

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Bruno Löff Ferreira Leite**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE  
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS  
EM EMPREENDIMENTO “MINHA CASA, MINHA VIDA” EM  
PORTO ALEGRE**

Porto Alegre

Julho de 2017

**BRUNO LÖFF FERREIRA LEITE**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE  
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS  
EM EMPREENDIMENTO “MINHA CASA, MINHA VIDA” EM  
PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheiro Civil

**Orientador: Fernando Dornelles**

**Coorientadora: Juliana Kaiber da Silva**

Porto Alegre

Julho de 2017

**BRUNO LÖFF FERREIRA LEITE**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE  
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS  
EM EMPREENDIMENTO “MINHA CASA, MINHA VIDA” EM  
PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coorientadora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2017

Prof. Fernando Dornelles

IPH/UFRGS

Orientador

Eng<sup>a</sup>. Amb. Mestra em RH e San. Ambiental,  
Doutoranda PPGRHSA – UFRGS

Coorientadora

Juliana Kaiber da Silva

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dieter Wartchow**  
**IPH/UFRGS**

Dr. pela Stuttgart Universität

**Prof. Fernando Dornelles**  
**IPH/UFRGS**

Dr. pela UFRGS

**Eng<sup>a</sup>. Juliana Kaiber da Silva**  
**IPH/UFRGS**

MSc. pela UFRGS

Dedico este trabalho aos meus pais, Doris e Ivan, por todo o esforço para que não me faltasse nada em momento algum, pela paciência, pelo carinho e, principalmente, pelo incentivo diário.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Fernando Dornelles, que me ajudou a superar a incerteza e pôde me ajudar na construção desse trabalho.

À minha Coorientadora, Juliana Kaiber da Silva, pelo incentivo desde o começo e pelas dicas preciosas.

Aos meus pais, Doris e Ivan, e meu irmão, Lucas, pelo apoio da vida toda e pela confiança.

Aos meus amigos que mantiveram o apoio mesmo que à distância ao longo desse processo.

À minha família e principalmente à Giulia que também entenderam o meu afastamento temporário.

Ao Escritório Modelo Albano Volkmer e todos seus integrantes por todos aprendizados compartilhados que levo para a vida.

Aos Professores que me ajudaram a pensar além da engenharia.

“E aqueles que foram vistos dançando foram julgados insanos  
por aqueles que não podiam escutar a música. ”

*Friedrich Nietzsche (1844-1900)*

## RESUMO

Como consequência do aumento da população nas cidades, existe uma crescente demanda concentrada de água e consequente estresse nos mananciais. Mais que isso, não há movimento no sentido de conscientização da população dos usos racionais da água e dos possíveis problemas com a falta dela. Por isso, é de fundamental importância o compartilhamento de conhecimento sobre esse assunto a fim de se evitar crises ambientais no futuro. Além disso, parte da população é privada de alguns usos d'água. É nesse contexto que esse trabalho busca atingir o objetivo de fazer uma avaliação econômica da implementação de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais num conjunto habitacional do Programa Minha Casa, Minha Vida. Tal condomínio é localizado na cidade de Porto Alegre, abrange 180 apartamentos e conta com demanda reprimida de água para rega de jardins e hortas, além da lavagem de veículos. O desenvolvimento do trabalho se dá estabelecendo-se diferentes cenários – variando os materiais do reservatório entre fibra de vidro e concreto, os equipamentos entre convencionais e alternativos e as posições dos sistemas entre centralizado e descentralizado – para posterior avaliação econômica. Como etapas intermediárias, foi necessário se estabelecer um padrão de demanda, que serviu como dado para dimensionamento do reservatório, posteriormente se dimensionaram as tubulações de distribuição e o sistema de recalque. Com os cenários dimensionados e quantificados, executou-se orçamento dos sistemas que, por sua vez, foi utilizado para avaliação da viabilidade econômica. A conclusão obtida nesse trabalho foi a de que o cenário de sistemas descentralizados, com materiais alternativos e reservatório em fibra de vidro é o mais econômico com custo total de R\$ 6.167,77, porém a viabilidade, medida em função do tempo de retorno do investimento, acontece em longo prazo, aproximadamente 13,8 anos, visto que o custo da água no município de Porto Alegre é muito barato e a economia, portanto, baixa.

