálculo da economia na conta de água, proveniente ao aproveitamento da água da chuva.....	63
4.4.5 Métodos de análise	63
5 CONCLUSÃO.....	66

1. INTRODUÇÃO

Uma grande parte da energia e dos recursos naturais produzidos e consumidos no planeta está diretamente relacionada com os processos construtivos e, por consequência, tem-se atraído grande atenção para a indústria da construção, em relação ao conceito de sustentabilidade. A construção sustentável é fundamental para o desenvolvimento e o incentivo de toda uma cadeia produtiva que consiga transformar seus processos para um foco ecologicamente correto, de forma a alterar o quadro de degradação ambiental e poluição, assim como, preservar os recursos naturais para futuros usos.

Nos dias de hoje existem grandes preocupações da sociedade em relação à conservação dos recursos da natureza. Dentre estes, a água é um dos mais preciosos recursos, se tornando indispensável para vida de todos. A utilização da água tratada sempre foi feita pensando como um bem infinito, porém, nada mais é do que uma visão ilusória em que sua disponibilidade depende de como o homem faz uso dela. Muitos dos mananciais utilizados estão cada vez mais poluídos e deteriorados, seja pela falta de controle, ou pela falta de investimentos em coleta, tratamentos e disposição final de esgotos e na disposição final adequada dos resíduos sólidos (MANCUSO & SANTOS, 2003). Portanto, várias ações fazem-se necessárias para minimizar o desperdício e as perdas de água potável. Entre elas está a mudança no hábito de consumo, a sensibilização da população para a adotar novos comportamentos e atitudes, além de novas práticas e tecnologias de reuso de água, usada com diferentes finalidades, a fim de se preservar os recursos hídricos existentes.

Dentro deste contexto, faz-se necessário ampliar nossos conhecimentos referentes à conservação de água, para que esse recurso possa ser preservado e não se torne escasso. Uma forma de conservar água é aproveitar água de chuva para consumo não potável em residências, e é o assunto que será abordado neste trabalho. O aproveitamento da água de chuva caracteriza-se por ser uma prática milenar adotada pelas mais antigas civilizações, para uso doméstico, irrigação, criação de animais e outras finalidades é uma realidade antiga a qual tem sido incorporada às edificações das áreas urbanas, em diversos países. A viabilidade do uso de água de chuva em residências é caracterizada pela diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição de custos com água potável e a redução do risco de enchentes em caso de chuvas fortes. Através disto a

água potável deixará de ser empregada para uma função onde não há necessidade de potabilidade, diminuindo custos e a degradação do meio ambiente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em residência unifamiliar, na região dos campos gerais do Paraná, visando reduzir o consumo de água tratada e consequentemente contribuir para a sustentabilidade dos recursos hídricos da região com a intensificação do uso da água da chuva.

1.1.2 Objetivos específicos

- Demonstrar a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, para minimizar uso de água tratada, visando à disseminação dos conceitos e técnicas a serem aplicadas nas residências;
- Verificar o alcance do projeto, com habitantes de uma residência de médio padrão no Município de Ponta Grossa – PR, que utilizarão a água da chuva e com isso determinar a demanda a ser consumida;
- Levantar dados pluviométricos da estação meteorológica da região do estudo de caso;
- Levantar o custeio do consumo de água na residência;
- Analisar econômica da utilização de um sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.

1.3 Justificativa

A necessidade de se economizar água está cada vez mais evidente e a cada dia ganha mais destaque e importância no mundo. Diante disso, necessita-se de ferramentas que sirvam para identificar, mensurar e divulgar os resultados obtidos com economia da água. Por isso escolheu-se o tema “Aproveitamento de água de chuva em residências unifamiliares para fins não potáveis”, uma vez que se pretende apresentar alternativas de economia e aproveitamento de água da chuva, as quais podem tornar a produção destas unidades significativamente mais baixa, diminuindo seu peso no orçamento familiar, melhorando a qualidade de vida dos indivíduos e da comunidade. Pretende-se expor a técnica de reuso da água da chuva, comparando custos e benefícios para que

novas construções sejam pensadas, para atingir metas mais sustentáveis. Não há mais tempo para deixar de lado as soluções ecológicas, hoje sua implantação é urgente e não pode ser ignorada, deve ser planejada desde o início de um projeto, estar presente nas políticas públicas e fazer parte do cotidiano da sociedade atual.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância da água e sua situação no planeta

A água é um componente fundamental de dinâmica da natureza, ela impulsiona todos os ciclos, sustenta a vida e é o solvente universal. Sem água, a vida na Terra seria impossível. A água é um recurso natural finito em seu estado potável e essencial a vida, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies, como elemento representativo de valores sociais e culturais, também é um importante fator de produção no desenvolvimento de diversas atividades econômicas. O ser humano, além de usar a água para suas funções vitais como todas as outras espécies de organismos vivos, utiliza os recursos hídricos para muitas atividades, como: produção de energia, navegação, lazer, recreação, produção de alimentos, desenvolvimento industrial, agrícola e econômico.

A quantidade de água na Terra é praticamente invariável há mais de 500 milhões de anos. De fato, ocorrem mudanças em sua distribuição pelo globo, através do movimento contínuo e cíclico da água nas fases sólida, líquida e gasosa, processo esse chamado ciclo hidrológico. Aproximadamente 75% da crosta terrestre é formada por água (UNESCO-IHE, 2011) esta está em forma de oceanos, rios, lagos, lençóis freáticos e aquíferos. Quantitativamente isto significa que temos disponíveis aproximadamente 1.386.000.000.000 de km³ de água, no entanto, nem toda essa água está disponível para consumo humano. Deste total 97,5% da água é salgada e os 2,5% restantes de água doce. Os fatores que impulsionam o ciclo hidrológico são a energia térmica solar, a força dos ventos, que transportam vapor d'água para os continentes, a força da gravidade responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água.

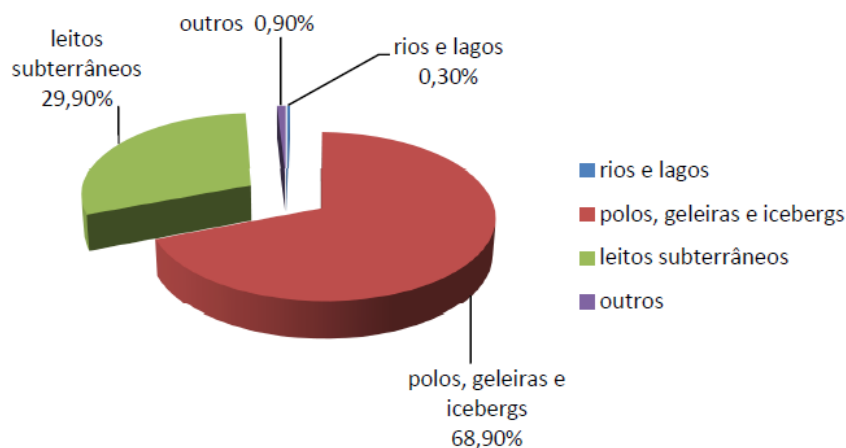


Figura 1- Distribuição de água doce no planeta
Fonte: (UNESCO-IHE, 2011)

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 possui em seu território 13,7% da água doce do mundo, sendo que 80% desse total encontra-se em rios da Amazônia.

As principais bacias hidrográficas do Brasil são 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 (Relatório ANNEL, 2007).

A maior bacia hidrográfica do mundo 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 (Relatório ANNEL, 2007). Mesmo a grande disponibilidade de recursos hídricos no Brasil, estes não estão distribuídos uniformemente, havendo um grande desequilíbrio entre oferta de água e demanda. A seguir a figura de distribuição hídrica no Brasil por bacias:

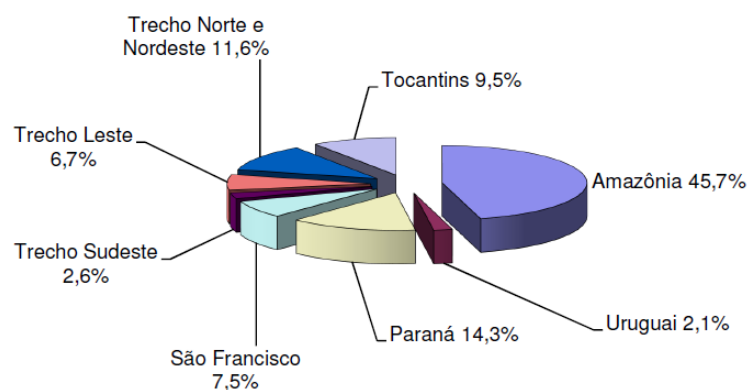


Figura 2- Distribuição hídrica no Brasil.
Fonte: (TELLES & COSTA, 2007)

2.2 A escassez e desperdício de água no planeta

O ser humano é o principal responsável pela escassez da água, como na geração de despejos domésticos ou industriais, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, ele contribui na entrada de compostos na água, afetando sua qualidade, fazendo com que a água potável se torne escassa. Com o crescimento rápido da população e da industrialização cresce também o desperdício o que poderá provocar futuramente um déficit na quantidade de água de qualidade acarretando uma série de problemas que afetarão aos homens, animais e ao meio ambiente (ALMANAQUE ABRIL, 2014).

Nas condições de escassez em quantidade e qualidade, a água passou a ser de um bem livre e para ter um valor econômico. Esse fato contribuiu com a adoção de um novo modelo de gestão desse recurso ambiental, que envolve a utilização de

instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (FIESP/ANA -Brasil, 2004). Além do problema de distribuição, fatores como: demanda excessiva, desperdício e poluição contribuem de forma significativa para o aumento da escassez desse recurso. O desperdício é toda a água que está disponível em um sistema hidráulico e é perdida ou aproveitada de forma excessiva. Dessa forma, o desperdício envolve perda e uso excessivo. A perda considerada como sendo toda a água que escapa do sistema antes de ser usada para uma atividade afim, e pode ocorrer devido a vazamento, mau desempenho do sistema e entre outros.

2.3 Ciclo hidrológico da água

O ciclo hidrológico, pode ser definido como a sequência interligada de fenômenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa à ele, nas fases líquida e sólida. A transferência de água da superfície do globo para a atmosfera, sob a forma de vapor, dá-se por evaporação direta, por transpiração das plantas e dos animais e por sublimação.

O sistema hidrológico funciona somente porque mais água evapora dos oceanos do que retorna a ele. Esta diferença cai na terra sob a forma de chuva ou neve tornando a nossa vida possível, pois quando ela cai, o faz em forma de água doce. O ciclo natural da água envolve fatores climáticos, geográficos e biológicos como apresentado na Figura 3. As águas evaporam dos oceanos e da superfície do planeta para a atmosfera, onde se condensam até precipitar sobre a Terra. Para posteriormente, através da infiltração no solo recarregar as águas subterrâneas e assim retornar aos oceanos.

Para Villiers (2002), cerca de 10% a 20% da água da chuva acha um caminho para os sistemas de água subterrânea, que acaba favorecendo a recarga dos aquíferos.



Figura 3- Ciclo da água.
Fonte: (DAEBAURU, 2006)

2.4 Precipitação atmosférica

A precipitação atmosférica é o retorno do vapor d'água atmosférica no estado líquido ou sólido sobre a superfície da Terra, sob a forma de chuva, neve, granizo, orvalho e geada. A chuva é importante para o equilíbrio da Terra, porém, não depende apenas da quantidade de vapor, depende também da topologia local, dos padrões de evaporação e dos ventos (Instituto Nacional de Meteorologia, 2016).

A condensação do vapor d'água atmosférico, para Gaecez e Alvarez, 1988, ocorre quando as massas de ar resfriam-se devido à ação frontal de outras correntes eólicas, presença de topografia abrupta, fenômenos de convecção térmica e combinação dessas causas. Normalmente as precipitações apresentam-se em forma de chuva, mas se o resfriamento atinge o ponto de solidificação pode ocorrer a queda de granizo ou de neve. Se as partículas condensadas forem muito finas, mantendo-se em suspensão junto à superfície do solo, ocorre o nevoeiro.

Existem três principais tipos de chuvas, que estão relacionados com fatores que a originaram. Para a Agência Nacional para a cultura científica e tecnológica as chuvas podem ser orográficas, ciclônicas ou convectivas.

- Chuvas orográficas ou de relevo: originada quando uma massa de ar úmido que se desloca, encontra uma barreira topográfica (serra, montanha, etc), e é forçada a elevar-se, ocorrendo queda de temperatura seguida da condensação do vapor d'água e formação de nuvens. Chuvas orográficas apresentam pequena intensidade, e longa duração. Segue na Figura 4 um esquema de como esta chuva ocorre:

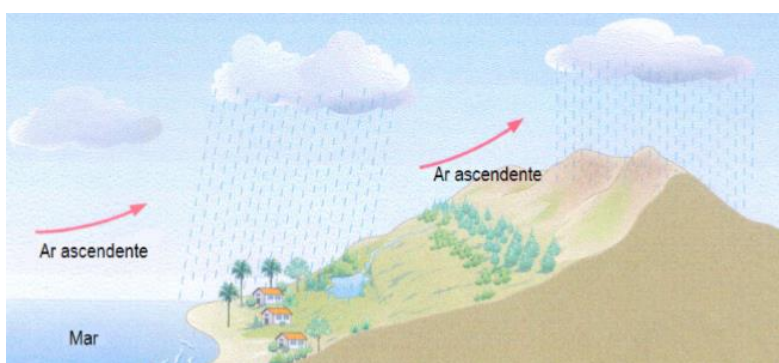


Figura 4- Chuvas orográficas ou de relevo
Fonte: (ANCCT, 2003)

- Chuvas ciclônicas ou frontais: ocorrem no encontro de duas massas de ar de características distintas (ar quente + ar frio) de temperatura e umidade. Desse encontro, a massa de ar quente sobe e o ar esfria atingindo o ponto de saturação, conseqüentemente forma-se as nuvens e então, acontece a precipitação. São

caracterizadas por serem contínuas, apresentam intensidade baixa a moderada e abrangem grande área. Na Figura 5 observa-se como as chuvas frontais se comportam.

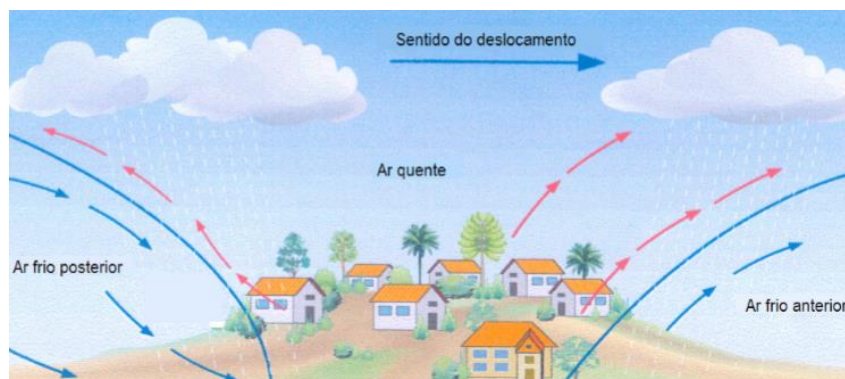


Figura 5- Chuvas ciclônicas ou frontais
Fonte: (ANCCT, 2003)

- Chuvas convectivas ou convecção: são chuvas causadas pelo movimento de massa de ar quente da superfície, carregadas de vapor d'água, que ao subir, o ar sofre resfriamento provocando a condensação do vapor de água e conseqüentemente, ocorre a precipitação. São caracterizadas por serem de curta duração, porém de alta intensidade e abrangem pequenas áreas.

