

**FABRICIO HENRIQUE DE OLIVEIRA  
IGOR DE SOUZA MOTA**

**PROJETO DE INSTALAÇÕES DE APROVEITAMENTO DE  
ÁGUAS PLUVIAIS VOLTADAS PARA O USO NA  
EDIFICAÇÃO**

**SÃO CARLOS  
2019**

**FABRICIO HENRIQUE DE OLIVEIRA  
IGOR DE SOUZA MOTA**

**PROJETO DE INSTALAÇÕES DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS  
VOLTADAS PARA O USO NA EDIFICAÇÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Civil do Centro Universitário Central Paulista, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

**Orientadora:** Prof(a). Dra. Simone Pereira Casali

**SÃO CARLOS  
2019**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

Mota, Igor de Souza; de Oliveira, Fabricio Henrique

Projeto de instalações de aproveitamento de águas pluviais voltadas para o uso na edificação - São Carlos, 2019.

37 p.

Orientador: Simone Pereira Casali

Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Central Paulista - UNICEP

1. Aproveitamento de águas pluviais; 2. Captação de águas pluviais;
3. Sustentabilidade;

Dedicamos esse trabalho a todos que nos incentivaram e apoiaram durante todos esses anos, mas em especial, aos nossos familiares, que em nenhum momento mediram esforços para que chegássemos até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus, por nos ter dado essa oportunidade e energia para a conclusão do trabalho, à nossa orientadora Simone Pereira Casali pelo comprometimento, aprendizado e suporte e aos nossos familiares, que durante todo esse tempo nos incentivaram e fizeram de tudo para que chegássemos até aqui.

*" Se você pode sonhar, você pode fazer"*  
Walt Disney.

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMO.....</b>  | <b>IX</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>10</b> |
| 1.1. JUSTIFICATIVA.....   | 11        |
| 1.2. OBJETIVO.....  | 11        |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>  | <b>12</b> |
| 2.1. CONTEXTO HISTÓRICO.....  | 12        |
| 2.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....  | 12        |
| 2.3. BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....  | 14        |
| 2.4. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS.....   | 15        |
| 2.5. CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....  | 15        |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>  | <b>18</b> |
| 3.1. EDIFICAÇÃO UTILIZADA NO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....                                      | 18        |
| 3.2. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....  | 18        |
| 3.2.1. DEFINIÇÕES DE PROJETO.....   | 19        |
| 3.3. COMPONENTES DO SISTEMA.....  | 20        |
| 3.3.1. DISPOSITIVO DE DESCARTE DE ÁGUA DOS PRIMEIROS<br>ESCOAMENTOS.....                          | 20        |
| 3.3.2. FILTRO.....  | 21        |
| 3.3.3. DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO SANITÁRIA DOS RESERVATÓRIOS<br>DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA..... | 21        |
| 3.3.4. DISPOSITIVO REALIMENTADOR DE ÁGUA POTÁVEL.....   | 22        |
| 3.3.5. TORNEIRA DE USO EXTERNO.....   | 23        |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>   | <b>24</b> |
| 4.1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA DE ÁGUA DAS<br>CHUVA.....                               | 24        |
| 4.1.1. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATORIO INFERIOR.....  | 27        |
| 4.2. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO DE ÁGUA FRIA.....  | 28        |
| <b>5. ANÁLISE DE CUSTO X BENEFÍCIO DO SISTEMA.....</b>  | <b>32</b> |
| 5.1. CUSTO DE INSTALAÇÃO DO SISTEMA.....  | 32        |
| 5.2. ECONOMIA GERADA.....   | 32        |
| <b>6. CONCLUSÕES.....</b>   | <b>33</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>34</b> |

**ANEXO 1 - ORÇAMENTOS DE MATERIAIS USADOS E MÃO DE OBRA.....36****LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>FIGURA 1. PROJEÇÃO DOS TELHADOS.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>FIGURA 2. SISTEMA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....</b>                       | <b>20</b> |
| <b>FIGURA 3. MODO DE FUNCIONAMENTO DO FILTRO VF1.....</b>                                | <b>21</b> |
| <b>FIGURA 4. DISPOSITIVO REALIMENTADOR.....</b>  | <b>22</b> |
| <b>FIGURA 5. TORNEIRA COM CADEADO.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>FIGURA 6. ÁGUA NÃO POTAVÉL.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>FIGURA 7. CALHA QUADRADA.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>FIGURA 8. ÁBACO PARA A DETERMINAÇÃO DE DIÂMETROS DE<br/>CONDUTORES VERTICAIS.....</b> | <b>27</b> |
| <b>FIGURA 9. TABELA DE PESOS RELATIVOS.....</b>  | <b>29</b> |

## RESUMO

### **PROJETO DE INSTALAÇÕES DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS VOLTADAS PARA O USO NA EDIFICAÇÃO.**

Esse trabalho teve com objetivo desenvolver um projeto para aproveitamento das águas pluviais. O projeto se dividiu em cinco etapas, sendo elas: Edificação utilizada no dimensionamento do sistema, dimensionamento do sistema, definições de projeto, componentes do sistema e análise de custo e economia gerada pelo sistema. Este sistema é composto pela área de captação, calhas e condutores horizontais e verticais, dispositivos de descarte de sólidos do sistema e o reservatório inferior para armazenar a água captada. Após a realização das fases do projeto, conclui-se que o mesmo apresenta custo elevado, porém os benefícios para a sociedade são relevantes, como a redução do consumo de água em uma residência e o impacto das chuvas nas grandes cidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** 1. Aproveitamento de águas pluviais; 2. Captação de águas pluviais; 3. Sustentabilidade;

## 1. INTRODUÇÃO

A água é o principal recurso natural do nosso planeta, a sua ausência ou contaminação, leva a redução dos espaços de vida, e ocasiona além de imensos custos humanos, uma perda global de produtividade social. O que muitos não sabem é que a quantidade desse recurso que pode ser aproveitada é de menos de 2%, pois desta quantidade, 87% estão contidas nas calotas polares e geleiras, e a maior parte do que resta se encontra em águas subterrâneas, na atmosfera e nos organismos vivos (DOWBOR, 2003). Há mais de duas décadas cientistas e especialistas alertam para o fato de a água doce ser um recurso escasso em nosso planeta. Além disso, existem diversos programas e campanhas que visam combater o desperdício de água, por meio das mídias sociais, TV, jornais, revistas, panfletos, entre outros. Mas o fato é que a falta de educação ambiental dos cidadãos é a grande responsável para os problemas de escassez de água, que se traduz em alta poluição e desperdício de água e as políticas não adequadas de gestão dos recursos hídricos (MARENGO et al., 2015).