Palavras-chave: sistema de aproveitamento de água pluvial; sustentabilidade; uso racional da água; engenharia social.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1- Delineamento de pesquisa .....  | 16 |
| Figura 2 - Comportamento da população mundial entre 1950 e 2050. ....                                     | 19 |
| Figura 3 - Comportamento da população brasileira .....  | 20 |
| Figura 4 - Consumo de água no Brasil .....  | 23 |
| Figura 5 – Fluxograma da metodologia.....   | 30 |
| Figura 6 - Fluxos do balanço de massa para a simulação do sistema de aproveitamento de água de chuva..... | 35 |
| Figura 7 - Ábaco construído por Dornelles (2012) para a cidade de Porto Alegre. ....                      | 36 |
| Figura 8 - Localização do residencial.....  | 43 |
| Figura 9 – Planta de esgotos pluviais do condomínio. ....   | 45 |
| Figura 10 – Localização das hortas, da lavagem de carros, das áreas de captação e dos reservatórios.....  | 47 |
| Figura 11 - Área de captação e posição do reservatório no cenário 2.3.....                                | 48 |
| Figura 12 - Montagem do filtro alternativo .....  | 49 |
| Figura 13 - Distribuição de água pluvial .....  | 53 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 - Faixas do PMCMV .....   | 21 |
| Quadro 2 - Disponibilidade hídrica por habitante. ....   | 23 |
| Quadro 3 - Frequência de manutenção. ....  | 29 |
| Quadro 4 - Resumo das etapas .....   | 31 |
| Quadro 5 - Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água. ....                            | 32 |
| Quadro 6 - Parâmetros de engenharia estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo.....         | 33 |
| Quadro 7 - Recorte da página 3 da ficha de dimensionamento para reservatório de aproveitamento de água da chuva..... | 37 |
| Quadro 8 – Cálculo do tempo de retorno do investimento.....  | 40 |
| Quadro 9 - Cenários.....   | 46 |
| Quadro 10 - Áreas de contribuição.....   | 47 |
| Quadro 11 – Características dos filtros AcquaSave / 3P Technick.....   | 50 |
| Quadro 12 - Dados calculados dos reservatórios .....   | 51 |
| Quadro 13 - Cálculos de perda de carga.....  | 52 |
| Quadro 14 - Resumo dos cenários 1.1 e 1.2 .....  | 55 |
| Quadro 15 - Resumo dos cenários 2.1, 2.2 e 2.3. ....   | 55 |
| Quadro 16 - Orçamentos dos cenários.....   | 56 |
| Quadro 17 – Tempo de retorno estimado para os investimentos (anos) .....   | 57 |

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

CF – Custo futuro

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPC – Índice Nacional de Preços ao Consumidor

IPAP – Instalações Prediais de Águas Pluviais

MCMV – Minha Casa, Minha Vida

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial

SINDUSCON/RS – Sindicato das Indústrias da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul

VP – Valor presente

## LISTA DE SÍMBOLO

$C_{ano}$  – o custo futuro mensal do ano a ser calculado (R\$)

$C_{ano}$  – o custo futuro mensal do ano anterior (R\$)

CF – custo futuro no mês do cálculo (R\$)

CUB – Custo Unitário Básico (R\$/m<sup>2</sup>)

hf – perda de carga total na tubulação de sucção e de recalque (m)

Hg – altura geométrica, ou diferença de nível (m)

H<sub>man</sub> – altura manométrica (m)

$i$  – a inflação assumida (%)

N – o número do mês de cálculo

P – potência da bomba (HP)

$Q$  – vazão (m<sup>3</sup>/s)

VP – valor presente (R\$)

# SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2 DIRETRIZES DO TRABALHO .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>2.1 OBJETIVOS .....</b>   | <b>14</b> |
| 2.1.1 Objetivo Geral.....  | 14        |
| 2.1.2 Objetivos Específicos .....  | 14        |
| <b>2.2 PRESSUPOSTOS .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>2.3 DELIMITAÇÃO .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>2.4 DELINEAMENTO .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>2.5 RELEVÂNCIA.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>3.1 URBANIZAÇÃO E CONTEXTO DO PROGRAMA “MINHA CASA, MINHA VIDA” .....</b> | <b>18</b> |
| 3.1.1 Urbanização .....  | 19        |
| 3.1.2 Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV).....                           | 20        |
| <b>3.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA .....</b>                             | <b>22</b> |
| 3.2.1 Usos e Conservação Da Água.....  | 22        |
| 3.2.2 Sustentabilidade .....   | 24        |
| 3.2.3 Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP).....                | 26        |
| 3.2.3.1 Regulamentações.....   | 26        |
| 3.2.3.2 Componentes do sistema .....   | 27        |
| Área de captação e conduções horizontais e verticais .....                   | 27        |
| Pré-tratamento .....   | 28        |
| Reservatórios .....  | 29        |
| 3.1.3.3 Manutenção.....  | 29        |
| <b>4 METODOLOGIA DE TRABALHO .....</b>                                       | <b>30</b> |
| <b>4.1 ESTABELECIMENTO DOS CENÁRIOS.....</b>                                 | <b>31</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.2 DEMANDA.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>4.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO .....</b>                | <b>33</b> |
| <b>4.4 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO .....</b> | <b>38</b> |
| <b>4.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RECALQUE .....</b>         | <b>38</b> |
| <b>4.6 ORÇAMENTO.....</b>                                       | <b>39</b> |
| <b>4.7 VIABILIDADE ECONÔMICA .....</b>                          | <b>40</b> |
| <b>5 ESTUDO DE CASO.....</b>                                    | <b>43</b> |
| <b>6 RESULTADOS .....</b>                                       | <b>46</b> |
| <b>6.1 CENÁRIOS .....</b>                                       | <b>46</b> |
| <b>6.2 ESCOLHA DOS FILTROS .....</b>                            | <b>48</b> |
| <b>6.3 RESERVATÓRIOS .....</b>                                  | <b>50</b> |
| <b>6.4 DISTRIBUIÇÃO E BOMBA .....</b>                           | <b>51</b> |
| <b>6.5 ORÇAMENTO DOS CENÁRIOS .....</b>                         | <b>54</b> |
| <b>6.6 VIABILIDADE ECONÔMICA .....</b>                          | <b>56</b> |
| <b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                              | <b>59</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>62</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A história mundial recente mostra uma tendência no aumento da quantidade de pessoas na cidade, como sequência do processo muito frequente de formação das cidades, onde teoricamente existem mais oportunidades de emprego, e pela mecanização das atividades de produção no meio rural. A migração da população rural para as cidades e conseguinte aumento da população urbana tem duas consequências graves: a urbanização sem o devido controle do gestor e um estresse ambiental nos meios naturais, por excesso de demanda de recursos naturais.

A utilização desenfreada dos recursos hídricos na agricultura, indústria e no uso doméstico há de ser racionalizada. No meio urbano, o consumo de água aumenta proporcionalmente com a população, que por sua vez, em sua maioria, não tem conhecimento dos impactos causados ao meio ambiente pela retirada excessiva de água dos mananciais.

Esse aumento da população das cidades também gera um déficit habitacional, que tenta ser ultrapassado pelo poder público com políticas habitacionais, como o programa “Minha Casa, Minha Vida”, que constrói habitações subsidiadas pelo governo para a população de baixa renda. Essas habitações são construídas em conjuntos de casas ou apartamentos. Nesses locais, é comum que haja a restrição do uso de água em locais comuns para fins menos nobres como a rega de vegetação como medida de economia monetária.

Nesse contexto, o presente trabalho busca contribuir com o consumo sustentável d’água, bem como tentar promover uma relação mais saudável entre as pessoas e a natureza, sendo uma possibilidade a utilização de uma fonte alternativa de água para fins menos nobres. A proposta desse trabalho vem como uma consequência de todo esse quadro: o dimensionamento de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial (SAAP) para um conjunto habitacional de pessoas de baixa renda e verificação da viabilidade econômica de implementação de tal sistema. A motivação do trabalho é justamente a tentativa de empregar a engenharia com um cunho social,

ajudando os moradores do local a ter água à disposição para fins menos nobres, além de uma economia futura no consumo de água e, assim, diminuir a demanda de água tratada. A disponibilidade de água para fins comuns, como a rega de horta, tem como intuito fortalecer as relações interpessoais da comunidade.

O desenvolvimento do texto aborda primeiramente a revisão bibliográfica sobre o uso da água – histórico, regulamentação e, mais especificamente, sobre os SAAP –, a partir disso explica a metodologia que será adotada para a coleta de dados e a estimativa das premissas de projeto para o dimensionamento do sistema. Por fim, após a apresentação dos resultados são realizadas as considerações finais e recomendações desse trabalho.