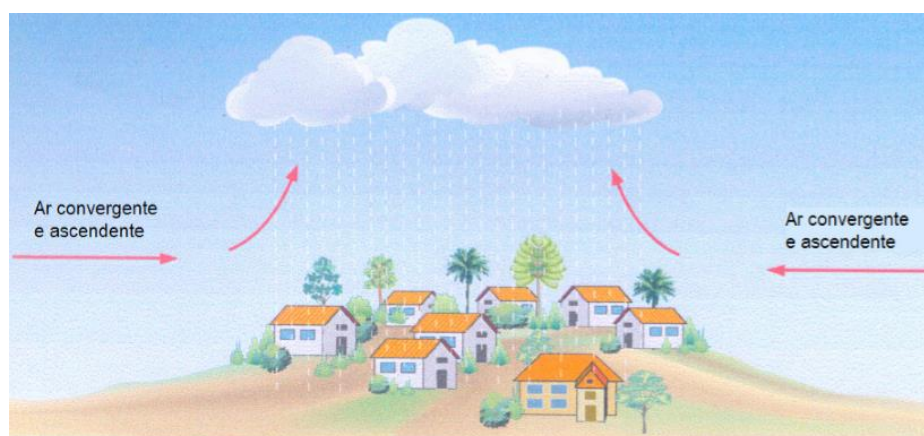


Figura 6- Chuvas convectivas ou de convecção.
Fonte: (ANCCT, 2003)

2.5 Classificação do uso nas edificações

A água que entra em uma edificação é classificada com o uso em que ela terá contato direto com o ser humano e o uso para atividades secundárias sem o contato direto. Quando tem contato o uso é nobre, como exemplo utilização da pia, chuveiro, filtros e bebedouros. Quando não existe o contato direto o uso passa a ser menos nobre, por exemplo, descargas, irrigação, lavagem de pisos e carros entre outros. Para águas descartadas existem as águas negras: provenientes de vasos sanitários e as águas cinza

que são aquelas oriundas de pias, tanques, chuveiros. Existe a possibilidade de se reaproveitar a água de chuva que cai nas edificações e as águas cinza descartadas, essas águas depois de tratadas devem ser utilizadas apenas para usos menos nobres (PERONA, 2011).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento o total de domicílios no país com abastecimento de água é de 81,7%, porém apenas 44,5% possuem rede de esgoto (BRASIL, Ministério das Cidades, 2011). Antes de chegar ao consumo final a água percorre um longo processo de captação, que compreende a retirada dos mananciais superficiais (nascentes, rios, lagos ou represas) e subterrâneos (poços), para depois enviarem às estações de tratamento de água e sua consequente distribuição (TELLES & COSTA, 2007). O consumo médio de água do brasileiro em 2009 foi de 148,5 l/dia por habitante (BRASIL, Ministério das Cidades, 2011), sendo que a Organização das Nações Unidas recomenda a média de 110 l/dia por habitante. O consumo de água em residências pode ser dividido da seguinte forma, segundo Edwards, 2008:

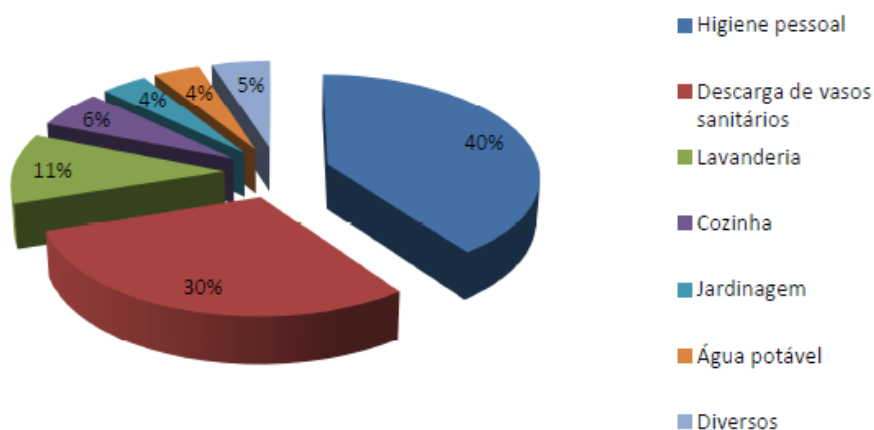


Figura 7- Consumo de água em residências
Fonte: (EDWARDS, 2008)

Analisando os dados de consumo residencial, pode-se pensar no uso sustentável da água através dos diferentes aspectos como apresentados na revista *Téchne - construções eficientes*, 2006:

- Economia de água: Alcançada através de simples hábitos, como o de não lavar calçadas com água potável, tomar banhos rápidos, adotando-se um modo de vida apropriado à nova realidade mundial de escassez de recursos naturais.
- Eficiência de uso: A utilização de louças e metais com isolamento eficiente, evitando perda de carga.

- **Manutenção:** A eficiência na manutenção preventiva e efetiva é fator predominante na economia, pois a detecção de vazamentos, por simples observação ou por análise comparativa de consumo, é uma das atitudes de baixo custo e alto impacto.
- **Substituição de uso:** Onde houver a possibilidade, deve-se substituir a água por vasos sanitários a vácuo, banheiros secos, mictórios sem água, varrer quintais e calçadas ao invés de lavá-los.
- **Reaproveitamento de água:** Existem alguns graus de reaproveitamento de água, desde a simples captação de água de chuva até o tratamento e reuso de águas servidas e fecais.

2.6 Equipamentos hidráulicos eficientes

Os equipamentos hidráulicos, assim como todas as atividades desenvolvidas pelo ser humano, sofreram melhoras ao longo do tempo. Hoje é mais fácil de encontrar no mercado produtos capazes de economizar água, podendo ser dispositivos instalados nos sistemas convencionais, ou os próprios equipamentos que geram a economia de água. Estes equipamentos são realmente eficientes se instalados e utilizados de forma correta e para o fim a que se destinam (MURAKAMI, 2012).

- **Chuveiros:** O chuveiro é um equipamento que depende do uso racional para se tornar mais econômico. Existem alguns aparelhos que controlam a vazão dos chuveiros, diminuindo a quantidade de água utilizada em um banho. Esses reguladores funcionam mantendo a vazão constante durante a utilização, os dispositivos estão disponíveis desde a vazão de 6 litros por minuto até 14 litros por minuto. Sendo que um chuveiro comum gasta aproximadamente de 25 litros por minuto dependendo de seu modelo e pressão da água. Os controladores de vazão colocam ar junto com a água para aumentar a sensação de volume (PERONA, 2011).
- **Torneiras:** O arejador é um aparelho que segundo fabricantes faz com que torneiras que gastam entre 12 a 25 litros de água por minuto passem a gastar de 6 a 10 litros por minuto. Ele é um dispositivo instalado na extremidade da torneira que diminui a seção da passagem de água e que permite a entrada de ar passando a impressão de maior pressão e volume de água (PERONA, 2011).



Figura 8- Arejador.
Fonte: (DECA, 2016)

Existem torneiras convencionais, com sensor de presença e hidromecânicas. As torneiras com sensor de presença são aquelas que só liberam o fluxo quando detectam a presença de algum objeto ou de mãos embaixo delas e são econômicas por somente ficar ligado o tempo que realmente é necessário. E as hidromecânicas são torneiras com temporizador, ou seja, as torneiras que se desligam após algum tempo ligadas (PERONA, 2011).



Figura 9- Torneira com sensor de presença.
Fonte: (DECA, 2016)



Figura 10- Torneira hidromecânica.
Fonte: (DECA, 2016)

- **Bacias Sanitárias:** As válvulas de descarga possuem um registro que permite aumentar ou diminuir a quantidade de água utilizada em uma operação, o que pode gastar de 9 a 12 litros na descarga e gerar desperdício, enquanto a caixa acoplada possui um nível fixo de água por operação de limpeza, gastando em média 6 litros por descarga. Existe um sistema chamado “Dual Flush” que permite duas fases de descarga uma que gasta 3 litros usada para dejetos líquidos e outra que gasta 6 litros para dejetos sólidos. Esse dispositivo está disponível tanto para caixa acoplada quanto para descarga tipo válvula (PERONA, 2011).



Figura 11- “Dual Flush” para caixa acoplada.
Fonte: (Leroy Merlin, 2016)



Figura 12- “Dual Flush” para descarga de válvula.
Fonte: (DOCOL , 2016)

- Mangueiras: A maneira de se economizar água em uma mangueira é instalar na ponta um dispositivo que controla a saída de água, assim a mangueira só estará liberando água quando realmente utilizada pelo usuário (PERONA, 2011).
- Máquina de lavar: Uma máquina de lavar roupas de 11 kg pode gastar de 90 a 130 litros de água por ciclo, dependendo do modelo e da marca, buscar equipamentos mais eficientes pode significar uma redução mensal significativa de consumo (PERONA, 2011).

2.7 Critérios de qualidade da água para reuso

A água de chuva, mesmo sendo pura, acaba se contaminando com impurezas acumuladas nas coberturas, como fezes de aves, terra, poeira, galhos e folhas, etc. Para garantir a qualidade da água de chuva armazenada, tornam-se necessários alguns cuidados para o seu tratamento. Os critérios de qualidade para o reuso da água são baseados em requisitos de usos específicos, em considerações estéticas e ambientais e na proteção da saúde pública (RAMOS, 2005). Estes critérios diferem quando se comparam países industrializados com países em desenvolvimento, diferença que pode ser parcialmente atribuída a fatores como viabilidade econômica, tecnologia disponível, nível geral da saúde das populações e características políticas e sociais.

A Tabela 1 mostra alguns critérios nacionais e internacionais sobre qualidade da água para fins não potáveis.

Tabela 1-Critérios para uso não potável da água.

Parâmetros	NBR 15.527/07 Brasil
Coliformes Totais (nmp/100ml)	Ausência
Coliformes Termotolerantes (nmp/100ml)	Ausência
Turbidez (ntu)	< 2,0 p/ usos menos restritivos
Cor (Hz)	< 15 uH
pH	6,0 a 8,0 p/ tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: Adaptado de (ABNT-NBR-15527, 2007)

Dependendo da utilização, os critérios para a qualidade da água incluem os seguintes aspectos (CROOK, 1993).

- Proteção à saúde da população: A maioria dos critérios de qualidade desta água é voltada principalmente para a proteção da saúde da população e muitos são dirigidos somente por preocupações com a segurança microbiológica.
- Requisitos de uso: As qualidades físicas, químicas e microbiológicas podem limitar a aceitabilidade da água para reuso.
- Aspectos estéticos: deve ser clara, sem cor e sem odor e não deve estimular o crescimento de algas.
- Percepção da população e/ou do usuário: A água deve ser percebida como segura e aceitável para o uso pretendido e os órgãos de controle devem divulgar tal garantia.

A qualidade das águas pluviais pode variar em relação ao grau de poluição do ambiente. Os requisitos de qualidade e segurança sanitária das águas pluviais estão diretamente relacionados com o fim a que se destinam. Segundo o pesquisador James Crook, 1993, os maiores problemas decorrentes do reuso da água são a tuberculização, 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 usados 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).

2.8 Coleta e aproveitamento de água de chuva em alguns países

O meio ambiente é um tema que recentemente tem sido abordado em toda sociedade brasileira e pelos países mais importantes do planeta. Pensando na importância vital que tem a água e considerando-a como o principal recurso natural indispensável para o desenvolvimento dos seres vivos e de inúmeras atividades humanas como: comerciais, industriais, agrícolas e culturais. No entanto, a água tem sido degradada intensamente por essas atividades, gerando crise no abastecimento (ALMANAQUE ABRIL, 2014).

Os sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva já existem há milhares de anos funcionando como uma importante ferramenta para a disseminação do ideal de desenvolvimento cultural. Por exemplo a Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio, datada de 850 a. C., nela, o Rei Mesha sugeria a construção de uma cisterna em cada casa para aproveitamento da água de chuva (TOMAZ, 2005).

Nos Estados Unidos vários estados incentivam a captação e aproveitamento da água da chuva, como é o caso do Estado do Arizona, em que o governo disponibiliza um crédito de 25% do custo de construção do sistema de aproveitamento de água da chuva, limitado em no máximo US\$1.000 para qualquer cidadão que tenha construído um sistema em sua residência. Para isso o governo estadual contingenciou cerca de R\$250.000 por ano a fim de incentivar o aproveitamento de água da chuva. No Estado de Novo México residências com área de 230m², ou mais, devem construir sistemas de aproveitamento de água de chuva, sendo obrigatório para edificações comerciais (DORNELLES F. , 2012).

No México, os cadastros mais antigos de coleta de água de chuva são datadas na época dos Astecas e dos Mayas. Para (GNADLINGER, 2000), no século X, ao sul da cidade de Oxkutzcab, a agricultura era baseada na coleta de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e a água de chuva era armazenada em cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 litros, conhecidas por *Chultuns*. Estas cisternas tinham um diâmetro de aproximadamente 5m e eram escavadas no subsolo e revestidas com reboco impermeável. Acima delas havia uma área de coleta de 100 a 200m². Na Figura 13 visualiza-se a cisterna do povo Maya.

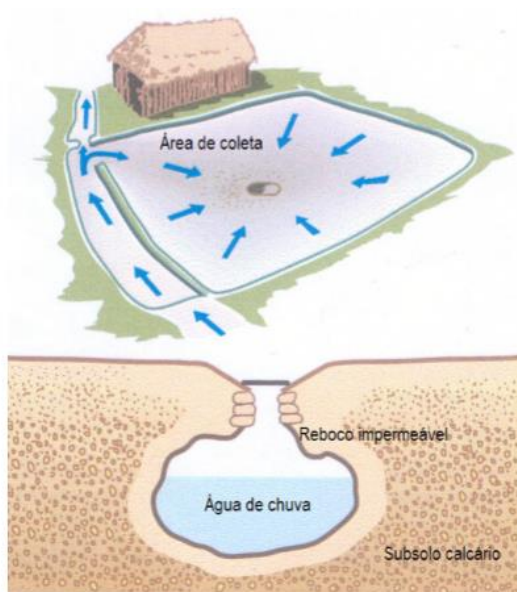


Figura 13- Cisterna do povo Maya, chamada Chulton.
Fonte: (GNADLINGER, 2000)

Na Alemanha, o processo de coleta e aproveitamento de água pluvial ajudou a solucionar os problemas causados pela péssima qualidade da água distribuída. (GNADLINGER apud CRUZ, 2014). E na Holanda a água é coletada para evitar o transbordamento dos canais que cercam o país, situado abaixo do nível do mar. A água da chuva armazenada é usada para irrigação de lavouras e o abastecimento de fontes ornamentais (MAY apud CRUZ, 2014).

O Japão está muito comprometido no uso do sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, utilizando o sistema de reservatório de água de chuva e o sistema de valas de infiltração de água de chuva (MAY apud CRUZ, 2014).

2.9 Captação e aproveitamento da água da chuva no Brasil

No Brasil, segundo (GHANAYEM, 2001) a instalação mais antiga construída pelos norte-americanos foi em 1943, na ilha de Fernando de Noronha. E respectivamente teve início a construção de cisternas, na região do Nordeste.