Entre 2014 e 2015, a Região Metropolitana de São Paulo vivenciou uma das maiores crises hídricas da sua história. A combinação de baixos índices pluviométricos durante o verão 2014 e 2015 e um grande crescimento da demanda de água, assim como a ausência do planejamento adequado dos recursos hídricos (e ausência de consciência coletiva dos consumidores brasileiros para o uso racional da água), gerou uma “crise hídrica” (MARENGO; ALVES, 2016).

Em busca de soluções para esses problemas, o uso de águas pluviais se torna uma opção viável para fins domésticos e para o consumo humano, com um sistema no qual essa água pode ser aproveitada para regar jardins, descarga das bacias sanitárias, lavagem dos quintais, carros, entre outros.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

Atualmente, existem muitas cidades que passam por problemas com enchentes e inundações, devido ao aumento natural do município e das áreas impermeabilizadas, onde a infiltração das águas pluviais no solo torna-se quase que nula, principalmente nos grandes centros urbanos. Pensando em um futuro próximo, onde a escassez de água potável já pode ser notada é necessário buscar formas para tentar evitar ao máximo que isso ocorra. Para isso, o desenvolvimento de um projeto para a captação de águas pluviais de uso conjugado, para o uso na edificação (detenção no lote), pode servir para amenizar tais problemas.

## **1.2 OBJETIVO**

Desenvolver um projeto de aproveitamento de águas pluviais e avaliar a viabilidade econômica do projeto.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 CONTEXTO HISTÓRICO**

Historicamente, países como o Brasil, por causa do atraso em aspectos tecnológicos, educacionais e sociais, além de um elevado grau de pobreza, dão prioridade para o crescimento econômico, sem preocupações efetivas com o meio ambiente. (ECKERT, CORCINI NETO e BOFF 2015, p. 110)

O cenário ambiental atual chama a atenção para a importância de proteger os recursos hídricos. Carli, De Conto, Beal e Pessin (2013, p. 145) expõem que “as ações de conservação surgem como alternativas potenciais para promover o uso sustentável da água.

Nesse contexto, utiliza-se uma abordagem mais sistêmica em relação à demanda e à oferta de água, em que o conceito de conservação se pauta não somente no uso racional da água potável, mas busca-se a utilização de fontes de abastecimento alternativas para fins menos nobres, além da minimização do consumo (CARLI, DE CONTO, BEAL, & PESSIN, 2013).

### **2.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

A falta de água é um dos graves problemas mundiais que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos. Segundo ANA (2015) desde outubro de 2013, as chuvas registradas na região Sudeste, onde está localizada a Bacia do Paraíba do Sul, estão muito abaixo da média dos últimos 84 anos, sendo que, no ano de 2014, as chuvas e vazões observadas foram as menores compreendidas neste período. O uso desordenado, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água potável no planeta.

Uma fonte alternativa de consumo é o aproveitamento das águas pluviais que, a captação e o armazenamento auxiliam na prevenção de enchentes, já que a água captada não é jogada diretamente na rede de drenagem, reduzindo o escoamento rápido (CIPRIANO,2004).

Segundo estudos de Marinoski&Ghisi (2008), foi observada a economia de 45,8% de água potável com a substituição da mesma pela água pluvial em uma instituição de ensino localizada em Florianópolis. Proença (2007) realizou estudos em 10 edifícios comerciais em Santa Catarina e verificou que em alguns edifícios analisados, o consumo de água potável para fins não potáveis (limpeza e bacia sanitária) chegou a 86%, o que indica um grande potencial de redução de água potável.

De fato, as maiorias dos estudos de aproveitamento das águas pluviais evidenciam o grande potencial de utilização desta água para uso na irrigação de jardins e/ou para descarga de vasos sanitários. Coelho (2008) analisou os usos finais da água em residências uni familiares localizadas em Blumenau/SC e observou que existem diferenças no consumo de água entre homens e mulheres. O maior consumo estimado por parte do consumidor masculino é proveniente do chuveiro e da mangueira do jardim, com 31,4 e 26,9%, respectivamente. Já o consumo feminino, a maior percentagem foi obtida através da torneira da cozinha e da bacia sanitária, com 31,6 e 26,4%, respectivamente. A percentagem de água não potável utilizada pelos homens foi de 64,8% e das mulheres de 57,5%.

De acordo com Anecchini (2005), 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis. No Reino Unido, o uso das águas pluviais é incentivado, visto que 30% do consumo de água potável das residências é gasto na descarga sanitária (FEWKES, 1999).

Outro aspecto importante é o dimensionamento adequado das instalações e equipamentos em um sistema de aproveitamento de águas pluviais, já que do contrário podem ocorrer gastos excessivos de recursos ou ainda inviabilizar a eficiência do projeto, havendo desperdícios nas duas formas. De acordo com May (2004), o reservatório de acumulação é o componente mais dispendioso de um sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais. Dessa forma busca-se, no dimensionamento dos mesmos, determinar à capacidade volumétrica que atenda ao máximo possível a demanda, com um menor custo de construção.

De qualquer forma, o aproveitamento das águas pluviais está sendo utilizado por indústrias, escolas, postos de gasolina, entre outras atividades que consomem um volume elevado de água para fins não potáveis, já que representa uma

economia no consumo de água tratada (GIACCHINI e FILHO, 2005). Estima-se uma economia de 30% da água pública tratada quando se utiliza as águas pluviais (TOMAZ 2003).

## **2.3 BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

A captação de águas pluviais, além de contribuir para o uso racional da água minimiza o impacto das precipitações pluviais, podendo, em regiões de maior impermeabilização dos solos, ser enquadrada no conceito de medida não estrutural da drenagem urbana (FERNANDES, MEDEIROS NETO, & MATTOS, 2007).

O aproveitamento de água pluvial apresenta vários aspectos positivos, pois possibilita a redução no consumo de água potável acarretando a diminuição do custo de água fornecido pelas companhias de abastecimento, reduz o risco de enchente e contribui para preservação do meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (LIMA, & MACHADO, 2008).

Seeger, Sari e Paiva (2007) salientam que, atualmente, pela crescente preocupação com o meio ambiente e o uso consciente da água, a utilização de água tratada para alguns fins menos nobres tornou-se inviável, o que tem impulsionado o aumento crescente de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis.

A economia, em termos financeiros, de se instalar um sistema coletor de água pluvial nem sempre é significativa, pois o retorno financeiro de um projeto completo é demorado. Porém, a conscientização da importância de economizar água de qualidade para fins nobres, numa época em que tanto se fala em escassez de água potável, é fundamental, sendo primordial o uso de novas soluções individuais e o uso da água pluvial (JABUR, VARGAS, & MILANI, 2010).