## **2 DIRETRIZES DO TRABALHO**

O presente trabalho tratará de fatores que envolvem o aproveitamento de águas pluviais, partindo de assuntos mais abrangentes como urbanização e sustentabilidade, para então tratar especificamente sobre os SAAP. A seguir são apresentados os objetivos, os pressupostos, as delimitações, o delineamento e a relevância do presente trabalho.

### **2.1 OBJETIVOS**

Para chegar ao resultado desejado, traçam-se objetivos que são apresentados a seguir.

#### **2.1.1 Objetivo Geral**

Como objetivo principal, ou final, se deseja:

- Analisar a viabilidade econômica da implementação de SAAP em empreendimento habitacional do programa Minha Casa Minha Vida em situação pós-ocupação.

#### **2.1.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos secundários, ou intermediários, tem-se:

- Analisar as demandas que o empreendimento habitacional tem ou terá para uso externo;
- Analisar os equipamentos convencionais e alternativos de SAAP;
- Dimensionar SAAP para suprir a demanda de água para cada cenário e orçá-los; e

- Comparar os diferentes sistemas.

## 2.2 PRESSUPOSTOS

Como pressupostos são assumidos os seguintes pontos:

- a) O solo tem capacidade de suporte para a implementação do reservatório enterrado e de estrutura com reservatório superior;
- b) A construção do SAAP será por meio de mutirão dos próprios moradores e assim o custo com mão de obra será desconsiderado, quando não necessitar de mão de obra especializada.

## 2.3 DELIMITAÇÃO

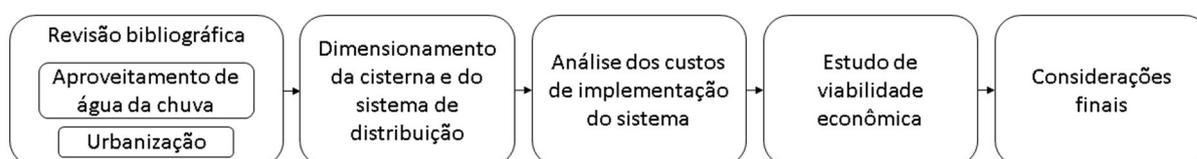
As análises abordam situações ocorridas no município de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, portanto os resultados não necessariamente se aplicam para outras cidades, mesmo que para um conjunto habitacional com as mesmas características. Isso se dá pela variabilidade espacial de fenômenos climáticos e pelas diferenças nas legislações específicas de cada local. Outra delimitação é o uso final que a água tem, podendo necessitar de outros tratamentos, caso ela seja utilizada para outros fins.

## 2.4 DELINEAMENTO

A revisão bibliográfica abordará os temas que influenciam e que levaram à utilização de SAAP de forma geral até pontos específicos que impactam no dimensionamento dos sistemas. A Figura 1 mostra a rotina que será seguida nesse trabalho. Uma das propostas desse é mostrar a indissociabilidade entre os assuntos, mostrando que o trabalho do engenheiro deve envolver a

multidisciplinaridade e o diálogo de conhecimentos distintos, além de mostrar que a cidade envolve um processo complexo que se retroalimenta. Particularmente, nas relações entre uso da água, urbanização e sustentabilidade, essa relação se dá no sentido de que quando a urbanização aumenta, por exemplo, conseqüentemente tem-se um impacto sobre o consumo de água pelo aumento da população, gerando impactos à jusante do ponto de retirada dos mananciais, sendo tal situação insustentável. Exemplos dessa situação ocorrem em locais com estresse hídrico, como é o caso da cidade de São Paulo, que, com a seca de 2013/14, sofreu com uma crise recente em função do alto grau de perdas na distribuição, resultado da terceirização de seus serviços e falta de investimentos, assim como pela demanda irracional da população e das indústrias (BRITO; SILVA JUNIOR, 2014). Outro caso de escassez de água, mas por motivo diferente, ocorre no semi-árido nordestino, onde o balanço hídrico é negativo (a precipitação média anual é baixa – abaixo de 800 mm -, a evaporação e transpiração são altas) (MOURA et al, 2007).

Figura 1- Delineamento de pesquisa



(Próprio do autor.)