Alguns programas foram criados pelo governo no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semiárido brasileiro. Um deles foi a criação do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semiárido em 1975, com o objetivo de coleta da água da chuva e de construção de cisternas para armazenamento de água para consumo e atualmente contamos com o Programa Água Para Todos desenvolvido em 2012 (CRUZ, 2014).

A coleta de água de chuva nas regiões semiáridas é uma técnica muito comum, pois estas áreas apresentam chuvas irregulares e uma alta taxa de evaporação. Aproximadamente 80% da área geográfica do subsolo de regiões semiáridas brasileiras apresentam formação cristalina, sem lençol freático. Portanto, a coleta de água de chuva prova ser a opção mais indicada para disponibilizar água para o consumo humano (CRUZ, 2014).

2.10 Legislação brasileira sobre captação e aproveitamento de águas pluviais

Pesquisadores, empresários e interessados no tema do aproveitamento da água da chuva, tomaram a iniciativa e elaboraram uma norma técnica voltada exclusivamente para o este assunto. No ano de 2007, foi publicada a “ABNT NBR 15527/2007- Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos”. Este documento, de oito páginas, tem o seguinte objetivo: “Fornecer os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Aplica-se a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais”.

Quanto à concepção do projeto do sistema de coleta da água de chuva, este deve atender as normas técnicas, (ABNT-NBR-5626, 1998) e (ABNT-NBR-10844, 1989). Ainda deve constar o alcance do projeto, a população ser atendida, a determinação da demanda, bem como os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região (ABNT-NBR-15527, 2007).

Por sua vez, com respeito à legislação, destaca-se a Lei 8.718/06 do Município de Ponta Grossa que instituiu o programa de captação, armazenagem, conservação e uso racional da água pluvial nas edificações urbanas. O programa prevê a adoção de medidas que visam induzir a conservação da água através do uso racional, e de fontes alternativas de abastecimento de água nas novas edificações. Tal programa foi criado com o intuito de sensibilizar os usuários sobre a importância da conservação dos recursos hídricos. Todavia, a regulamentação da referida Lei ocorreu através da aprovação do Decreto 7.673, em 15 de agosto de 2013, o qual manteve a obrigatoriedade da captação, armazenamento, conservação, uso racional e utilização das águas pluviais oriundas da cobertura das edificações, para todas as novas edificações

urbanas, acrescentando ainda edificações comerciais, industriais e rurais que tenham áreas impermeabilizada igual ou superior a 500 m².

2.11 Aproveitamento de águas pluviais

A utilização de água da chuva em uma residência é a água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais (ABNT-NBR-15527, 2007). A coleta em residências novas tende a ser mais econômica, pois desde o projeto os reservatórios podem ser pensados em locais subterrâneos, causando menos impacto na área ocupada. Da mesma forma sua eficiência também é maior, pois os sistemas hidráulicos podem ser projetados para a utilização da água em locais como os vasos sanitários.

A água da chuva precisa ser gerenciada de forma que não comprometa a saúde de seu usuário, nem a vida útil dos sistemas envolvidos. Uma pesquisa realizada na Universidade de São Paulo com água de chuva encontrou-se valores de pH entre 5,8 a 7,6, presença de coliformes fecais em mais de 98% das amostras e presença de bactérias, que podem causar intoxicação alimentar, diarreia aguda e infecções urinárias. A água de chuva, quando a atmosfera esta desprovida de poluentes, apresenta pH em torno de 5,7 (levemente ácido), sendo essa acidez natural, consequente da formação de ácido carbônico (H₂CO₃) a partir do dióxido de carbono (CO₂) presente no ar (USP, 2016).

Para a utilização desse sistema, alguns cuidados devem ser tomados, como por exemplo, a água não pode ser usada como potável; os reservatórios devem ser calculados de acordo com a demanda e o índice pluviométrico do local e devem estar preferencialmente interligados com a rede de abastecimento, para suprir períodos de longa estiagem; o sistema de captação deverá ser projetado para melhor desempenho do sistema, com calhas de tamanho adequado, de fácil acesso e manutenção (limpeza de folhas), a superfície de captação não pode ser tóxica (cobre, amianto e chumbo), (MURAKAMI, 2012).

O sistema consiste na captação da água que cai na área de cobertura, que através de calhas serão conduzidas para um reservatório inferior através de dutos horizontais e verticais, passando por filtros de impurezas e sujeira. Deste reservatório a água é bombeada para um segundo reservatório superior de onde tubulações distribuem a água por gravidade para as áreas adequadas de consumo não nobres. Vale ressaltar, que, por ser uma captação externa, estará sempre vulnerável à contaminação de diversas origens,

como poluentes atmosféricos, folhas, galhos, pequenos animais e seus excrementos, entre outros contaminantes. Sendo assim, é feito o descarte sempre nos primeiros litros da água pluvial em cada chuva após estiagem mais prolongada. A figura que segue mostra de forma simplificada o funcionamento de um sistema de reutilização de águas pluviais.

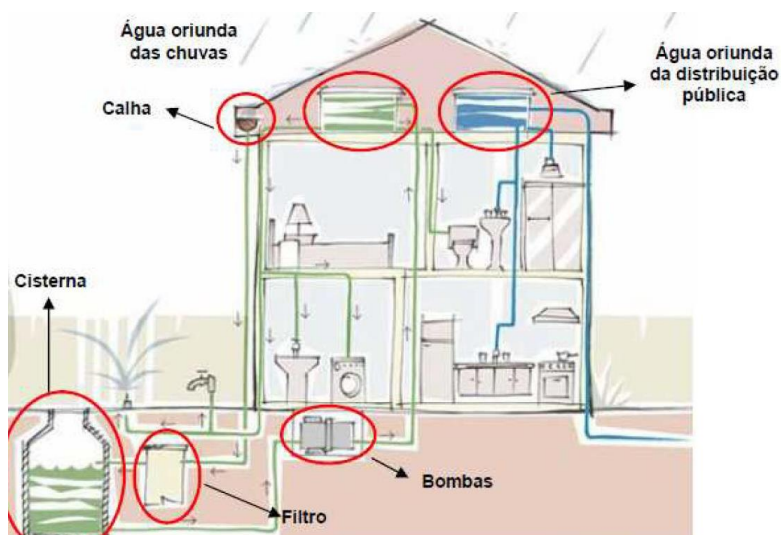


Figura 14- Modelo para captação e armazenamento de água pluvial (corte).
Fonte: Ideal Verde (2016).

A coleta de água da chuva é vista como uma maneira inteligente de agir, pois utiliza uma reserva natural, e ajuda a remediar as nossas necessidades, sem agredir a natureza. Para (TOMAZ, 2005) o sistema de captação de água de chuva para aproveitamento humano é constituído basicamente pelos componentes como: área de captação, calhas e condutores, separador de fluxo (*by pass*), peneira e filtro, reservatório e extravasor. Atualmente no mercado existem soluções prontas como calha, condutores, filtros, sifão e freio, ou sistemas mais simples que podem ser usados para o funcionamento do reuso da água da chuva.

2.11.1 Área de captação

A área de captação é fundamentalmente o telhado da edificação que pode ser feito de vários materiais como telhas cerâmicas, zinco, fibrocimento ou laje de cobertura. Cada um desses materiais possui um coeficiente de absorção diferente, ou seja, dependendo do material um maior ou menor percentual da chuva ficará retido nele, o que influi no cálculo do tamanho do reservatório (MACHADO, 2008).

2.11.2 Calhas e condutores

A água captada pela cobertura segue para o ponto mais baixo, nestes pontos devem ser instaladas as calhas que conduzem a água para as tubulações coletoras. 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 (MACHADO, 2008).



Figura 15- Ralo hemisférico tipo abacaxi
Fonte: (SOLOSTOCKS, 2016)



Figura 16- Calha com a tela de proteção
Fonte: (ADESULCALHAS, 2016)

A manutenção destes elementos do sistema influenciará absolutamente na eficiência do mesmo. Essa limpeza permitirá que se evitem entupimentos e os riscos de contaminação serão menores. Em relação ao dimensionamento das calhas e condutores, deve ser feito, como em qualquer edificação, considerando a intensidade pluviométrica da região, com base nos índices pluviométricos de volume precipitado e período de retorno, seguindo as normas da ABNT NBR 10844 de 1989.

O dimensionamento das calhas e condutores verticais deve ser feito levando-se em conta a equação da intensidade de chuva, logo que o sistema precisa ser capaz de aguentar e drenar a máxima precipitação que foi deduzida, ou seja, são dimensionadas supondo índices pluviométricos e períodos de retornos altos, de forma a se operar com a máxima eficiência (MACHADO, 2008).

2.11.3 Separador de fluxo ou *by pass*

Recomenda-se descartar a primeira água de chuva devido à chuva ácida e por esta carregar mais partículas de sujeira acumuladas na estiagem. Portanto, existem alguns sistemas como o separador de fluxo, em que um local armazena uma determinada quantidade de água e depois uma “boia” libera o fluxo para o armazenamento na cisterna (MACHADO R. P., 2013).

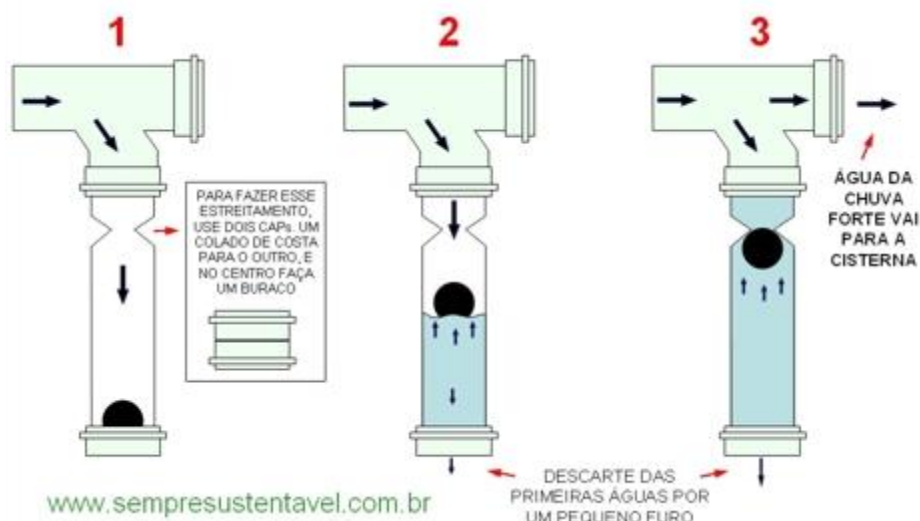


Figura 17- Separador de fluxo.
Fonte: (Sempre Sustentável, 2016)



Figura 18- Separador de fluxo acoplado a filtro de folhas.
Fonte: (Sustentaraqui, 2016)

2.11.4 Filtro de folhas

A chuva pode trazer galhos, folhas entre outros tipos de sujeira, então é de fundamental importância à instalação de equipamentos para a filtragem da água. Existem vários no mercado, cada um apresenta um tamanho adequado para determinadas áreas de telhado, a Figura 19 mostra o funcionamento de um filtro da fabricante Bella Calha, este equipamento permite de maneira simples, separar a água de folhas e partículas maiores, evitando que elas cheguem ao local de armazenamento de água. Outra opção para auxiliar a manter a água mais limpa e as tubulações

desobstruídas é a utilização de sistemas que descartam parte da vazão das primeiras chuvas que vem mais carregada de impurezas, os resíduos separados não se acumulam, pois são encaminhados por um sistema de descarga alternativo. A filtragem em dois estágios permite reduzir a manutenção para duas vezes ao ano, salvo situações muito especiais onde se acumula uma quantidade maior de resíduos sólidos na área coberta (MACHADO R. P., 2013).



Figura 19- Filtro para água da chuva.
Fonte: (BELLA Calha , 2016)

FILTRO AUTO-LIMPANTE PARA ÁGUA DE CHUVA

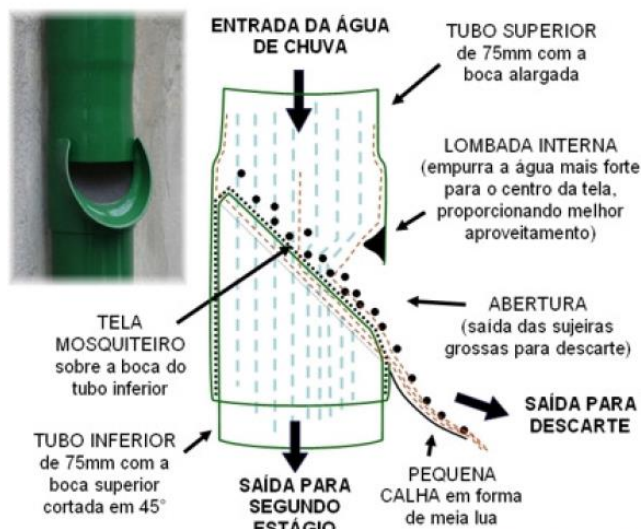


Figura 20- Filtro de folhas, construído por cortes em tubulações de PVC.
Fonte: (Sempre Sustentável , 2016)

2.11.5 Sifão

Sua função é impedir o mau cheiro e o acesso de animais ao local de armazenamento (MURAKAMI, 2012).



Figura 21- Sifão.
Fonte: (ECOCASA, 2010)

2.11.6 Freio d'água

Evita a circulação de partículas diminuindo a velocidade da água de chuva na entrada da cisterna, melhorando a decantação e a turbidez da água (MURAKAMI, 2012).

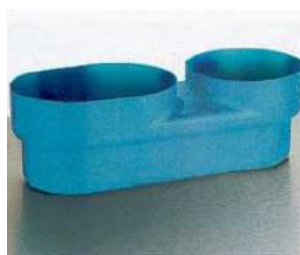


Figura 22- Freio d'água.
Fonte: (ECOCASA, 2010)

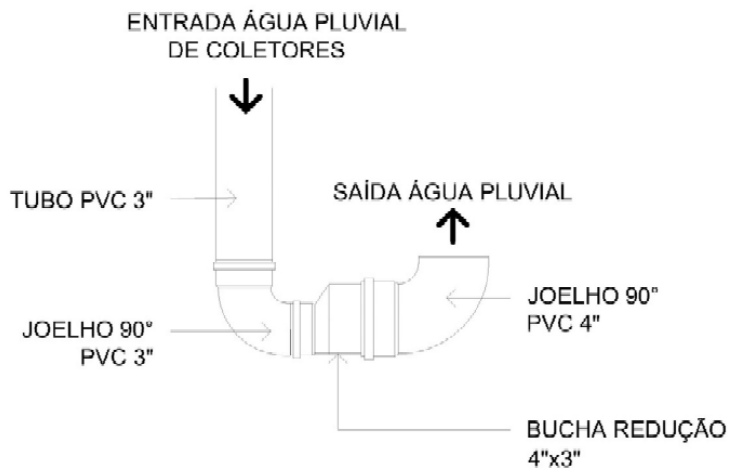


Figura 23- Esquema de freio d'água com conexões comuns.
Fonte: (MURAKAMI, 2012)

2.11.7 Armazenamento

Em uma residência, o primeiro armazenamento é feito em um reservatório que tem um registro de saída para que a água seja dispensada, de maneira que o espaço de armazenamento fique disponível para a próxima chuva, e depois é direcionado para outro reservatório maior. No mercado existem sistemas mais compactos prontos para

comercialização, que podem facilitar o armazenamento de acordo com a necessidade do projeto (MACHADO T. G., 2008).