## 2.4 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

A qualidade da água coletada e o seu destino final é que vão definir o tipo e a necessidade de tratamento das águas pluviais. “As concentrações de poluentes, e outras impurezas nas águas pluviais são maiores nos primeiros milímetros da chuva, assim recomenda-se principalmente a filtração simples, e um procedimento que é denominado de autolimpeza das águas pluviais” (OLIVEIRA, CHRISTMANN, & PIEREZAN, 2014, p. 7-8).

## 2.5 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A captação e aproveitamento das águas pluviais que cai nos telhados é a forma mais simples de coleta. A água pluvial é escoada por condutores verticais e horizontais (calhas) até um reservatório, ou seja, cisternas (FERNANDES, MEDEIROS NETO, MATTOS, 2007).

Os requisitos para aproveitamento de águas pluviais de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis são fornecidos pela NBR 15.527 (ABNT 2007). Esta norma se aplica a usos não potáveis em que água de chuvas podem ser utilizadas após tratamento adequado, de acordo com sua finalidade.

Segundo a Norma Brasileira NBR 15527 (ABNT 2007), a área de captação é a área, em metros quadrados da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada, projetada na horizontal e podem ser de diversos materiais. Um dos sistemas desenvolvidos para a captação de águas pluviais é composto pelos seguintes componentes e subsistemas:

- Captação: a captação da água pode ocorrer por meio de telhados, pátios, áreas de concreto e outras superfícies em que a água não penetra. Como cita Fernandes, Neto e Mattos (2006), a forma mais simples de captar a água pluvial é pelo telhado, a água cai sobre o mesmo e com auxílio de sua inclinação é conduzida até as calhas. A quantidade de água captada depende do tamanho da área de captação.

- Condução: é realizada por meio de calhas e tubulações verticais e horizontais. As calhas se localizam nas beiras dos telhados e captam a água que

escoa pelo mesmo e então a conduz até as tubulações de queda, são geralmente de PVC, alumínio ou concreto (COHIM, GARCIA, KIPERSTOK).

- Tratamento: a necessidade de tratar a água pluvial e a decisão sobre qual tratamento usar, dependerá da qualidade da água coletada e a qual uso será destinada. A água pode ser poluída pelo ar ou por sujeiras presentes na área de captação, recomenda-se que ao captar água usando o telhado, deve-se descartar a água que cai nos primeiros cinco minutos, devido ao telhado acumular sujeira. Segundo Raindrops (2002) apud Oliveira (2005).

- Bombas: são equipamentos utilizados quando a água será utilizada em um nível superior ao reservatório em que a mesma se encontra.

- Reservatórios: podem estar localizados em níveis elevados, enterrados ou apoiados. É possível utilizar vários materiais em sua fabricação e devem ser dimensionados com algumas normas, levando em conta a sua capacidade, localização, espaço disponível e o seu custo. ABNT, 2007 fornece as normas e requisitos para dimensionamento de reservatórios.

O sistema de aproveitamento de águas pluviais tem por objetivo preservar e conservar os recursos hídricos, e assim diminuir o consumo de água potável (KOENIG, 2003). Segundo Lee et al. (2000), as técnicas mais comuns para coleta de águas pluviais são por meio da superfície de telhados ou por meio de superfícies no solo, sendo que o sistema de coleta de chuva por meio da superfície de telhados é considerado mais simples e, na maioria das vezes, produz uma água de melhor qualidade, se comparado aos sistemas que coletam água de superfícies no solo.

A precipitação da chuva é uma das etapas do ciclo da água. De toda água precipitada, parte escoia pela superfície do solo até chegar aos rios, lagos e ao oceano, parte retorna imediatamente para a atmosfera por evaporação e o restante se infiltra no solo, promovendo a recarga subterrânea (GARCEZ, 1974). Com crescente urbanização, houve uma mudança no ciclo hidrológico das áreas urbanas (ZAIZEN et al., 1999), ou seja, não há mais espaço suficiente para que ocorra a recarga subterrânea. Sendo assim, é necessário desenvolver meios que sejam eficientes para coletar a água que cai nos telhados das residências dos grandes centros urbanos.

Dentre as várias vantagens na captação e utilização de águas pluviais destacam-se os seguintes: preservação do meio ambiente; utilização de estruturas existentes na edificação (telhado, lajes e rampas); baixo impacto ambiental; água com qualidade aceitável para vários fins, com pouco ou nenhum tratamento; aumento da segurança hídrica para atender o crescimento populacional ou para atender áreas deficientes de abastecimento; redução dos investimentos na captação da água em mananciais cada vez mais distantes das concentrações urbanas para atender demanda diária e a de pico; redução do volume de água a ser captada e tratada e minimização do uso de água tratada para fins secundários; menor entropia, ou seja, redução dos custos energéticos de transporte e dos custos de tratamento, pois a água terá o nível de tratamento adequado a seu uso (o custo energético representa de 25 a 45% do custo total das operações de sistemas de abastecimento de água); melhor distribuição da carga de água pluvial imposta ao sistema de drenagem; redução dos riscos de enchentes, erosão dos leitos dos rios e assoreamento nas áreas planas no início da temporada de chuvas torrenciais e em eventos isolados; redução dos custos proporcionados por inundações e alagamentos; possibilidade de uso para recarga dos lençóis subterrâneos e manutenção dos níveis do lençol freático elevado (MAY, 2004; SIMIONI et al., 2004; GONÇALVES, 2006; VIOLA, 2008).

Diante da atual e futura escassez de água no planeta, é necessário encontrar novas formas de obter a água, fonte indispensável para a vida no planeta Terra. Assim, a captação e aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis se tornam uma boa opção para economia de água.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para melhor compreensão do projeto a explicação foi dividida em cinco etapas:

1ª ETAPA -Edificação utilizada no dimensionamento do sistema;

2ª ETAPA- Dimensionamento do sistema;

3ª ETAPA- Componentes do sistema;

4ª ETAPA- Análise de custo e economia gerada pelo sistema;

5ª ETAPA-Resultados e conclusão.