Figura 24- Cisterna horizontal para utilização aterrada.
Fonte: (FORTLEV, 2011)



Figura 25- Cisterna vertical para utilização externa.
Fonte: (TECNOTRI, 2016)

2.11.8 Extravasor

Para Tomaz (2005), o extravasor ou ladrão é executado no reservatório e deverá ser dimensionado com diâmetro mínimo de 100mm. É interessante instar no extravasor um dispositivo que bloqueará o acesso de pequenos animais.

2.11.9 Bombeamento

Quando necessário o bombeamento, o mesmo deve atender a (ABNT-NBR-12214, 1992). O bombeamento geralmente é realizado por meio de uma moto-bomba, controlada por um sistema de boias magnéticas, que estão localizadas na cisterna e no reservatório superior de água pluvial. Portanto, devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba. Pode ser instalado junto à bomba centrífuga, dosador automático de derivado clorado o qual convém ser enviado a um reservatório intermediário para que haja tempo de contato de no mínimo 15 min (MACHADO T. G., 2008).



Figura 26- Bomba Anauger 900.
Fonte: (Anauger, 2016)

2.11.10 Manutenção

A manutenção de sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis consiste em retirar o elemento filtrante para lavagem com jato de água, preferencialmente com lavadoras de alta pressão. Esta limpeza pode ser feita pelo proprietário do equipamento e, então, pode-se dizer que esta limpeza não possui custos significativos (TOMAZ, 2005).

Os custos provenientes do consumo de energia elétrica decorrente do funcionamento da bomba são pouco significativos, (TOMAZ, 2005) na medida em que o período de funcionamento da bomba é curto ao longo de um mês. O custo da energia de bombeamento, em valores anuais, pode ser determinado através da seguinte equação:

$$C_{Energia} = E \times p \quad (1)$$

A energia demandada, em kWh, foi obtida diretamente na Equação (2):

$$E = \frac{V \cdot \rho \cdot g \cdot H}{3,6 \times 10^6 \cdot \eta} \quad (2)$$

Em que V é o volume de água aproveitado em m³/ano, ρ é o peso específico da água, igual a 1.000kg/m³, g a aceleração da gravidade, igual a 9,81m/s², H a altura manométrica e η o rendimento do conjunto motor-bomba.

$$C_{Energia} = \frac{V \cdot \rho \cdot g \cdot H}{3,6 \times 10^6 \cdot \eta} \cdot p \quad (3)$$

O custo unitário da energia, em unidades monetárias por kWh, é estabelecido em conformidade com as tarifas cobradas pelas empresas concessionárias de energia elétrica. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) na resolução nº1.897 de 16 de junho de 2015 as tarifas cobradas dos consumidores finais da concessionária Copel, estruturam-se tanto por nível de tensão como por classe de consumo. Para consumidores residenciais (tipo B1), o custo da energia, incluindo os impostos, é de 0,76683 R\$/kW.

Outra manutenção exigida pela NBR 15.527/07 é a limpeza anual do reservatório de armazenamento. Essa atividade baseia-se no esgotamento da água e depois a lavagem do reservatório com hipoclorito de sódio. O custo deste serviço varia entre R\$ 75,00 e 200,00 (em Janeiro/2016), dependendo do tamanho do reservatório. Além disso, a Norma ainda recomenda realizar manutenção em todo o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva conforme a Tabela 2.

Tabela 2- Sugestão de frequência de manutenção.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal ou após chuva de grande intensidade
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 ou 3 vezes por ano
Desinfecção com derivado clorado	Manutenção mensal
Bombas	Manutenção mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: (ABNT-NBR-15527, 2007)

2.11.11 Esquema de funcionamento

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. O funcionamento completo para a captação de águas pluviais para uso em residências pode ser descrito de acordo com a Figura 27, cabendo sempre a um profissional determinar a dimensão do tanque de armazenamento, de acordo com a região e suas características climáticas, como também definir o uso que será dado para a água em questão (descargas de bacias, irrigação, lavagem de quintais, etc.).

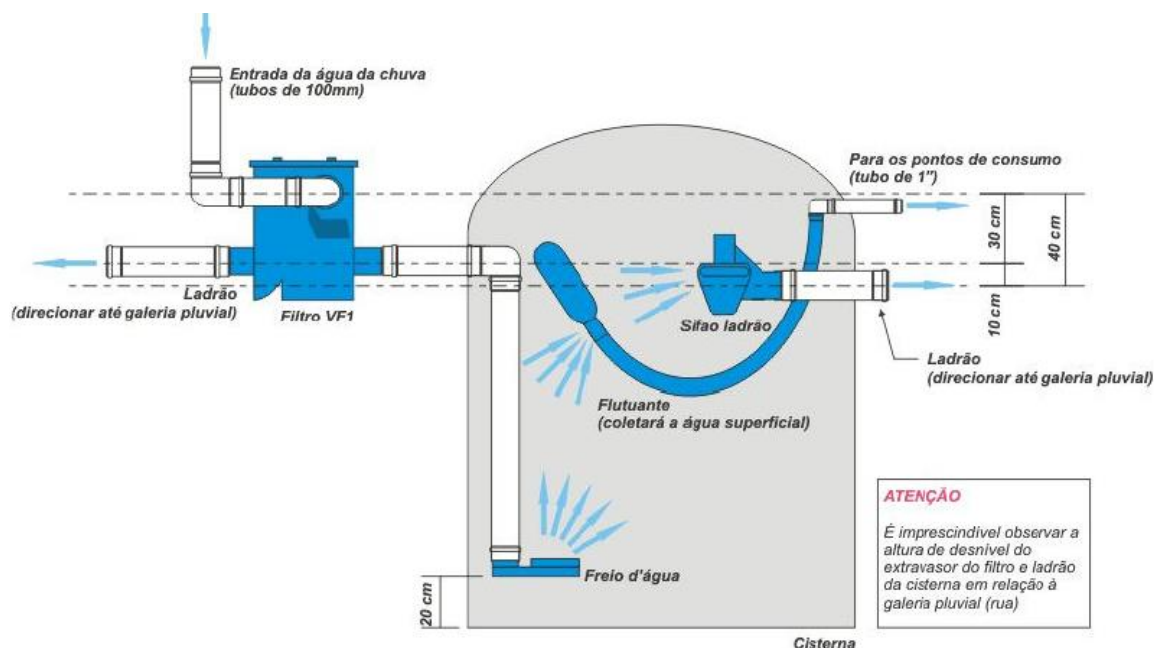


Figura 27- Esquema de funcionamento de sistema de água da chuva.

Fonte: (ECOCASA, 2010)

O sistema de aproveitamento de água de chuva tem um funcionamento simples e seguro e é concebido com produtos de boa qualidade e fáceis de instalar. Sustentabilidade ambiental e econômica garantida por produtos eficientes, duráveis e de baixa manutenção (ECOCASA, 2010).

2.12 Fluxograma do modelo de captação e armazenamento de água pluvial

Na Figura 28 está representado o fluxograma do sistema proposto para captação e aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis.

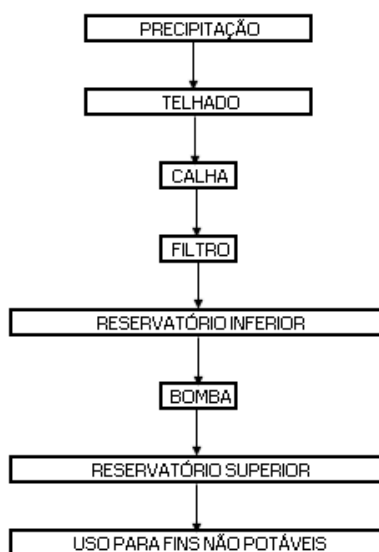


Figura 28- Fluxograma do sistema.
Fonte: A AUTORA,2016.

2.13 Dimensionamento do reservatório de água de chuva

O dimensionamento preliminar de um reservatório para captação de águas de chuva deve atender a ABNT NBR 15.527/07. O método é aproximado e serve somente para um pré-dimensionamento, devendo a solução final ser decidida pelo projetista, levando-se em conta os custos, condições de suprimento da concessionária em caso de falta de água e outras considerações consideradas necessárias. Orientações da NBR citam que o cálculo deve partir dos 80% da água de chuva coletada, sendo que os 20% são perdidos pela interceptação no telhado, evaporação, respingos e *first flush* (eliminação da primeira água).

A norma da ABNT trás nos apêndices alguns modelos de dimensionamento de reservatórios. Cita o Método de *Rippl*, Azevedo Neto, Método da Simulação, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Porém para o

estudo de caso do presente trabalho o reservatório de água de chuva será dimensionado pelo do método de *Rippl*.

2.13.1 Método de *Rippl*

O método de *Rippl* geralmente superdimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas, garantindo o abastecimento constante de água tanto no período chuvoso quanto no seco. Como base para este método será utilizado o Quadro 1. Os fatores que influenciam no dimensionamento do reservatório de água de chuva são: área do telhado, quantidade de água necessária para atender a demanda, definição do tipo de reservatório que será utilizado em termos de custos, recursos e métodos construtivos. Segundo Tomaz (2005), para o dimensionamento do volume do reservatório de água de chuva serão necessários os seguintes dados:

Dados de entrada:

- Meses – coluna 1: No estudo de caso será aplicado somente a entrada de precipitação média mensal (de janeiro a dezembro).
- Chuva média mensal (mm) – coluna 2: para um cálculo mais preciso da precipitação média mensal é aconselhável à utilização dos seguintes dados: índices pluviométricos mensais dos últimos 10 anos ou mais e índices pluviométricos do local de instalação do sistema ou mais próximo possível.
- Demanda mensal (m^3) - coluna 3: a demanda mensal refere-se ao volume de água potável que pode ser substituído por água de chuva, ou seja, o volume de água necessário para alimentar os pontos onde não há necessidade da utilização de água potável no intervalo de um mês.
- Área de captação (m^2) - coluna 5: Área de projeção do telhado no terreno.
- Coeficiente de *Runoff* - coluna 6: coeficiente referente à perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem do telhado, etc. Valor a ser usado 0,8.

Dados de saída:

- Volume acumulado da demanda (m^3) – coluna 4: é a somatória da demanda de chuva mensal nos meses de janeiro a dezembro.
- Volume de chuva mensal (m^3) - coluna 7: é o volume máximo de água de chuva que poderá ser coletado no intervalo de um mês. Nesta coluna será calculado o volume de água captado mensalmente, expresso pela seguinte equação:

$$Q = \frac{P * A * C}{1000} \quad (4)$$

Onde Q é o volume anual de água de chuva (m³), P é a precipitação média mensal (mm), A são as áreas de coleta (m²), C é o coeficiente de *Runoff*. E o valor 1000 tem finalidade de transformar o volume em metros cúbicos.

- Volume acumulado (m³) – coluna 8: é a somatória do volume de chuva mensal nos meses de janeiro a dezembro.
- Volume de chuva – demanda (m³) – coluna 9: é a diferença entre o volume de água de chuva disponível e o volume da demanda a ser atendida. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível.
- Volume do reservatório de água de chuva (m³) – coluna 10: é o volume adquirido na somatória da diferença negativa do volume de chuva e da demanda, isto é, valores negativos entram na tabela como campo vazio. Para preenchimento destes campos, consideramos a hipótese inicial de que o reservatório está com sua capacidade máxima (reservatório cheio). A razão pelas quais os valores positivos não são computados é porque isso indica a quantidade de água extravasada, logo é a água despejada nas galerias pluviais por transbordamento.
- Número de dias que haverá suprimento com água de chuva: é o número de dias em que o volume do reservatório sustenta a demanda do sistema sem utilizar água de outra fonte de alimentação em períodos de estiagem. Para Tomaz (1998), o número de dias de seca em que será suprido com água de chuva é calculado da seguinte maneira:

$$\text{Número de dias que haverá suprimento com água de chuva} = \frac{\text{volume do reservatório}}{\text{volume da demanda}} \quad (5)$$

Após o preenchimento da tabela, o volume máximo do reservatório será definido analisando o comportamento da coluna 10. O maior valor é correspondente ao volume do reservatório necessário. Quando ocorre de na coluna 9 todos os meses retornarem valores negativos, conseqüentemente a coluna 10 não retornará valores, definiremos o valor máximo do reservatório como sendo igual ao valor da demanda constante.

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Volume Acumulado (m ³)	Área de captação (m ²)	Coefficiente de <i>Runoff</i>	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume Acumulado (m ³)	Volume de chuva demanda (m ³)	Volume do reservatório de água de chuva (m ³)
Janeiro									
Fevereiro									
Março									
Abril									
Mai									
Junho									
Julho									
Agosto									
Setembro									
Outubro									
Novembro									
Dezembro									
TOTAL	0,00	0,00				0,00			

Número de dias que haverá suprimentos com água de chuva:

Dias

Dados de entrada

Dados de saída

Quadro 1- Método de *Rippl*
Fonte: (TOMAZ, 2005)

2.13.2 Método da simulação

O reservatório é o componente mais caro do sistema, a capacidade de armazenamento influencia no custo e na capacidade de atendimento da demanda. É necessário fazer a análise do volume de água de chuva a ser coletada, para que o custo final não inviabilize o uso do sistema. Esta análise consiste no método de simulação (TOMAZ, 2005).

Para este método duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, os dados históricos são representativos para as condições futuras. Ele consiste em conferir um volume para o reservatório e verificar o comportamento da água excedente (*overflow*) e a água que vai faltar (suprimento de água da concessionária local). Segundo Plínio Tomaz (2005), deve-se utilizar inicialmente para análise neste método o valor máximo do reservatório retornado no Método de *Rippl*.

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório (m ³)	Volume do reservatório T-1 (m ³)	Volume do reservatório T (m ³)	Overflow	Suprimento
Janeiro										
Fevereiro										
Março										
Abril										
Mai										
Junho										
Julho										
Agosto										
Setembro										
Outubro										
Novembro										
Dezembro										
TOTAL	0,00	0,00			0,00				0	0

Número de meses que o reservatório não atendeu a demanda:

Dados de entrada

Dados de saída

Confiança do sistema:

Quadro 2- Método da simulação
Fonte: (TOMAZ, 2005)

Para entender melhor a utilização do Quadro 2, segue explicação:

Dados de entrada:

- Meses – coluna 1.
- Chuva média mensal (mm) – coluna 2.
- Demanda mensal (m³) - coluna 3.
- Área de captação (m²) - coluna 4.
- Coeficiente de *Runoff* - coluna 5.
- Volume do reservatório (m³) – coluna 7: o volume do reservatório é obtido no cálculo anterior pelo método de *Rippl*.

Dados de saída:

- Volume de chuva mensal (m³) – coluna 6.
- Volume no reservatório no início do mês (T-1) (m³) – coluna 8: é o volume de água no reservatório no início de cada mês. O primeiro mês é considerado zero, pois supõe-se que o reservatório está vazio.
- Volume do reservatório no final do mês (T) (m³) – coluna 9: é o volume de chuva no reservatório no final do mês. O cálculo dessa coluna é expresso pelo seguinte fórmula:

Coluna 9 = SE(coluna6 + coluna8 – coluna3 >coluna7; coluna8; coluna6 + coluna8 – coluna3)

- *Overflow* (m³) – coluna 10: relativo ao extravasamento de água do reservatório, isto é, quando a água fica sobrando e é jogada para fora. O resultado é obtido pela seguinte fórmula:

Coluna 10 = SE((coluna6 + coluna8 – coluna3) > coluna6; coluna6 + coluna8 – coluna3 – coluna7; 0)

- *Suprimento* (m³) – coluna 11: É a coluna da reposição da água, que pode vir do abastecimento público ou de outra procedência, caso o volume de água de chuva no reservatório não tenha atendido a demanda.

Coluna 11 =SE(coluna8 + coluna6 – coluna3 < 0; - (coluna8 + coluna6 – coluna3);0)

- *Confiança do sistema* (%):

$$\mathbf{Confiança} = (1 - \mathbf{Pr}) \quad (6)$$

Onde:

$$\mathbf{Falha} = \mathbf{Pr} = \frac{\mathbf{Nr}}{\mathbf{N}} \quad (7)$$

Pr é a falha (%);

Nr é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99 %.

2.14 Previsão de consumo de água

Há sempre uma grande dificuldade em se prever o consumo de água não potável para se usar a água de chuva. A Tabela 3 mostra as porcentagens dos tipos de uso residencial. Assim numa casa se gasta 27% da água nas descargas nas bacias sanitárias, 17% nos chuveiros, 22% na lavagem de roupa, etc (VICKERS, 2001).

Tabela 3- Tipos de usos e porcentagem de utilização de consumo interno de uma residência.

Tipos de usos da água	Porcentagem	Consumo residencial no Brasil supondo média mensal de 160 litros/dia x habitante (litros)
Descargas na bacia sanitária	27%	43
Chuveiro	17%	27
Lavagem de roupa	22%	35
Vazamento em geral	14%	22
Lavagem de louças	2%	3
Consumo nas torneiras	16%	26
Outros	2%	3
Total	100%	160

Fonte: adaptado de (VICKERS, 2001)

Tabela 4- Parâmetros de engenharia estimativos da demanda residencial de água potável para uso externo.

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim 1/2" x 20 m	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m ²	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Fonte: (TOMAZ, 2005)

2.15 Adequação da tarifa de esgoto devido ao esgoto gerado pelo uso da água de chuva

Segundo Dornelles e Goldenfum (2012), em relação ao sistema de aproveitamento de água de chuva, existe uma questão ainda não resolvida que é a definição de como efetuar a cobrança pela geração de esgoto sanitário que é destinado para a rede de coleta e tratamento, já que não é usual a medição deste efluente.

A solução usual para a cobrança de esgoto é adotar uma relação esgoto/água para estimar o volume de esgoto gerado, que é proporcional ao volume de água tratada medida no hidrômetro de entrada de cada unidade consumidora. Porém, com o sistema

de aproveitamento de água de chuva há uma redução do consumo de água que é fornecida através da rede de abastecimento, e por sua vez ocasiona uma redução do custo com este serviço. No entanto, estes sistemas não causam redução alguma dos volumes de esgoto sanitário gerado, precisando ser cobrado os custos de destinação e tratamento do mesmo, independente da fonte de água, seja ela água tratada, de caminhão pipa, de poço ou água da chuva (DORNELLES, TASSI, & GOLDENFUM, 2012).

A medição direta da vazão efluente é inviável por questões técnicas e econômicas, em virtude de que a própria medição individualizada da água tratada vem enfrentando dificuldades de ser implementadas em edificações já construídas. Este problema faz com que as companhias de saneamento, não tenham interesse em incentivar o aproveitamento de água da chuva, primeiro pela a redução da demanda de água tratada e o aumento da relação esgoto/água que causa um acréscimo relativo do volume de águas residuárias a serem tratada (DORNELLES, TASSI, & GOLDENFUM, 2012).

2.16 Economia gerada pela redução do uso de água potável para fins não potáveis - indicadores econômicos

O orçamento de capital é uma das avaliações feitas por empresas para decidir se o investimento em um projeto é economicamente viável. É nesta avaliação que basicamente mostra se o retorno financeiro do projeto é satisfatório, em comparação com o que esperam os proprietários. O retorno pode ser calculado em relação ao período necessário para que o valor investido seja recuperado (*payback*), em termos do valor monetário que o projeto adicionará ao valor de mercado da empresa (VPL), ou em termos de uma taxa anual de retorno essencial ao projeto (TIR). Para isso os dados básicos necessários para a aplicação desses métodos são: o valor de investimento do projeto (quanto será gasto para implementá-lo), a vida útil do projeto (quanto tempo irá durar) e os fluxos de caixa adicionais gerados pelo projeto ao longo da vida útil (RENATO, 2014).

Existem alguns métodos muitos usados para a elaboração de estudos de viabilidade econômica. A seguir, serão descritos alguns destes métodos.

2.16.1 Fluxo de caixa

Entende-se como fluxo de caixa todos os investimentos e os retornos previstos em um projeto ou novo negócio. Os valores negativos iniciais representam o período em que os investimentos são maiores que os retornos (CAVALCANTE, 2014). Entretanto, pelo princípio do valor do dinheiro no tempo basta trazer cada termo à valor presente, utilizando a fórmula dos juros compostos:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \quad (8)$$

Este é conhecido como fluxo de caixa descontado e a soma dos termos é o valor presente líquido (VPL).

2.16.2 Payback

O *payback* é o método mais popular para a avaliação de projetos de orçamento de capital. Ele consiste em avaliar o período necessário para que o valor investido num determinado projeto seja recuperado (RENATO, 2014). O cálculo pode ser efetuado no *excel*, a função utilizada é a “CONT.SE”, que possui duas situações. A primeira é o intervalo de valores que se deseja contar e a outra é a condição necessária para que o valor entre na conta, no caso, que seja menor ou igual a zero.

O *payback* descontado segue a mesma lógica do *payback*, porém desconta os saldos com os valores presentes dos fluxos de caixa. A taxa de desconto utilizada no cálculo dos valores presentes pode ser o custo de oportunidade. A fórmula dos saldos e do cálculo dos meses são parecidas às do *payback* simples, com a diferença de substituir o fluxo de caixa pelo valor presente do fluxo de caixa (RENATO, 2014). A fórmula da contagem de anos é igual à do *payback*. A função valor presente, apresenta alguns pontos importantes como a taxa de desconto, o número de períodos entre o momento do fluxo de caixa gerado e o momento do investimento (é o próprio valor do ano), o “zero”, pois não há valores intermediários e pôr fim ao valor que será descontado, no caso o próprio fluxo de caixa gerado. O *payback* descontado é maior que o *payback* simples, pois o valor presente dos fluxos de caixa determinados é sempre menor que seus valores absolutos, fazendo com que a recuperação do capital seja mais lenta no *payback* descontado. (RENATO, 2014). A análise do *payback* está diretamente relacionada com a duração da vida útil do projeto. Se o tempo de retorno do capital é superior ao período de vida útil do projeto, o investimento correspondente não será atrativo.

2.16.3 Valor presente líquido (VPL)

O método calcula o impacto que um determinado projeto deverá ter no valor de mercado da empresa, ou seja, soma os valores presentes de todos os fluxos de caixa do projeto, incluindo as saídas de caixa, o saldo é o VPL. Projetos com VPL positivo acrescentam valor e projetos com VPL negativo diminuem o valor da empresa. Para calcular o VPL de um investimento é preciso projetar um fluxo de caixa que mostre as entradas e saídas de dinheiro provocadas pelo investimento. Todos os benefícios e custos envolvidos, são transformados em valores presentes. (FAZACONTA, 2014).

Dentro do critério de aumentar os benefícios, a alternativa que oferecer o maior VPL será a mais atrativa. Por isso, é necessária a definição de uma taxa mínima de atratividade (taxa mínima que um investidor se põe a ganhar quando faz um investimento), chamada também de taxa de desconto. A alternativa que oferecer o maior VPL será a mais atrativa, ou seja, aquela que proporcionar menos custos envolvidos será a mais atrativa (DIAS, 2007). A equação geral para a determinação do VPL é:

$$VPL_j = \sum_0^n F_n(1+i)^{-n} \quad (9)$$

Onde:

VPL_j – Valor presente líquido de um fluxo de caixa da alternativa j ;

n – Número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa;

F_n – Cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa e que ocorrem em n ;

i – Taxa de juros comparativo ou taxa mínima de atratividade.

Avaliação, exclusivamente econômica, do VPL é dada por (DIAS, 2007):

$VPL > 0$, o projeto é atrativo, ou seja, o investimento será recuperado;

$VPL = 0$, o projeto é indiferente;

$VPL < 0$, o projeto é não atrativo.

Um caso comum do VPL ocorre quando os valores envolvidos no fluxo de caixa são iguais ao longo do tempo. Neste caso, a equação é:

$$VPL_j = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right], \text{ com } i \neq 0 \quad (10)$$

Onde: A é o valor envolvido no fluxo de caixa, igual para todos os meses, e as outras variáveis já foram definidas anteriormente.

2.16.4 Taxa interna de retorno (TIR)

A TIR é uma taxa de retorno sobre o investimento, obtida através do seu fluxo de caixa. Ela corresponde à taxa de lucratividade dos investimentos de um projeto. Para tomada de decisão, essa taxa pode ser comparada com o custo de oportunidade da empresa ou com a(s) TIR(s) de outros projetos. Se sabemos a TIR de determinado projeto e também o custo de oportunidade da empresa, podemos dizer se o projeto é ou não economicamente viável para os padrões da empresa. Nessa avaliação, está implícito que o risco do projeto é análogo ao risco associado ao custo de oportunidade, pois não podemos comparar diretamente taxas de retorno associadas a diferentes níveis de risco. Para calcular a TIR de um investimento é necessário projetar um fluxo de caixa que aponte as entradas e saídas de dinheiro provocadas pelo investimento (CAVALCANTE, 2014).

2.16.5 Taxa interna de retorno modificada (MTIR)

O método da TIR possui uma característica onde insinua que os fluxos de caixa gerados ao longo do projeto serão reinvestidos à mesma taxa do projeto. Mas, muitas vezes, o projeto não permite reinvestimentos. Uma maneira de corrigir essa característica é aplicar o método da MTIR. Esse método admite que se defina uma taxa que acumula os fluxos de caixa gerados ao longo do projeto até o final da vida útil do mesmo. Esses valores são trazidos a valor presente de modo a gerar um VPL zero, o que permite calcular a MTIR. Quando calculamos a MTIR, fazemos com que os fluxos de caixa gerados ao longo do projeto sejam reinvestidos ao custo de oportunidade, e não ao próprio valor da TIR. A função MTIR possui três contextos: os valores do fluxo de caixa, a taxa de financiamento e a taxa de reinvestimento. O segundo contexto não é necessário. No terceiro contexto, taxa de reinvestimento, é colocado o valor do custo de oportunidade (CAVALCANTE, 2014).

2.16.6 Relação benefício/custo

Para projetos de engenharia, a definição dos custos e benefícios começa pela identificação da vida útil ou alcance de projeto. O alcance de projeto é o período de atendimento das estruturas físicas projetadas, tanto em equipamentos como em obras civis. As instalações prediais, geralmente usam alcance de 20 anos (DIAS, 2007).

Os custos de um sistema de aproveitamento de água de chuva são os custos de investimento e custos de exploração. Os custos de investimentos são fixos e incidem,

normalmente, no início do projeto, são os investidos para fazer funcionar o projeto, e podem ser divididos em custos diretos e indiretos. Sendo que os custos diretos são necessários para a execução e implantação do projeto, como por exemplo, na aquisição de equipamentos, construções de instalações, adaptações, estruturas e outros. Já os custos indiretos satisfazem aos custos de engenharia, aos juros pagos por empréstimos durante a construção de projeto. Os custos de exploração entendem-se como aqueles da operação e a manutenção do sistema, compreendendo os administrativos, são variáveis e ocorrem em parcelas mensais, ou anuais, só vai depender da escala de tempo utilizada na análise (DIAS, 2007).

Os benefícios diretos são formados pelos resultados do projeto; e os benefícios indiretos são compostos de maneira não intencional, pelos resultados do projeto. Os benefícios tangíveis são os valores econômicos como a economia no consumo de água, e os intangíveis são os que não aceitam uma avaliação econômica direta (DIAS, 2007).

2.16.7 Valor da tarifa pelo uso da água

O fornecimento de água potável, assim como o serviço de coleta e tratamento de esgotos é de responsabilidade da Sanepar na região do estudo de caso, no entanto o Decreto nº 3576/2016 regulamenta o sistema tarifário dos serviços prestados pela Sanepar e estabelece a classificações quanto ao uso, consumo mínimo de água a ser cobrado para economias residenciais, a forma de cálculo da tarifa de esgotos, dentre outros.

Tabela 5- Tabela de tarifas de saneamento básico, conforme Decreto nº 3576/2016.

TARIFA NORMAL – RESIDENCIAL			
	Até 10 m³	Excedente a 10 m³	Excedente a 30 m³
Água todas as Localidades Operadas	33,74	5,06/m ³	8,63/m ³
Curitiba Esgoto – 85%	28,68	4,30/m ³	7,34/m ³
Curitiba Água e Esgoto	62,42	9,36/m ³	15,97/m ³
Demais Localidades Esgoto – 80%	26,99	4,05/m ³	6,9/m ³
Demais Localidades Água e Esgoto	60,73	9,11/m ³	15,53/m ³

Fonte: (Decreto Nº 3576 de 29/02/2016, 2016)

3 METODOLOGIA

3.1 Determinação das características da área de estudo

Para o estudo de caso de implantação do sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva para uma residência unifamiliar existente padrão médio, foram utilizados dados reais de consumo e área de telhado.

No estudo de caso a residência está localizada na Rua Samuel Albach, 67, no bairro de Uvaranas, Ponta Grossa – Paraná.



Figura 29- Localização da residência do estudo de caso.
Fonte: Google Earth, 2016.

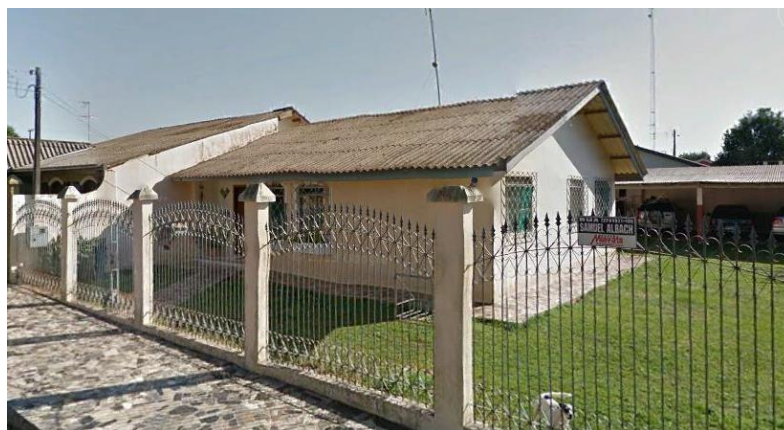


Figura 30- Residência do estudo de caso.
Fonte: Google Earth, 2016.

Dados básicos da residência:

- Área total do lote é de 450 m²;
- Área construída 260 m²;
- Área permeável (aproximadamente 15%);
- Área total do telhado em planta é de 295 m².