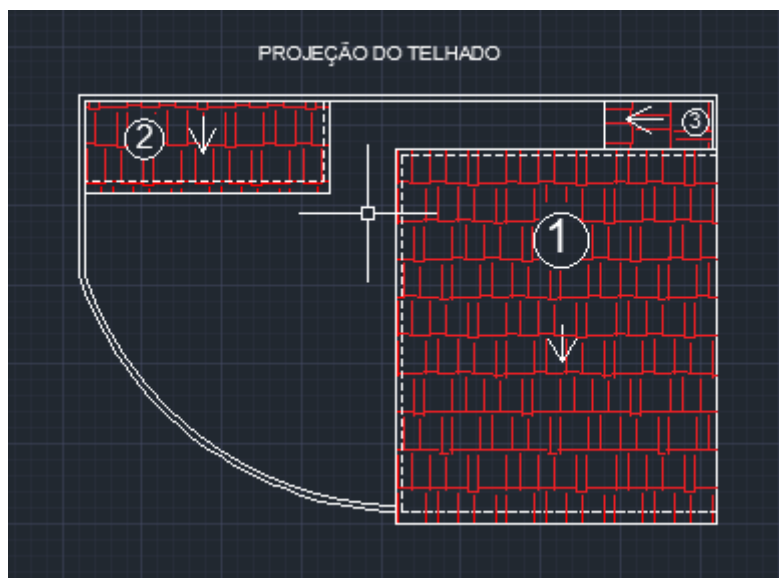
#### **3.1 EDIFICAÇÃO UTILIZADA NO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA**

O sistema será implantado em uma edificação unifamiliar localizada na cidade de São Carlos, esta residência terá 2 pavimentos com três quartos sendo 1 suíte, terá mais um lavabo e um banheiro, o sistema vai alimentar os dois banheiros, um lavabo e uma torneira externa para jardinagem e limpeza.

#### **3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA**

Para iniciarmos o dimensionamento do sistema primeiro vamos identificar os possíveis pontos de coleta do sistema vamos analisar a projeção dos telhados da edificação (figura 1) , podemos observar que temos 3 pontos de captação telhados 1, 2 e 3.

Figura 1 – Projeção dos telhados



Fonte: Croqui elaborado pelos autores

### 3.2.1 DEFINIÇÕES DE PROJETO

Para melhor entendimento e efeito das normas são adotadas as seguintes definições:

- Altura pluviométrica: Volume de água precipitada por unidade de área horizontal.
- Área de contribuição: Soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem águas para determinado ponto da instalação.
- Calha: Canal que recolhe água das coberturas, terraços e similares e a conduz para um ponto de destino.
- Conductor Horizontal: Canal ou tubulação destinado a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais
- Conductor vertical: tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício.
- Duração de precipitação: intervalo de tempo de referência para a determinação de intensidades pluviométricas.
- Intensidade pluviométrica: coeficiente entre a altura pluviométrica precipitada num intervalo de tempo e este intervalo.

- Perímetro molhado: linha que limita a seção molhada junto as paredes e o fundo do condutor ou calha.
- Período de retorno: número médio de anos que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou ultrapassada apenas uma vez.
- Seção molhada: área útil de escoamento em seção transversal de um condutor ou calha.
- Tempo de concentração: intervalo de tempo decorrido entre o início da chuva e momento em que toda a área de contribuição passa a contribuir para determinada seção transversal de um condutor ou calha.
- Vazão de projeto: vazão de referência para dimensionamento de condutores e calhas.

### **3.3 COMPONENTES DO SISTEMA**

O sistema de captação de água da chuva deve estar dotado dos seguintes componentes para garantir sua eficiência.

#### **3.3.1 DISPOSITIVO DE DESCARTE DE ÁGUA DOS PRIMEIROS ESCOAMENTOS**

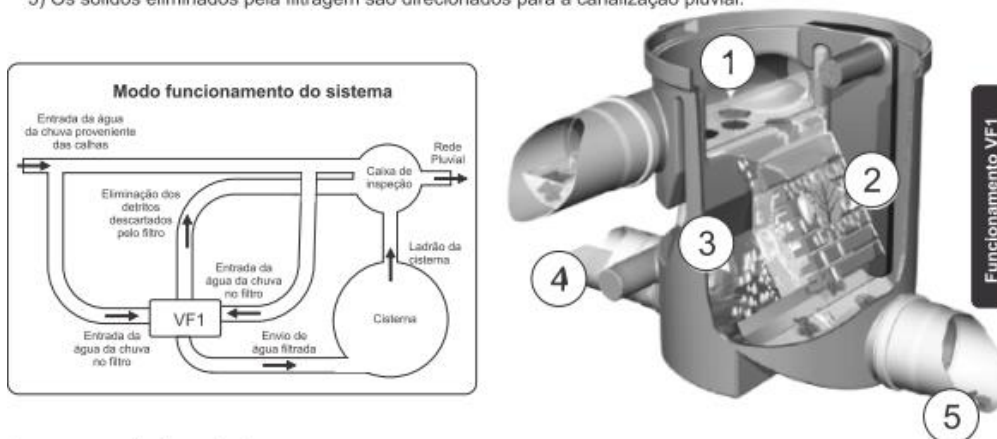
As áreas de captação ficam expostas a diversos tipos de contaminação que podem ser levadas até o reservatório através do nosso sistema. Para evitar que isto aconteça o sistema é dotado de um dispositivo de descarte de água dos primeiros escoamentos, ou seja nos primeiros minutos de precipitação esta água deve ser o suficiente para carregar poeira, compostos solúveis indejáveis e fuligem, por isso este descarte é necessário.

### 3.3.2 FILTRO

Para assegurar que nenhum sólido prejudique a eficiência do sistema, será necessário a instalação de um filtro cuja função é separar os sólidos como folhas, galhos, pedras durante a captação. Foi utilizado o filtro VF1 da aquasave. (Figura 3)

Figura 3 – Modo de funcionamento do Filtro VF1

- 1) A água de chuva, ao chegar ao filtro, é freada na bacia superior, sendo então conduzida a descer nas cascatas, por força do desenho especial destas.
- 2) A limpeza preliminar se dá pelo princípio das cascatas. A sujeira mais grossa (folhas, gravetos, e etc.) passa por cima dos vãos sendo direcionada para a galeria pluvial.
- 3) A água de chuva, já livre dos sólidos maiores, passa então pela tela (malha de 0,25mm x 0,60mm) abaixo das cascatas. Devido ao desenho especial da tela, ela conduz a sujeira fina - por ela retida - também para o descarte, isto é, ela é autolimpante. Com isso a possibilidade de obstrução é reduzida.
- 4) A água limpa encaminha-se para a cisterna.
- 5) Os sólidos eliminados pela filtragem são direcionados para a canalização pluvial.