Esta residência têm caráter familiar, sendo ocupada por 5 (cinco) moradores (fixos). A edificação possui um pavimento, totalizando 260 m² de área total construída. A casa conta com abrigo para garagem, área de churrasqueira, lavanderia, hall de entrada, cozinha, sala de televisão, 3 dormitórios e 2 banheiros.

3.2 Estimativa do consumo de água para fins não potáveis na residência unifamiliar

A água de chuva será usada para fins não potáveis, não substituindo a água tratada com derivado clorado e flúor usado para banhos, para preparação de alimentos ou para ser ingerida, água esta, distribuída pela concessionária Sanepar. A utilização a ser dada à água é para os seguintes usos: descargas em bacias sanitárias, irrigação do gramado e plantas ornamentais, lavagem dos veículos, limpeza das calçadas e vidros. Não será incluída a lavagem de roupa devido ao problema do parasita *Cryptosporidium parvum* que para removê-lo é necessário filtro lento de areia. Vale salientar, que as torneiras deste sistema devem ser identificadas com placas, constando a informação de que a água proveniente é da chuva e não é potável, evitando assim problemas de uso inadequado da mesma (MURAKAMI, 2012).

Para a obtenção do valor de consumo mensal de água da chuva, foram considerados alguns aspectos e parâmetros de engenharia estimativos da demanda residencial de água potável para uso externo e interno. Todas as bacias sanitárias da residência são de nove litros por descarga e cada usuário usando-a cinco vezes ao dia. As lavagens dos dois carros ocorrem apenas duas vezes por mês gastando-se cerca de 150 litros por lavagem por carro. Já para a irrigação do jardim, é levado em conta que se gasta 2 L/m²/dia de jardim em dias alternados. A lavagem do piso é realizada uma vez por semana e tem o mesmo parâmetro de consumo da irrigação.

3.3 Levantamento e análise dos dados pluviométricos

Para análise dos dados pluviométricos se fez necessário o levantamento da série histórica de chuvas da região desejada. Para este caso, por ser a mais próxima da residência e por ter dados atuais disponíveis para consulta, foi usada a série histórica da estação pluviométrica Santa Cruz, código 2550003, localizada em Ponta Grossa – Paraná conforme a Figura 31.

SANTACRUZ
Código Pluviométrico da Estação: 2550003
Entidade Responsável: ANA
Entidade Operadora: AGUASPARANÁ
Estado: PARANÁ
Município: PONTAGROSSA
Bacia: RIO PARANÁ
Sub-bacia: RIOS PARANÁ, PARANAPANEMA E ...

Figura 31- Dados da estação.
 Fonte: (ANA, 2016)

Não é interessante que a coleta se dê imediatamente após o início da chuva, pois esta água inicial, ao escorrer pela cobertura, passa a conter sujeiras como excrementos de pássaros, folhas, entre outras impurezas que dificultam no processo de tratamento desta água. Para este estudo será suposto 20% de perda da água da chuva nesta água inicial que não se coleta, e também na evaporação e na água que transborda do reservatório quando a chuva é intensa. A quantidade então de água da chuva coletada em litros será igual à superfície da cobertura multiplicada pela pluviosidade média e por 0,8, ou seja, 80% coletada. Lembrando que se entende por “superfície” a área de cobertura quando esta é plana ou então a sua projeção em planta, quando inclinada.

Para fazer uma comparação entre a quantidade de água de chuva coletada e a quantidade de água fria consumida, foi considerada a superfície da cobertura da residência em estudo de 295 m², além da média do volume de chuva anual entre os anos de 2001 a 2015 na região de Ponta Grossa é de 1.655,75 mm (ANA, 2016).

$$V_{\text{água captada}} = \text{área do telhado} * \text{precipitação pluviométrica anual} * 0,8 * \frac{2}{3} \quad (11)$$

3.4 Dimensionamento do reservatório de água de chuva pelo método Rippl

O reservatório é o item responsável pela maior parcela de custo do sistema. Por isso, escolheu-se o método de *Rippl* apresentado no item 2.13.1 para o dimensionamento do reservatório, pois leva em conta a diferença acumulada entre a demanda e o volume captado. Após a definição do volume do reservatório, é imprescindível calcular a falha e a confiança do sistema de aproveitamento de água da chuva dimensionado, para identificar a funcionalidade do sistema durante o ano.

3.5 Análise da viabilidade econômica

3.5.1 Custo de implantação do sistema

Para a estimativa dos custos de materiais e equipamentos necessários à implantação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva foi realizada por meio de uma pesquisa de preço nas principais lojas de materiais de construção da cidade, onde verificou-se o preço médio de cada item. Os materiais orçados foram reservatórios superior e inferior de polietileno azul 1.000 litros, bomba Anauger 900, calha tubulações, peças e conexões.

3.5.2 Cálculo do atual custo com o consumo de água potável vinda da rede pública na residência de acordo com a tarifa da Sanepar.

O consumo mensal de água da rede pública da residência estudada mostra um consumo em torno de 22,5 m³/mês, (considerando 5 habitantes consumindo uma média diária de 150 L de água) o que significa o 12,5 m³ de consumo a mais que o mínimo cobrado pela concessionária Sanepar, no caso específico do Município de Ponta Grossa. Isto pode ser visto em uma conta mensal de serviços de água e esgoto, onde o preço para o consumo até 10 m³ é de R\$ 33,74, e acima disto o preço é escalonado, significando que quanto maior o consumo maior será o custo do m³.

3.5.3 Cálculo do novo custo com o consumo de água potável vindo da rede pública na residência de acordo com a tarifa da Sanepar, devido ao aproveitamento de água da chuva.

Considerando que, com o aproveitamento de água da chuva há uma redução de água potável de 10,7 m³, o volume de água tratada comprada da concessionária será então 11,80 m³ mensais, visto que o consumo médio mensal foi estimado em 22,5 m³. Portanto para o cálculo do novo custo com água potável foi considerado 11,80 m³ multiplicado pela tarifa da Sanepar.

3.5.4 Cálculo da economia na conta de água, proveniente ao aproveitamento da água da chuva

A economia gerada pelo aproveitamento de água da chuva foi encontrada pela subtração entre o custo com o consumo de 22,5 m³ de água potável pelo custo com o consumo de 11,80 m.

3.5.5 Taxa mínima de atratividade

O projeto de sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, em substituição a águas potáveis, é visto como uma oportunidade para que a residência possa agregar valores de sustentabilidade no gerenciamento financeiro e contribuir de forma efetiva na diminuição do impacto ambiental.

Neste trabalho, utilizou-se a taxa de atratividade com valor igual a 8%, valor este um pouco maior que a média aritmética relativa ao IPCA fixado em 6,69%, registrada entre os últimos 14 índices de inflação anual no Brasil, entre 2002 e 2015. Escolheu-se esta taxa uma vez que este projeto não tem como objetivo apresentar uma

rentabilidade financeira e sim, cobrir os custos de investimentos corrigidos pela inflação. Por tanto, entende-se que esta taxa de atratividade para a situação em análise seja a mais adequada. Este valor corresponde a um valor superior à média do rendimento acumulado da poupança brasileira entre os anos de 2002 a 2015 (7,91%). A economia média mensal na conta de água pela utilização de sistemas de aproveitamento de água da chuva, também foi considerada. Então, os cálculos foram realizados com base em períodos anuais.

3.5.6 Tempo de vida útil dos equipamentos

O tempo de análise de projetos acontece com a definição do ciclo de vida útil dos equipamentos, o qual é expresso em intervalos anuais. Para este estudo, o tempo de investimento foi fixado considerando que o projeto de captação e aproveitamento da água da chuva na residência opere durante 20 anos, embora, na prática, opere por muito mais tempo.

3.5.7 Fluxo de caixa

O fluxo de caixa descontado foi o utilizado para a avaliação econômica do projeto de implantação do sistema em estudo. O fluxo de caixa foi montado, usando-se as entradas de capital, as saídas referentes às despesas com manutenção. As entradas foram os valores economizados nas contas de água e de esgotos devido ao uso da água pluvial.

3.5.8 Avaliação dos custos iniciais de infraestrutura

Alguns parâmetros foram definidos para a realização dos cálculos da análise da viabilidade econômica, que resumem-se em custos com materiais e equipamentos, custos de energia elétrica devido ao bombeamento de água para o reservatório superior, e custos com mão-de-obra. Como o investimento inicial que foi estimado com base em dados e informações obtidos por empresas da região de Ponta Grossa que comercializam equipamentos de aproveitamento de águas pluviais. Assim, fez-se uma estimativa dos valores de materiais e equipamentos necessários, através de uma pesquisa de preço nas principais lojas de materiais de construção da cidade, onde se verificou as médias de preços e obteve-se o orçamento. Os custos com tubulações e conexões serão estimados em função de um percentual de 15% do custo total de implantação do sistema, como recomenda (FERREIRA, 2005) em um estudo parecido.

Dentro dos custos considerados, supõe-se que as cisternas serão instaladas em alguma superfície adequada, sendo apoiada e não enterrada.

Os custos com calhas galvanizada, e condutores verticais e horizontais de PVC, com 100 mm de diâmetro, para a drenagem de água pluvial, foram orçados por três empresas especializadas na cidade, obtendo uma média no valor.

Os custos com mão-de-obra foram obtidos através de uma estimativa de preço realizada por profissionais especializados em execução de projetos hidrossanitários. Verificou-se o custo de execução dos serviços por dias trabalhados.

O custo de manutenção anual a ser considerado no sistema em estudo, apresentado no item 2.12.10, varia entre R\$75,00 a R\$200,00.

3.5.9 *Payback* descontado, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e taxa interna de retorno modificado (MTIR)

Existem diversas formas de se analisar a viabilidade econômica de um projeto, e os escolhidos para o sistema de aproveitamento da água da chuva foram o *payback*, VPL e o TIR. Os métodos foram calculados no Excel através da confecção da planilha de fluxo de caixa descontado no período de 20 anos.

Foi utilizado o *payback* descontado abatendo os saldos com os valores presentes do fluxo de caixa. Para a análise através dos métodos, também foi definida uma taxa mínima de atratividade com intenção de descobrir o tempo para recuperação do valor investido. Foram considerados: o investimento inicial para a compra e instalação do sistema de captação, o aproveitamento de água da chuva; a economia anual obtida com a utilização de água potável para fins não potáveis, tendo por base a redução no valor da conta de água/esgoto, baseando-se nas tarifas apresentadas no item 2.17.7; e os custos anuais de manutenção.

O método do valor presente líquido foi calculado para verificar o impacto que o projeto terá no orçamento da residência em estudo. O saldo da soma dos valores presentes de todos os fluxos de caixa do projeto, incluindo as saídas de caixa é o VPL.

O outro método avaliado foi a taxa interna de retorno (TIR), sendo que esta é uma taxa de retorno própria do projeto, obtida através do seu fluxo de caixa. Para tomada de decisão, essa taxa foi comparada com o custo de oportunidade do sistema na residência estudada. O método da TIR pressupõe que os fluxos de caixa gerados ao longo do projeto serão reinvestidos à mesma taxa do projeto. A maneira de corrigir essa característica é aplicar o método da MTIR.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Estimativa do consumo de água para fins não potáveis na residência unifamiliar

A concessionária Sanepar disponibiliza o manual de obras sanitárias, no próprio *site*, em que apresenta uma estimativa de demanda mensal de água para residências de padrão baixo, médio e alto, como segue na **Erro! Fonte de referência não encontrada**.6.

Tabela 6- Consumo de água per capta.

Doméstico		
Tipo	Unidade	q - Consumo (l/dia.hab)
Suposição: Residência padrão médio	Per capita	150

Fonte: (SANEPAR, 2013)

A demanda mensal total da residência é de: 150 (litros por habitante) x 5 (habitantes) x 30 (dias) = 22.500 l, ou 22,5 m³/mês. O que é muito próximo a média mensal obtida de 21,88 m³ de água potável, proveniente da Sanepar, consumida pela família do estudo. O Quadro 3 refere-se aos dados de consumo relativos ao último ano da residência.

Mês	Consumo m ³
Fevereiro/2015	18
Março/2015	22,5
Abril/2015	18
Maió/2015	18
Junho/2015	24,75
Julho/2015	22,5
Agosto/2015	22,5
Setembro/2015	24,75
Outubro/2015	22,5
Novembro/2015	24,75
Dezembro/2015	18
Janeiro/2016	22,5

Quadro 3- Consumo mensal de água da rede pública da residência estudada.

Fonte: A AUTORA, 2016

Para o cálculo da demanda mensal de água pluvial do referido estudo de caso foi considerado:

Usos da água não potável	Quantidade	Frequência	Consumo de água na atividade	Demanda de água pluvial por mês
Descarga	5 usuários	30 dias no mês 5 idas diárias ao banheiro	9 litros	6,75 m³
Lavagem dos veículos	2 carros	2 vezes por mês	150 litros por lavagem	0,6 m³
Irrigação do jardim	67,5 m ² de jardim	15 vezes no mês	2 litros/m ²	2,03 m³
Lavagem de piso	165 m ² de calçada	4 vezes por mês	2 litros/m ²	1,32 m³
Total				10,70 m³

Quadro 4- Demanda mensal de água pluvial do referido estudo de caso

Fonte: A AUTORA, 2016

4.2 Levantamento e análise dos dados pluviométricos

4.2.1 Quantidade de água a ser coletada

A comparação entre a quantidade de água de chuva coletada e a quantidade de água fria consumida, considerando a superfície da cobertura da residência em estudo de 295 m² tem-se:

$$V_{\text{água captada}} = 295 \text{ m}^2 * \left(\frac{1.655,75}{1000} \text{ m/ano} * 0,8 * \frac{2}{3} \right)$$

$$V_{\text{de água captada}} = 260,50 \text{ m}^3 / \text{ano}$$

Este valor estimado significa que ao final de um ano aproximadamente 260.500,00 litros de água seriam economizados em descargas sanitárias, lavagem de carros, limpeza dos vidros, irrigação de jardins entre tantos outros usos que se podem dar à água da chuva.

4.2.2 Levantamento dos dados pluviométricos

Foram utilizados para o cálculo de reservatório, índices pluviométricos dos últimos 15 anos do Município de Ponta Grossa (de 2001 a 2015), visto que este período não possui nenhuma lacuna de registro, e é mais do que suficiente para caracterizar a pluviosidade da área em estudo.