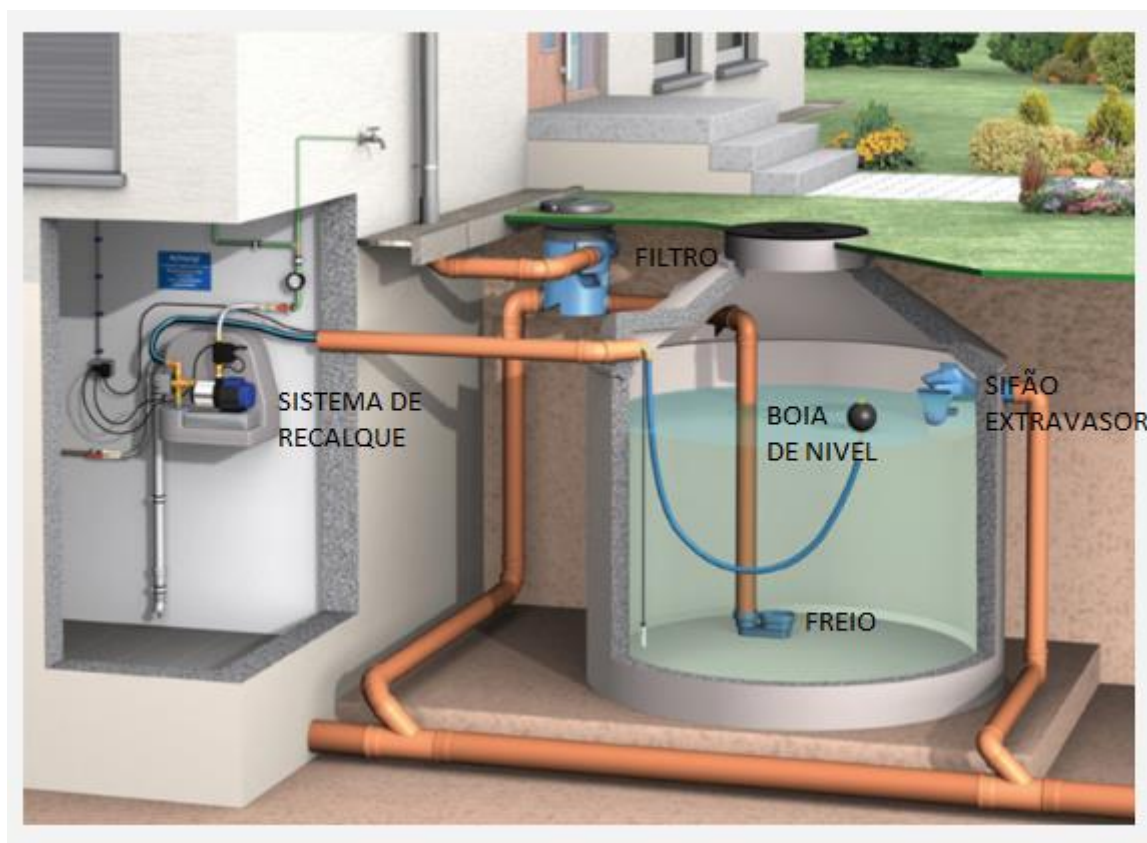
Fonte: Acquasave,2019

### 3.3.3 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SANITÁRIA DOS RESERVATÓRIOS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Para a proteção sanitária e conservação de qualidade da água armazenada no reservatório, foi utilizado dispositivos que servem para amortecer o fluxo de água e contribuir para sedimentação dos sólidos. Outro dispositivo utilizado foi o conjunto flutuante de sucção, por meio deste faz-se com que a água seja retirada do reservatório sempre junto a superfície, onde o teor de sólidos é menor, este dispositivo é composto por uma bóia ligada a uma válvula de retenção e quando necessário uma peneira.

Para evitar a penetração de gases será utilizado um sifão extravasor, que possibilita a retirada de impurezas e restringir a entrada de animais no interior do reservatório. (Figura 2)

Figura 2 – Sistema para aproveitamento de água de chuva



Fonte: Adaptado (Aguasave, 2019)

### 3.3.4 DISPOSITIVO REALIMENTADOR DE ÁGUA POTÁVEL

Dispositivo que identifica automaticamente o nível de água no reservatório e quando necessário ou em períodos de grande estiagem abastecem o reservatório com água da rede pública de distribuição.

Instalado dentro do reservatório superior ou inferior, conecta-se à rede pública de distribuição de água potável. Através de uma eletro-boia o nível de água é identificado, quando este está abaixo do recomendado, uma válvula solenóide é

automaticamente acionada, permitindo o abastecimento do reservatório com água potável. Evitando assim, o não funcionamento do sistema por falta de água

Figura 4: Dispositivo Realimentador



Fonte: Acquasave,2019

### 3.3.5 TORNEIRA DE USO EXTERNO

A torneira de uso externo deve ser devidamente sinalizada a fim de evitar que alguém venha a utilizar esta água para algum fim potável. Assim será utilizada uma torneira com porta cadeado, e será colocado um aviso para advertir que ela não é água potável, Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Torneira com cadeado



Fonte: C&C Casa & Construção

Figura 6 - Água não potável



Fonte: Sinatran Sinalizações

## 4 RESULTADOS

### 4.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA DE ÁGUA DAS CHUVAS

Este sistema é composto pela área de captação, as calhas e condutores horizontais e verticais, dispositivos de descarte de sólidos do sistema e o reservatório inferior para armazenar a água captada. Serão 3 telhados para a captação, então vamos calcular a vazão para cada um deles:

O primeiro passo é encontrar a vazão de projeto adotada que é dada pela seguinte fórmula.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Onde:

Q=vazão do projeto em L/min.

I= Intensidade pluviométrica em mm/h

A= Área de contribuição em m<sup>2</sup>

Serão 3 telhados para a captação, então vamos calcular a vazão para cada um deles. Telhado 1 será o da residência, telhado 2 é o da área gourmet e telhado 3 da área de serviço.

Dados:

Área de captação: Telhado 1= 118,71 m<sup>2</sup>, telhado 2= 22,33m<sup>2</sup> e telhado 3= 5,07m<sup>2</sup>

Intensidade pluviométrica "I" para um período de retorno de 5 anos já que se trata de uma cobertura é igual a 178 mm/h de acordo com o anexo 5 da nbr 10844.

Assim:

De acordo com a área do telhado da residência de estudo obteve-se as vazões:

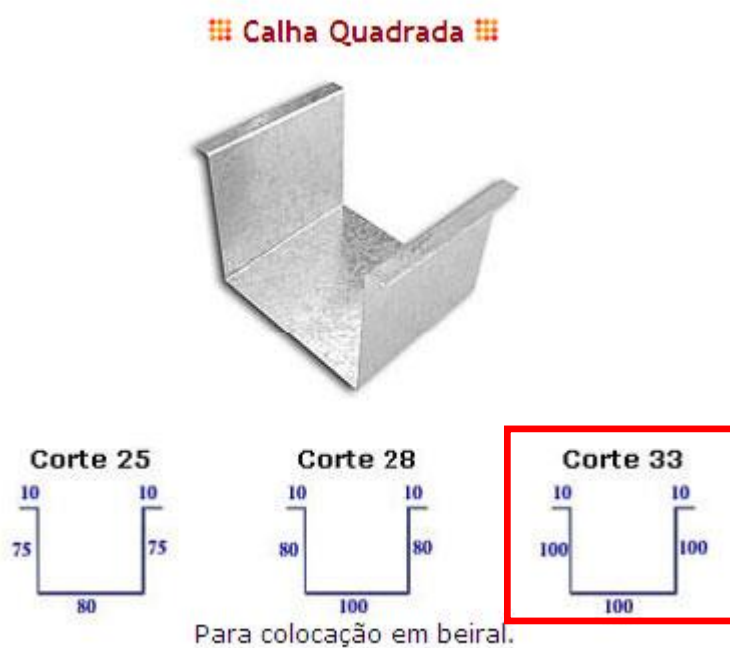
$$Q_1 = \frac{I \cdot A_1}{60} = \frac{178 \cdot 118,71}{60} = 352,17 \text{ L/min}$$

$$Q_2 = \frac{I \cdot A_2}{60} = \frac{178 \cdot 22,33}{60} = 66,24 \text{ L/min}$$

$$Q_3 = \frac{1.43}{60} = \frac{178.5,07}{60} = 15,04 \text{ L/min}$$

A calha escolhida para este projeto foi uma calha comercial quadrada em aço galvanizado de 10x10cm.

Figura 7- Calha Quadrada



Fonte: Modificado hicafe calhas, 2019

Através da fórmula de Manning-Strickler Utilizada na nbr 10844 vamos verificar se a capacidade da calha suporta a vazão de projeto sendo  $Q_C \geq Q_P$ , vamos utilizar a maior vazão de projeto encontrada.

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2}$$

Onde:

Q= vazão do projeto em L/min.

S= área da seção molhada em m<sup>2</sup>

n= coeficiente de rugosidade (ver na tabela 2 da nbr 10844)

R= Raio Hidráulico em m

$P_H = \frac{P}{S}$  = Perímetro molhado em m

$i$  = Declividade da calha em m/m

$k = 60.000$

Dados:

$Q_P = 352,17 \text{ L/min}$

$S_C = 0,01 \text{ m}^2$

$n = 0,011$

$R_H = 0,33 \text{ m} =$

$l = 0,005:1$

$K = 60.000$

Assim:

$$Q_C = \frac{60000 \cdot 0,01 \cdot 0,033^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}}{0,011}$$

$Q_C = 396,81 \text{ L/min} \geq 352,17 \text{ L/min}$

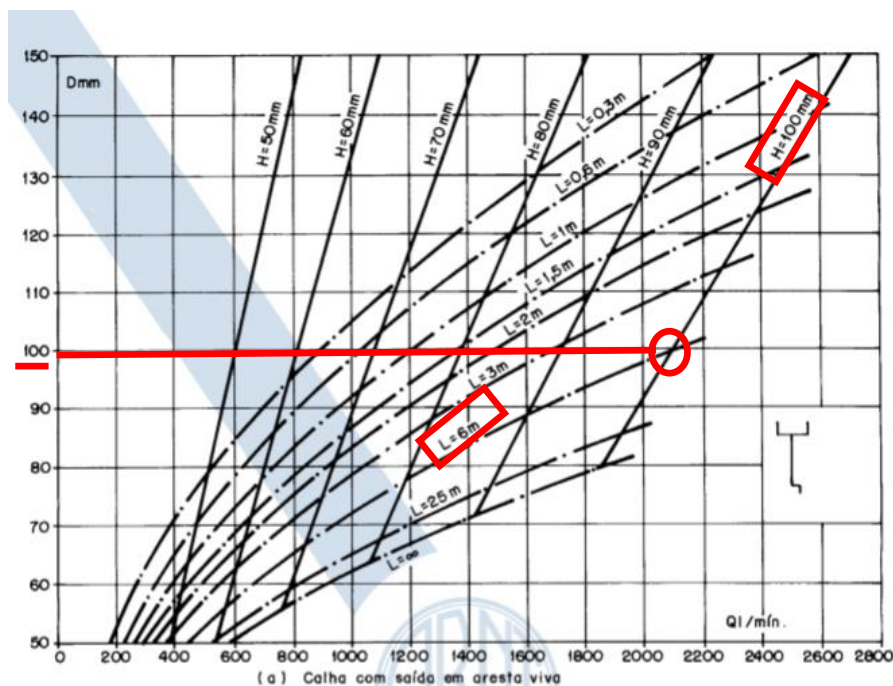
A calha atende as necessidades do projeto.

Para o dimensionamento dos condutores verticais a nbr 10844 nos fornece um ábaco que leva em consideração a vazão do projeto ( $Q$ ), altura da lâmina d'água da calha, em milímetro ( $H$ ) e o comprimento do condutor vertical, em metros ( $L$ ).

Dados:  $Q = 352 \text{ L/min}$ . (adotando a maior vazão),  $H = 100\text{mm}$  e  $L = 6 \text{ M}$ .

Assim utilizando o ábaco diâmetro interno mínimo do nosso condutor vertical será de  $100 \text{ mm}$ , como o mostrado na figura 8.

Figura 8- Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais



Fonte: Modificada NBR 10844, 1989.

#### 4.1.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATORIO INFERIOR

A nbr 15527 fornece alguns métodos de para o cálculo do dimensionamento do reservatório, o método utilizado é o método pratico inglês que é dado pela seguinte formula:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

P= O valor numérico da precipitação media anual, expressa em mm

A= a área de coleta em projeção, em M

V = o volume de água aproveitável e o volume da cisterna, em L

Dados

P = 254 mm segundo site climate.

A= 146,11 m<sup>2</sup> somadas todas a áreas de captação.

Assim:

$$V=0,05 \times 254 \times 146,11$$

$$V= 1.855,597 \text{ L}$$

Como isso vamos utilizar uma cisterna de uso comercial de 2100l para atender a necessidade do nosso sistema.

## 4.2 DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO DE ÁGUA FRIA

Para este dimensionamento devemos seguir a nbr 5626, esta norma abrange toda a parte de instalação predial de água fria e nos dá as diretrizes para que o sistema atenda todas as necessidades do projeto.

Para dimensionar o tamanho do reservatório, devemos levar em consideração o consumo de água na edificação, e o volume reservado tem que ser para no mínimo 24 horas de abastecimento. O reservatório irá abastecer apenas 3 pontos de bacia sanitária e 1 torneira externa para o jardim, e nossa residência terá 5 habitantes. A descarga de uma bacia sanitária é acionada em média 5 vezes ao dia por habitante, cada descarga gasta de 6L a 15L, assim um habitante gasta de 30 a 75 L/dia de água só com a bacia sanitária. Uma casa com 5 pessoas irá gastar de 150 a 375 L/dia. Assim podemos utilizar um reservatório de 500l padrão para este sistema.