Tabela 7- Dados pluviométricos das chuvas médias mensais do ano 2001 ao ano 2015.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015	154,6	201,0	183,7	102,3	243,7	86,4	311,4	55,9	153,5	161,2	244,8	210,0
2014	223,4	195,0	180,2	106,4	111,5	172,9	61,3	59,8	229,0	64,6	247,4	294,8
2013	202,1	266,1	153,4	97,1	153,4	347,2	105,9	30,8	180,7	114,9	132,3	184,4
2012	207,0	154,2	119,1	216,5	79,4	255,8	72,6	5,6	71,3	164,4	169,4	226,9
2011	361,0	206,1	79,6	81,3	26,6	128,6	159,6	392,4	62,3	209,0	110,4	47,8
2010	251,4	227,7	248,7	157,1	79,0	66,3	99,1	35,3	59,5	172,4	83,4	293,5
2009	258,8	205,2	99,9	12,3	81,3	97,2	339,6	99,6	269,1	171,3	200,6	183,1
2008	140,2	145,1	130,1	158,8	80,1	141,5	53,7	183,1	53,0	266,1	92,9	23,0
2007	217,7	142,7	155,7	71,0	159,4	4,3	145,6	22,7	46,0	59,7	187,1	218,0
2006	98,9	112,4	86	11,3	8,9	33,1	68,5	59,5	237,7	75,9	211,1	154,8
2005	172,9	67,2	40,6	140,0	139,5	57,9	76,4	100,1	261,6	244,2	84,6	35,4
2004	59,9	49,7	75,8	85,2	172,0	104,6	136,0	16,7	81,4	211,7	204,7	215,0
2003	98,3	106,0	88,9	112,0	31,0	52,3	129,9	15,0	136,5	178,8	187,1	286,5
2002	253,7	143,5	60,7	12,9	121,8	29,0	37,9	99,3	176,8	138,3	206,5	122,7
2001	191,1	302,7	95,2	86,6	156,7	88,1	131,2	80,4	114,7	235,8	124,2	94,0

Fonte: Adaptado ANA (2016)

O Gráfico 1 apresenta a precipitação média em cada mês do ano e também a precipitação média total que será usada no cálculo da viabilidade econômica do projeto.

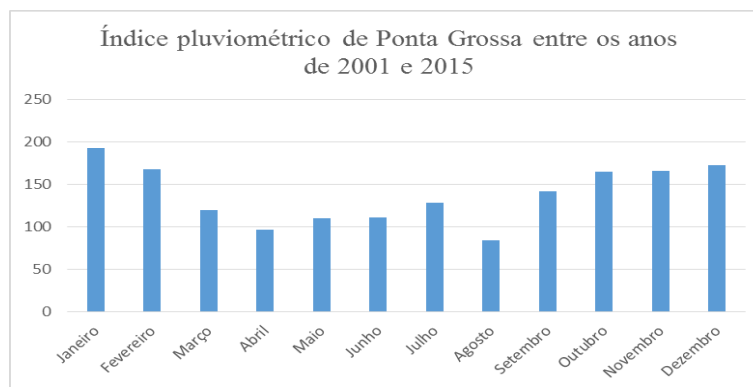


Gráfico 1- Dados pluviométricos das chuvas médias mensais do ano 2001 ao ano 2015.
Fonte: Adaptado ANA (2016)

4.3 Dimensionamento do reservatório de água de chuva pelo método *Rippl*

Para o dimensionamento do reservatório de água no sistema de captação e aproveitamento da água da chuva, foi utilizado o método de *Rippl*, com o valor de 0,8 para o coeficiente de *Runoff*, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8- Método de *Rippl* para dimensionamento de reservatório.

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Volume Acumulado (m ³)	Área de captação (m ²)	Coefficiente de <i>Runoff</i>	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume Acumulado (m ³)	Volume de chuva demanda (m ³)	Volume do reservatório de água de chuva (m ³)
Janeiro	192,73	10,70	10,70	295	0,8	45,49	45,49	34,79	-
Fevereiro	168,31	10,70	21,40	295	0,8	39,72	85,21	29,02	-
Março	119,84	10,70	32,10	295	0,8	28,28	113,49	17,58	-
Abril	96,72	10,70	42,80	295	0,8	22,83	136,31	12,13	-
Maio	109,62	10,70	53,50	295	0,8	25,87	162,18	15,17	-
Junho	111,01	10,70	64,20	295	0,8	26,20	188,38	15,50	-
Julho	128,58	10,70	74,90	295	0,8	30,34	218,73	19,64	-
Agosto	83,75	10,70	85,60	295	0,8	19,76	238,49	9,06	-
Setembro	142,21	10,70	96,30	295	0,8	33,56	272,05	22,86	-
Outubro	164,55	10,70	107,00	295	0,8	38,83	310,89	28,13	-
Novembro	165,77	10,70	117,70	295	0,8	39,12	350,01	28,42	-
Dezembro	172,66	10,70	128,40	295	0,8	40,75	390,76	30,05	-
TOTAL	1655,75	128,40				390,76			

Número de dias que haverá suprimentos com água de chuva: 0 dias

Fonte: A AUTORA, 2016

Com a entrada dos dados na tabela do método de *Rippl*, observa-se que a coluna volume de chuva – demanda (diferença entre o volume de chuva mensal e volume de demanda mensal) retornou somente valores positivos, que não são valores válidos, sendo assim, o volume do reservatório se faz satisfatório igual ao volume de demanda mensal constante, que no caso é 10,70 m³. Para verificação e refinamento deste método, será utilizado ainda o cálculo do volume do reservatório através do método da Simulação, conforme as Tabelas 9 e 10. Na Tabela 9, foi mantido o volume do reservatório encontrado no método de *Rippl*, objetivando um melhor entendimento do refinamento a ser realizado no método da simulação demonstrado na Tabela 10.

Tabela 9-Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação (sem refinamento)

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Coefficiente de <i>Runoff</i>	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório (m ³)	Volume do reservatório T-1 (m ³)	Volume do reservatório T (m ³)	Overflow	Suprimento
Janeiro	192,73	10,70	295	0,8	45,49	10,7	0,00	34,79	0,00	0
Fevereiro	168,31	10,70	295	0,8	39,72	10,7	10,70	39,72	0,00	0
Março	119,84	10,70	295	0,8	28,28	10,7	2,50	20,08	0,00	0
Abril	96,72	10,70	295	0,8	22,83	10,7	2,50	14,63	0,00	0
Mai	109,62	10,70	295	0,8	25,87	10,7	2,50	17,67	0,00	0
Junho	111,01	10,70	295	0,8	26,20	10,7	2,50	18,00	0,00	0
Julho	128,58	10,70	295	0,8	30,34	10,7	2,50	22,14	0,00	0
Agosto	83,75	10,70	295	0,8	19,76	10,7	2,50	11,56	0,00	0
Setembro	142,21	10,70	295	0,8	33,56	10,7	2,50	25,36	0,00	0
Outubro	164,55	10,70	295	0,8	38,83	10,7	2,50	30,63	0,00	0
Novembro	165,77	10,70	295	0,8	39,12	10,7	2,50	30,92	0,00	0
Dezembro	172,66	10,70	295	0,8	40,75	10,7	2,50	32,55	0,00	0
TOTAL	1655,75	128,40			390,76				0	0

Fonte: A AUTORA,2016

Tabela 10-Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação (com refinamento)

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório (m ³)	Volume do reservatório T-1 (m ³)	Volume do reservatório T (m ³)	Overflow	Suprimento
Janeiro	192,73	10,70	295	0,8	45,49	2,00	0,00	0,00	32,79	0
Fevereiro	168,31	10,70	295	0,8	39,72	2,00	10,70	10,70	37,72	0
Março	119,84	10,70	295	0,8	28,28	2,00	2,50	2,50	18,08	0
Abril	96,72	10,70	295	0,8	22,83	2,00	2,50	2,50	12,63	0
Mai	109,62	10,70	295	0,8	25,87	2,00	2,50	2,50	15,67	0
Junho	111,01	10,70	295	0,8	26,20	2,00	2,50	2,50	16,00	0
Julho	128,58	10,70	295	0,8	30,34	2,00	2,50	2,50	20,14	0
Agosto	83,75	10,70	295	0,8	19,76	2,00	2,50	2,50	9,56	0
Setembro	142,21	10,70	295	0,8	33,56	2,00	2,50	2,50	23,36	0
Outubro	164,55	10,70	295	0,8	38,83	2,00	2,50	2,50	28,63	0
Novembro	165,77	10,70	295	0,8	39,12	2,00	2,50	2,50	28,92	0
Dezembro	172,66	10,70	295	0,8	40,75	2,00	2,50	2,50	30,55	0
TOTAL	1655,75	128,40			390,76				274	0

Número de meses que o reservatório não atendeu a demanda: 0

Confiança do sistema: 100%

Fonte: A AUTORA, 2016

Conforme demonstrado na Tabela 10, o volume do reservatório será de 2,00 m³, que será distribuído com um reservatório superior de 0,50 m³ e um reservatório inferior de 1,5 m³, não gerando o suprimento de água potável fornecida pela concessionária local e dispensando um excesso de 274,00 m³ anuais de água captada da chuva devido a extravasamento do reservatório. Após a definição do volume do reservatório, é necessário calcular a falha do sistema (verificará se o sistema apresentou falhas durante o dimensionamento), e a confiança do sistema de aproveitamento de água da chuva dimensionado.

$$Falha = Pr = \frac{Nr}{N} = \frac{0}{12} = 0\% \quad (12)$$

Portanto a falha é igual a zero, ou seja, o dimensionamento não apresentou falhas.

$$Confiança = (1 - Pr) = (1 - 0) = 100\% \quad (13)$$

Logo, o sistema de aproveitamento de água da chuva tem seu funcionamento durante o ano com 100% de confiança.

4.4 Análise da viabilidade econômica

4.4.1 Custo de implantação do sistema

Os valores médios pesquisados no mercado dos materiais e serviços orçados, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 11.

Para facilitar a instalação, optou-se no presente estudo em instalar o reservatório inferior sobre o solo, e não enterrado. Neste caso, recomenda-se ter toda a área da base do reservatório inferior assentada em uma superfície horizontal plana, lisa e nivelada, isenta de qualquer irregularidade e com área maior do que a área do fundo do reservatório. Quanto ao reservatório superior, optou-se em localizá-los sobre a laje de concreto da cobertura da edificação.

O custo com energia elétrica, por exemplo, para uma bomba de 0,75 CV (220 V), com potência nominal de 870 W, em uma residência onde o aproveitamento médio de água não potável mensal é da casa dos 10,7 mil litros mensais, os gastos com energia elétrica são de R\$ 2,95/ano ou R\$ 0,25/mês. Desta forma, este custo pode ser ignorado, em função da sua ordem de grandeza desprezível.

O custo de manutenção anual a ser considerado no sistema em estudo, é estimado em R\$200,00.

O custo aproximado de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva da residência, para o volume de 10,70 m³, apresentou os seguintes valores:

Tabela 11- Resumo do custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Reservação e captação	Custo (R\$)
Reservatório superior (500 litros de polietileno Azul Fortlev).	R\$ 255,00
Reservatório inferior (1500 litros de polietileno Azul Fortlev).	R\$ 762,80
Bomba Anauger 900.	R\$ 298,00
Filtro volumétrico/freio d' água/ conjunto aspiração para cisterna.	R\$ 988,90
Calha, tubos, conexões e demais acessórios.	R\$ 720,00
Sistema de descarga	
Válvula solenoide.	R\$ 362,50
Tubos, conexões e demais acessórios.	R\$ 174,00
Irrigação, Lavagem dos carros	
Tubos, conexões e demais acessórios.	R\$ 435,00
Complementares	
Mão de obra.	R\$ 800,00
Projeto.	R\$ 1.000,00
Custo total do sistema	R\$ 5.796,20

Fonte: A AUTORA, 2016

Este estudo apresenta um modelo de implantação, portanto o comprimento das tubulações varia conforme cada projeto de instalação, lembrando que foi orçada usado tubulação variando de 75 a 100 mm na captação de 50 a 40 mm na distribuição.

4.4.2 Cálculo do atual custo com o consumo de água potável vinda da rede pública na residência de acordo com a tarifa da Sanepar.

O consumo mensal da residência em estudo é de 22,5 m³/mês, que gera um custo de:

- Consumo de água Potável 22,5 m³ por mês:

R\$ 33,74 para 10 m³ + R\$ 5,06 x 12,5 m³

Totalizando R\$ 96,99 por mês. (Tabela 7).

Para um ano tem-se R\$ 96,99 x 12 meses = **R\$ 1.163,88**

- A taxa de esgoto é referente a 80% do consumo de água, para 22,5 m³:

R\$26,99 para 10 m³ + R\$ 4,05 x 12,5 m³

Totalizando R\$ 77,62 por mês (tabela de preços da Sanepar – (Tabela 7).

Para um ano tem-se R\$ 77,62 x 12 meses = **R\$ 931,38**

- Custo Total: **R\$ 174,61 por mês.**
- Custo Total: **R\$ 2.095,26 por ano.**

4.4.3 Cálculo do novo custo com o consumo de água potável vindo da rede pública na residência de acordo com a tarifa da Sanepar, devido ao aproveitamento de água da chuva.

- Consumo de água Potável 22,5 m³ - consumo de água da chuva 10,70 m³ = 11,80 m³ consumo total de água potável:

$$\text{R\$ } 33,74 \text{ para } 10 \text{ m}^3 + \text{R\$}5,06 \times 1,80 \text{ m}^3$$

Totalizando R\$ 42,85 por mês (Tabela 7).

$$\text{Para um ano tem-se } \text{R\$ } 42,85 \times 12 \text{ meses} = \text{R\$ } \mathbf{514,18}$$

- Valor da taxa de esgoto é referente a 80% do consumo de água, 11,80 m³

$$\text{R\$}26,99 \text{ para } 10 \text{ m}^3 + \text{R\$}4,05 \times 1,80 \text{ m}^3$$

Totalizando R\$ 34,28 por mês (Tabela 7).

$$\text{Para um ano tem-se } \text{R\$ } 34,28 \times 12 \text{ meses} = \text{R\$ } \mathbf{411,36}$$

- Custo Total: **R\$ 77,13 por mês.**
- Custo Total: **R\$ 925,56 por ano.**

➤

4.4.4 Cálculo da economia na conta de água, proveniente ao aproveitamento da água da chuva

$$\text{Economia} = \text{Custo com o consumo de } 22,50 \text{ m}^3 - \text{Custo com o consumo de } 11,80 \text{ m}^3$$

$$\text{Economia} = 174,61 - 77,13$$

$$\text{Economia} = \text{R\$ } \mathbf{97,48/\text{mês}}$$

$$\text{Total economizado por ano (R\$): } \text{R\$ } \mathbf{1.169,70/\text{ano}}$$

A demanda mensal total da residência é de 22,5 m³, o que custaria a quantia de R\$174,61 por mês. Com o abatimento de 10,70 m³/mês proporcionado pelo aproveitamento da água pluvial, o valor mensal pago reduziria para R\$ 77,13, gerando uma economia de R\$ 97,48 por mês que equivale a uma economia de R\$ 1.169,70 em um ano, representando 55,83 % do valor total pago anteriormente. Neste valor, já está inclusa a tarifa de esgoto, que é de 80% do valor da água tratada consumida.

4.4.5 Métodos de análise

No estudo de caso, o valor inicial estimado de investimento é de R\$ 5.796,20, a economia anual estimada com a conta de água é de R\$ 1.169,70 e a manutenção anual é estimada em R\$ 200,00, considerando um alcance de 20 anos para este sistema, a soma dos retornos, então, é maior que a soma dos investimentos e manutenção, portanto o fluxo de caixa parece muito vantajoso. Entretanto, pelo princípio do valor do dinheiro no tempo sabe-

se que, por exemplo, 100 reais no futuro vale menos do que 100 hoje, por isso, é preciso trazer cada termo à valor presente, conforme a Tabela 12. A Tabela 12 apresenta o *Payback* descontado método calculado no *excel* através da confecção da planilha de fluxo de caixa descontado, para a implantação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, de acordo com os dados de fluxo de caixa.

Tabela 12- Tabela base de fluxo de caixa descontado com a obtenção do *payback*.

PAYBACK DESCONTADO			
Ano	Fluxo de Caixa Livre (FCL)	VP do FCL	VP do FCL acumulado
0	- 5.796,20	- 5.796,20	- 5.796,20
1	969,70	897,87	- 4.898,33
2	969,70	831,36	- 4.066,97
3	969,70	769,78	- 3.297,19
4	969,70	712,76	- 2.584,43
5	969,70	659,96	- 1.924,47
6	969,70	611,08	- 1.313,39
7	969,70	565,81	- 747,58
8	969,70	523,90	- 223,68
9	969,70	485,09	261,41
10	969,70	449,16	710,57
11	969,70	415,89	1.126,45
12	969,70	385,08	1.511,53
13	969,70	356,56	1.868,09
14	969,70	330,15	2.198,24
15	969,70	305,69	2.503,93
16	969,70	283,05	2.786,97
17	969,70	262,08	3.049,05
18	969,70	242,67	3.291,72
19	969,70	224,69	3.516,41
20	969,70	208,05	3.724,46
O <i>payback</i> descontado ocorre em 8,46 anos ou 8 anos e 6 meses			

Fonte: A AUTORA, 2016

O fluxo de caixa simples foi preparado como mostra a segunda coluna da Tabela 12, usando-se as entradas de capital e as saídas referentes às despesas com manutenção. O valor manteve-se o mesmo ao longo dos anos considerando que o custo com o projeto será constante. Entretanto, pelo princípio do valor do dinheiro no tempo a terceira coluna apresenta cada termo à valor presente, utilizando a fórmula dos juros compostos, formando a coluna do fluxo de caixa descontado. O saldo da soma dos valores presentes de todo o fluxo de caixa do

projeto, incluindo as saídas de caixa, a uma taxa de 8% (conforme definido na metodologia), resultou no VPL de R\$ 3.724,46. Isto significa que, o fluxo de caixa na entrada supera o fluxo de caixa na saída em R\$ 3.724,46, ou seja, investe-se R\$ 5.796,20 no sistema de captação e aproveitamento de água da chuva que vale R\$ 9.520,66. O VPL indicou o lucro que o sistema trará.

Com os fluxos na planilha foi realizado o cálculo do *payback*. Sabe-se que o *payback* se realizou quando o fluxo de caixa acumulado passou de negativo para positivo. Neste estudo, o fluxo acumulado passou de negativo para positivo, no ano 9, logo o *payback* ocorre ao longo do ano e seu valor está entre 8 e 9 anos. A parte fracionária é obtida dividindo-se o último fluxo acumulado negativo pelo fluxo do ano em que o *payback* ocorre. Com isso, o *payback* descontado não ultrapassou a vida útil do investimento, evidentemente, será possível obter o retorno sobre o que foi gasto inicialmente, num período de 8 anos e 6 meses. O tempo de retorno do investimento foi inferior à vida útil dos mesmos, visto que estimou-se a vida útil destes equipamentos em 20 anos.

A Taxa Interna de Retorno foi obtida através do fluxo de caixa pela função no *excel* TIR, a qual seleciona toda a coluna do fluxo de caixa livre, assim esse método pressupõe que o fluxo de caixa gerado ao longo do projeto será reinvestido à mesma taxa do projeto. Com isso a Taxa interna de retorno apresentou-se superior à taxa mínima de atratividade, sendo 16% e 8% respectivamente. Então podemos dizer que o sistema é economicamente viável para os padrões da residência. Matematicamente, os 16% ao ano representam a taxa de juros que iguala no momento 0 o fluxo de entradas de caixa ao fluxo de saídas de caixa. Nessa avaliação, está implícito que o risco do projeto é equivalente ao risco associado ao custo de oportunidade, pois não podemos comparar diretamente taxas de retorno associadas a diferentes níveis de risco, por isso, foi calculado a taxa interna de retorno modificada resultando em 11% ao ano, esse resultado significa que todos os valores (não importa se positivos ou negativos) são por ela remunerados. Com esse resultado o investimento é considerado lucrativo. Este estudo financeiro mostra que o investimento em sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, para o caso estudado é um investimento atrativo.

5 CONCLUSÃO

O aproveitamento da água da chuva é uma maneira simples, responsável e sustentável de contribuir com o meio ambiente, fazendo com que a humanidade aponte para o desenvolvimento evolutivo do homem, como ser humano racional e inteligente. O sistema de captação e aproveitamento admite que é possível usar os recursos naturais de modo equilibrado, sem degradar ou acabar com as suas fontes possibilitando a renovação dos mesmos.

Dentro do objetivo geral deste estudo de caso, aponta para a viabilidade da utilização da água de chuva nas atividades que não necessitam de água potável. Após a pesquisa de campo, foram identificados dados referentes aos consumos de água potável e não potável, avaliou-se o consumo e determinou-se a demanda de aproveitamento de água pluvial necessário para esse fim. Com estes dados alimentou-se a tabela do método de *rippl*, encontrando-se os volumes de reservatórios, superior e inferior, necessários e a economia em valores monetários de água potável.

O desenvolvimento da pesquisa utilizando esse estudo de caso proporcionou informações importantes para tomada de decisão de investir ou não em um projeto de reuso de água da chuva. Obtiveram-se resultados econômicos favoráveis, sendo extremamente atrativo o investimento, visto que, o valor presente líquido é significativo, a taxa interna de retorno supera a taxa mínima de atratividade e os tempos de retorno do investimento são menores que os tempos de vida dos equipamentos. A partir do momento em que o sistema se torna eficiente com a incidência de chuvas, conclui-se que ele não será útil em áreas de baixa pluviosidade ou regiões com períodos de chuvas curtos.

Em relação ao aspecto ambiental e social, há um encorajamento à conservação de água, a autossuficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade, é que o sistema de aproveitamento da água de chuva possibilita a redução do consumo de água tratada, a consequente preservação dos mananciais de abastecimento e a inclusão social através da disponibilização deste recurso para toda a população.

Diminuir o consumo de água tratada, conservar os mananciais e promover a recarga das águas subterrâneas são medidas necessárias e urgentes para evitar a crise no abastecimento de água potável das cidades. Para que todos possam viver em um mundo melhor, no qual a sociedade não vise tão somente lucros financeiros e bem estar individual, sem ter a preocupação com o futuro, dependemos de seres humanos responsáveis e preocupados em gerir e construir um mundo ecologicamente correto e sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)-**NBR-10844**. (1989). *Instalações prediais de águas pluviais*.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)-**NBR-12214**. (1992). Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)-**NBR-15527**. (2007). Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)-**NBR-5626**. (1998). Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro.
- ADESULCALHAS. (2016). adesulcalhas. **Calhas**. Acesso em Março de 2016, disponível em adesulcalhas: <http://www.adesulcalhas.com.br/telas-de-protecao-para-calhas>
- ALMANAQUE ABRIL. (2014). **Rumos Geograficos**. <https://almanaque.abril.com.br/materia/um-problema-que-afeta-a-todos>.
- ANA. (2016). Fonte: **Agencia Naciona das Águas**: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>
- ANAUGER. (2016). **Bomba Anauger**. Fonte: [anauger](http://www.anauger.com.br/): <http://www.anauger.com.br/>
- ANCCT. (2003). Acesso em Maio de 2016, disponível em **Agencia Nacional para a cultura científica e tecnológica**: <http://atelier.uart.mct.pt/rota-do-tempo/Umidade/Precipitação.htm>
- BBC Brasil. (Agosto de 2006). Acesso em Março de 2016, disponível em **BBC Brasil**: www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2006/08/060821.
- BELLA Calha . (2016). Acesso em Março de 2016, disponível em **Kit Residencial - Filtro VF1: BELLA Calha. Kit Residencial** - [Filtrowww.acquasave.com.br/index_acqua.php?pg=acqua_residencial](http://www.acquasave.com.br/index_acqua.php?pg=acqua_residencial).
- CASA. (2010). Acesso em Março de 2016, disponível em **CASA**: www.casa.abril.com.br/planeta/produtos/planeta_185719.shtml.
- CAVALCANTE, F. (2014). **Cavalcante Associados**. Acesso em Junho de 2016, disponível em Cavalcante Associados: <http://www.cavalcanteassociados.com.br/utd/UpToDate340.pdf>
- CROOK, J. a. (1993). **Critérios de Qualidade da Água para Reuso**. Revista DAE 174.
- CRUZ, WILIANS MONTEFUSCO DA. (2014). **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em edificações residenciais: caso de estudo em Rio Branco/AC**. Belém, Pará, Brasil : s.n., 2014.
- DAEBAURU. (2006). Acesso em Fevereiro de 20, disponível em **DAEBAURU. Departamento de Água e Esgoto de Bauru**. Ciclo da água.: www.daebauru.com.br/site2006/centro/ciclo_agua
- DECA. (2016). Acesso em Março de 2016, disponível em Torneira para Lavatório de Mesa com Sensor Bivolt **Decalux**: www.deca.com.br/produtos/torneira-acionamento-c-sensor-decaluxbivolt-2
- Decreto Nº 3576 DE 29/02/2016. (2016). Fonte: LEGISLAÇÃO: <http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=316966>

- DIAS, I. C. (2007). Análise da viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em residências na cidade de João Pessoa - PB. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 38.
- DOCOL . (2016). Acesso em Março de 2016, disponível em Metais Sanitários. Arejador Econômico: **DOCOL** Metais Sanitários. Arejador Econômico. Disponível em: www.docol.com.br/produtos_detalle/docolmatic9/complementosdocolmatic23/arejador-economico-123/arejador-tt-m18-2175.
- DORNELLES, F., TASSI, R., & GOLDENFUM, J. (2012). Metodologia para ajuste do fator de Esgoto/água para aproveitamento de água de chuva (Vol. 17). **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**.
- DORNELLES, FERNANDO. (2012). **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil** : s.n., abril de 2012.
- ECOCASA. (2010). Acesso em Fevereiro de 2016, disponível em **ECOCASA**: www.ecocasa.com.br/produtos.asp?it=1212.
- EDWARDS, B. (2008). **O guia básico para sustentabilidade** (2. ed. ed.). Barcelona: GG.
- FAZACONTA. (2014). *Faz a Conta*. Acesso em Junho de 2016, disponível em **Faz a Conta**: <http://fazaconta.com/matematica-financeira-val-tir.htm>
- FERNANDES, A. L. (2009). **Sustentabilidade das construções: Construções para um futuro melhor – Reaproveitamento da água**. Belo Horizonte.
- FERREIRA, D. F. (2005). **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis - SC**, Trabalho de conclusão de curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.
- FIESP/ANA -Brasil. (2004). Acesso em Março de 2016, disponível em **Conservação e Reuso de Água: Manual de Orientações para o Setor Industrial**. São Paulo: www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf
- FORTLEV. (2011). Acesso em Março de 2016, disponível em **Fortlev**: http://www.fortlev.com.br/externos/produto/catalogo/suporte_20100820090833.pdf
- GARCEZ, L., & ALVAREZ, G. (1988). **Escoamento superficial**. (Hidrologia. 2 ed ed.). (E. Blucher, Ed.) São Paulo.
- GHANAYEM, M. (2001). *Environmental considerations with respect to rainwater harvesting. Palestine, Applied Research Institute Jerusalem. In: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS. Germany: Manheim*.
- GNADLINGER, J. (2000). **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. Fonte: Associação Internacional de Sistemas de Coleta de água de chuva, 2º Fórum Mundial da água, Holanda: <http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **INMET**. (2016). junho de 2016.
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario>.
- KITA, I. e. (1999). *Local government's financil assistance for rainwater utilization in Japan In: Conferência internacional sobre sistemas de captação de água de chuva*. Petrolina: ABRH.
- LEROY MERLIN. (2016). Fonte: **Leroy Merlin**: www.leroymerlin.com.br
- MACHADO, RAFAEL PINHIRO. (2013). **Análise da viabilidade ambiental e economica da implntação de dispositivos de aproveitamento de águas pluviais**. Santo André, São Paulo, Brasil : s.n., 2013.
- MACHADO, TIAGO GARCIA E DE LIMA, RICARDO PAGANELLI. (2008). **Aproveitamento de água pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações**. Barretos, São Paulo, Brasil : s.n., 2008.
- MANCUSO, P. C., & Santos, H. F. (2003). *Reuso de Água*. Barueri, SP: Manole.
- MURAKAMI, L. M. (2012). A utilização de água de maneira sustentável em residencias unifamiliares. São Paulo: Universidade Prebiteriana Mackenzie.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. (09 de março de 2016). Fonte: MRE (Ministério das Relações Exteriores): OMS, Organização Mundial<http://www.mre.gov.br/cdbrazil/itamaraty/web/port/relext/mre/nacun/agespec/oms>
- PERONA, JEAN FRANÇOIS. (2011). **Eficiência do uso da água nas edificações**. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil : s.n., 2011.
- RAMOS, M. H. (2005). **Desenvolvimento de Alternativas para a Reutilização da Água no Serviço Público Municipal**. Acesso em Março de 2016, disponível em semasa:
http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_55.pdf
- RENATO. (2014). **Renato aulas particulares**. Acesso em junho de 2016, disponível em Renato Aulas Particulares: http://www.renatoaulasparticulares.com.br/payback_excel.htm
- SANEPAR. (2013). **Manual de Obras de Saneamento**. Fonte: <http://www.sanepar.com.br>
- SEMPRE SUSTENTÁVEL . (2016). Acesso em 29 de Janeiro de 2016, disponível em **Filtro de Água de Chuva de Baixo Custo**: www.sempresustentavel.com.br
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO: Diagnóstico dos serviços de água e esgoto-2009. BRASIL, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília.
- SOLOSTOCKS. (2016). *solostocks*. Acesso em Março de 2016, disponível em solostocks:
<http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/outros/ralo-tipo-abacaxi-741799>
- SUSTENTARAQUI. (2016). Fonte: <http://www.sustentaraqui.com.br>
- TÉCHNE* . construções eficientes. (Junho de 2006). Acesso em Março de 2016, disponível em Revista **Téchné**, São Paulo, nº111: www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/111/artigo22896-1.asp
- TECNOTRI*. (2016). Fonte: <http://www.tecnotri.com.br/reservatorio.http>

- TELLES, D. D., & COSTA, R. H. (2007). **Reuso da Água: Conceitos, teorias e práticas**. . (Blucher, Ed.)
TELLES, Dirceu D'Alkmin; COSTA, Regina Helena P. G. Reuso da Água: Conceitos, teorias e práticas. Blucher, 2007.
- TOMAZ, P. (2005). **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanase fins não potáveis** (2ª ed. ed.). São Paulo: Navegar.
- UNESCO-IHE. (2011). Acesso em 09 de Fevereiro de 2016, disponível em **Water footprint:**
<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report50-NationalWaterFootprintsVol1.pdf>
- USP. (2016). **Educação ambiental e cidadania - Poluição atmosférica e chuva ácida**. Fonte: Educação ambiental e cidadania - Poluição atmosférica e chuva ácida:
http://www.usp.br/qambiental/chuva_acidafront.html
- VICKERS, A. (2001). *Handbook of Water Use and Conservation*. Massachusetts: WaterFlow Press.
- VILLIERS, M. (2002). **Águas: Como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI**. Rio de Janeiro: Ediouro.