Para o dimensionamento da tubulação deve-se utilizar o anexo A da nbr 5626.

Este anexo utiliza o método de pesos relativos, estes pesos relativos são estabelecidos empiricamente em função da vazão de projeto como o mostrado na figura 9.

Figura 9- Tabela de pesos relativos

Tabela A.1 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

| Aparelho sanitário                     |                     | Peça de utilização  | Vazão de projeto L/s    | Peso relativo |
|--|---------------------|---|-------------------------|---------------|
| Bacia sanitária                        |                     | Caixa de descarga   | 0,15                    | 0,3           |
|  |                     | Válvula de descarga   | 1,70                    | 32            |
| Banheira                               |                     | Misturador (água fria)  | 0,30                    | 1,0           |
| Bebedouro                              |                     | Registro de pressão   | 0,10                    | 0,1           |
| Bidê                                   |                     | Misturador (água fria)  | 0,10                    | 0,1           |
| Chuveiro ou ducha                      |                     | Misturador (água fria)  | 0,20                    | 0,4           |
| Chuveiro elétrico                      |                     | Registro de pressão   | 0,10                    | 0,1           |
| Lavadora de pratos ou de roupas        |                     | Registro de pressão   | 0,30                    | 1,0           |
| Lavatório                              |                     | Torneira ou misturador (água fria)  | 0,15                    | 0,3           |
| Mictório cerâmico                      | com sifão integrado | Válvula de descarga   | 0,50                    | 2,8           |
|  | sem sifão integrado | Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório | 0,15                    | 0,3           |
| Mictório tipo calha                    |                     | Caixa de descarga ou registro de pressão                                    | 0,15 por metro de calha | 0,3           |
| Pia                                    |                     | Torneira ou misturador (água fria)  | 0,25                    | 0,7           |
|  |                     | Torneira elétrica   | 0,10                    | 0,1           |
| Tanque                                 |                     | Torneira  | 0,25                    | 0,7           |
| Torneira de jardim ou lavagem em geral |                     | Torneira  | 0,20                    | 0,4           |

Fonte1: NBR 5626, 1998.

Usando a equação a seguir, esse somatório é convertido na demanda simultânea total do grupo de peças considerado, que é expresso como uma estimativa da vazão a ser usada no dimensionamento da tubulação.

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{\sum P}$$

Onde:

Q= a vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo.

$\sum P$  = A soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentada pela tubulação considerada.

Como dito anteriormente nosso sistema abastecera 3 bacias sanitárias e uma torneira externa cujo a somatória de peso é igual a 1,30, aplicando a formula:

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{1,3}$$

$$Q = 0,34 \text{ l/seg}$$

Depois de a vazão ser encontrada, vamos encontrar a o diâmetro da tubulação de utilizando a formula:

$$Q = V \cdot A$$

Onde:

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s

V= Velocidade em m/s

A= Área da seção do tubo em m<sup>2</sup>

A velocidade de acordo com a norma não pode ser superior a 3 m/s, então vamos adotar 1,5 m/s, a vazão já foi encontrada anteriormente Q=0,34 l/s que fica 3,4x10<sup>-4</sup>m<sup>3</sup>/s . Já a área vamos utilizar para achar o diâmetro do tubo, sabemos que a formula da área de uma seção circular se da por  $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ , substituindo na formula:

$$Q = V \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Isolando o “d” fica:

$$d^2 = \frac{Q \cdot 4}{V \cdot \pi}$$

Assim:

$$d^2 = \frac{0,00034 \cdot 4}{1,5 \cdot \pi}$$
$$d = 0,017 \text{ m} = 17 \text{ mm}$$

O tubo comercial mais próximo utilizado em instalações prediais de água fria é de 20mm, lembrando que este é o diâmetro interno da tubulação. Para garantirmos a segurança vamos refazer o calculo utilizando o diâmetro encontrado para verificarmos se a velocidade vai ficar dentro dos limites estabelecidos pela norma.

A vazão continua sendo a mesma, já a área da tubulação com diâmetro de 20mm tem que ser calculada, sabemos que  $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$  assim  $A = \frac{\pi \cdot 0.02^2}{4} \therefore A = 3,14 \times 10^{-4} \text{m}^2$ .

Assim:

$$Q = V \cdot A$$

$$3,4 \times 10^{-4} = V \cdot 3,14 \times 10^{-4}$$

$$V = \frac{3,4 \times 10^{-4}}{3,14 \times 10^{-4}}$$

$$V = 1,08 \text{ m/s}$$

Velocidade esta dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma.

## **5 ANALISE DO CUSTO X BENEFICIO DO SISTEMA**

Para analisar o custo benefício do sistema, foi feito o levantamento do custo total para instalação do sistema e a economia gerada pelo mesmo.

### **5.1 CUSTO DE INSTALAÇÃO DO SISTEMA**

Para cálculo do custo do sistema foi realizado um levantamento de materiais de acordo com o projeto da residência. Depois de realizado o levantamento foi gerado um orçamento incluindo mão de obra (ANEXO 1), com isso o custo total do sistema ficou em R\$ 8.278,10.

### **5.2 ECONOMIA GERADA**

Como citado anteriormente, a descarga de uma bacia sanitária é acionada em media 5 vezes ao dia por habitante, cada descarga gasta de 6L a 15L, assim um habitante gasta de 30 a 75 L/dia de água só com a bacia sanitária. Uma casa com 5 pessoas ira gastar de 150 a 375 L/dia. e uma torneira de jardim 1.500 L/mês. No mês esta residência ia economizar de 6.000 a 14.250 litros. Atualmente a instituição responsável pelo fornecimento de água em São Carlos, cobra na faixa de consumo de 0 a 10m<sup>3</sup> consumidos no mês R\$ 2,13 por m<sup>3</sup> e na faixa de 11 a 15m<sup>3</sup> R\$3,50 por m<sup>3</sup>. Com isto pode-se economizar de R\$12,78 a R\$49,87 por mês.

## 6 CONCLUSÕES

Após a pesquisa realizada para a execução do projeto, concluí-se que um projeto bem elaborado depende de seguir as normas, pois quando se trata de águas provenientes de chuvas existe uma serie de cuidados que se deve tomar, quanto a captação, armazenamento e destino da mesma. O dimensionamento do sistema com base nas normas é essencial para garantir que todos os parâmetros envolvidos sejam respeitados e assim garantir que o sistema funcione com eficácia.

Realizada a análise de custo beneficio do sistema, notou-se que a execução do projeto tem um custo elevado em um primeiro momento e que seu tempo de retorno do investimento é bem longo, porem os benefícios para a sociedade são enormes pois diminui o consumo de água potável, ajuda a reduzir o impacto das chuvas nas cidades, já que se armazena uma parte do volume de chuva precipitado e assim contribui para diminuir as enchentes que são recorrentes em grandes cidades.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527-** Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844-** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626-** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

[Hhttp://acguasave.com.br/downloads/](http://acguasave.com.br/downloads/) > Acesso em: novembro de 2019

[Hhttps://www.cec.com.br/ferragens/acessorios/torneira-de-esfera-para-jardim-e-uso-geral-com-porta-cadeado-niquelada?produto=1310001](https://www.cec.com.br/ferragens/acessorios/torneira-de-esfera-para-jardim-e-uso-geral-com-porta-cadeado-niquelada?produto=1310001) > Acesso em: novembro de 2019

[Hhttps://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-carlos-4818/data](https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-carlos-4818/data) de acesso 14/09/2019

DOWBOR, Ladislau. "A reflexão sobre a água faz parte de um conjunto de estudos sobre infraestruturas"; A Reprodução Social, Ed. Vozes 2003; Disponível em <<http://dowbor.org/01repsoc2.doc>>. Acesso em: abril 2019

<https://www.hicafel.com.br/calhas/> . Acesso em: outubro 2019.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. "Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento"; Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n.3, p. 485-494, mês. 2016; Disponível em <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/100879>.DOI:<http://dx.doi.org/10.11606/issn.21790892.geosp.2015.100879>>. Acesso em: abril 2019.

MARENGO, J.A; NOBRE, C.A; SELUCHI, M.E; CUARTAS, A.; ALVES, L.M; MENDIONDO, E.M; OBRÉGON, G.; SAMPAIO, G. " A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo"; Revista USP, São Paulo, n.106, p. 31-44, mês. julho/agosto/setembro 2015; Disponível em <<http://www.periodicos.usp.br/revusp/article/view/110101/108684>>. Acesso em: abril 2019.

MATTOS, A.S; EING, C.; DA SILVA, D.L; FRASSON, K.C; DUARTE, G.W; ECKERT, C.L. "Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis: estudo de caso na jardinagem "; Revista Ciência e Cidadania, v.1, n.1, 2015; Disponível em: <<http://periodicos.unibave.net/index.php/cienciaecidadania/article/view/17>>.

Acesso em: maio 2019.

SANTOS, K.A; RUFINO, I.A.A; BARROS FILHO, M.N.M.. "Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB"; Artigo técnico, v.22, n.5, p. 943-952, mês. setembro/outubro 2017; Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n5/1809-4457-esa-s1413-41522016146661.pdf>>. Acesso em: maio 2019.

SOUZA J.F; NETO M.R.F; SOUZA M.A.S; VENEU D.M. "Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra"; Revista Eletrônica Teccen, p. 35-46, mês. jan/jun 2016; Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/313835647\\_Aproveitamento\\_de\\_agua\\_de\\_chuva\\_para\\_usos\\_nao\\_potaveis\\_na\\_Universidade\\_Severino\\_Sombra](https://www.researchgate.net/publication/313835647_Aproveitamento_de_agua_de_chuva_para_usos_nao_potaveis_na_Universidade_Severino_Sombra)>. Acesso em: maio 2019.

[http://sinatran.com.br/loja/index.php?route=product/product&product\\_id=1149](http://sinatran.com.br/loja/index.php?route=product/product&product_id=1149) >  
Acesso em: novembro de 2019

SUSTENTARQUI. "Aproveitamento da água da chuva: para uso não potável"; Redação SustentArqui. Disponível em <<https://sustentarqui.com.br/aproveitamento-de-agua-de-chuva-para-uso-nao-potavel/>>. Acesso em: março 2019.

## ANEXO I

| ORÇAMENTO   |       |                      |         |
|---|-------|----------------------|---------|
| RESERVATORIO SUPERIOR                               | UND/M | Preço unitário (R\$) | Total   |
| RESERVATORIO 500L                                   | 1     | 230,00               | 230,00  |
| REGISTRO ESFERA PVC 3/4"                            | 3     | 8,50                 | 25,50   |
| ADAPATDOR COM FLANGES LIVRE 3/4"                    | 6     | 13,50                | 81,00   |
| LUVA PVC 3/4"                                       | 1     | 1,10                 | 1,10    |
| CHAVE BOIA 3/4"                                     | 1     | 27,00                | 27,00   |
| JOELHO 90° SOLDAVEL 20mm                            | 1     | 1,00                 | 1,00    |
| TUBO 6 m PVC SOLDAVEL 20mm                          | 4     | 15,50                | 62,00   |
| DISPOSITIVO REALIMENTADOR 3/4"                      | 1     | 426,00               | 426,00  |
| RESERVATORIO INFERIOR                               |       |                      |         |
| CISTERNA 2100 L                                     | 1     | 2100,00              | 2100,00 |
| KIT AQUASAVE COM FILTRO                             | 1     | 2199,00              | 2199,00 |
| ADPATDOR COM FLANGES LIVRES 100 mm<br>PARA CISTERNA | 3     | 169,00               | 507,00  |
| TUBO DE PVC SERIE NORMAL 100mm                      | 1     | 44,00                | 44,00   |
| SISTEMA DE RECALQUE                                 |       |                      |         |
| TUBO 6 m DE PVC SOLDAVEL 20mm                       | 4     | 15,50                | 62,00   |
| joelho 90° soldável 20mm                            | 5     | 1,00                 | 5,00    |
| Pressurizador                                       | 1     | 89,00                | 89,00   |
| ISOMETRICO  |       |                      |         |
| TUBO DE PVC SOLDAVEL 20mm                           | 4     | 15,50                | 62,00   |
| joelho 90° soldável 20mm                            | 10    | 1,00                 | 10,00   |

|  |     |        |         |
|--|-----|--------|---------|
| TÊ 90° 20 mm                                     | 3   | 1,00   | 3,00    |
| Joelho azul 90° com bucha de latão roscavel 3/4" | 4   | 7,00   | 28,00   |
| SISTEMA DE CAPTAÇÃO DAS ÁGUAS DE CHUVAS          |     |        |         |
| TUBO DE PVC SERIE NORMAL 100mm                   | 7   | 44,00  | 308,00  |
| JOELHO 90° SERIE NORMAL 100mm                    | 8   | 7,50   | 60,00   |
| LUVA SERIE NORMAL 100 mm                         | 15  | 6,50   | 97,50   |
| MÃO DE OBRA                                      | DIA |        |         |
| PEDREIRO + AJUDANTE                              | 3   | 200,00 | 600,00  |
| ENCANADOR + AJUDANTE                             | 5   | 200,00 | 1000,00 |
| ELETRICISTA                                      | 1   | 250,00 | 250,00  |
|  |     | TOTAL  | 8278,10 |