## 2.5 RELEVÂNCIA

Ao contrário do que é hegemonizado no curso de Engenharia Civil, essa profissão não é neutra na sua atuação, já que cada decisão tomada por um engenheiro tem um impacto não somente relacionado ao objeto estudado, mas em relação à sociedade, sendo ela uma atuação política e social. Definitivamente ela envolve parâmetros técnicos importantes, mas é muito importante ressaltar que a engenharia deve incorporar no seu cerne parâmetros mais subjetivos

relacionados à sociedade, ou seja, se deve levar em conta fatores sociais tanto quanto fatores técnicos. Além de promover o diálogo entre o saber técnico-acadêmico e o saber popular. Nesse sentido, o tema do presente trabalho busca propor uma solução sustentável, econômica, social e ambientalmente, para o aproveitamento da água da chuva em um empreendimento habitacional de baixa renda, solução essa que será apresentada para a comunidade como possível investimento executável.

A proposta do SAAP se dá como forma de ampliar o acesso dos moradores do conjunto à água para demandas antes reprimidas, como a limpeza de carros e irrigação de jardins e hortas. Tal ampliação na disposição de água não sendo impactante na utilização de água da rede, por conseguinte não impactando na retirada de água dos mananciais, nem gerando custo para os condôminos.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

No contexto de urbanização e conseqüente densidade demográfica alta, os recursos ambientais, como a água, tendem a ser esgotados ou degradados se não houver cuidado da população. É dever do Poder Público prezar pelas riquezas naturais do seu território. Por isso, é condição necessária que por meios legais não se permita que haja consumo desenfreado desses recursos. O aproveitamento de água da chuva se inclui como medida de sustentabilidade, mas deve ser pensado em conjunto com outras medidas. Nesse capítulo serão abordados os seguintes temas: a urbanização, o déficit habitacional e o Programa Minha Casa, Minha Vida, assim como usos da água, sustentabilidade, os SAAPS.

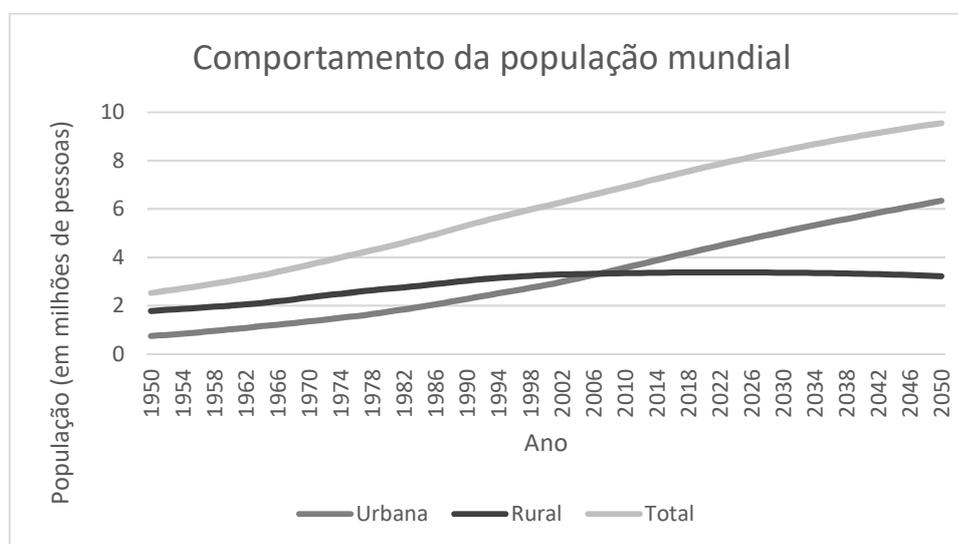
#### **3.1 URBANIZAÇÃO E CONTEXTO DO PROGRAMA “MINHA CASA, MINHA VIDA”**

No âmbito da engenharia é importante investigar os motivos para a implementação de qualquer obra, por isso, aqui são investigados alguns aspectos que em geral acabam não sendo levados em conta pelos profissionais de engenharia, mas que são de essencial entendimento para o planejamento e implementação de obras de engenharia que beneficiem a população como um todo. Nesta seção, serão abordados: a urbanização como fenômeno mundial; e o programa “Minha Casa, Minha Vida”.

### 3.1.1 Urbanização

Nos últimos 60 anos a população mundial que vive em centros urbanos tem aumentado vertiginosamente. Como consequência, em 2007 a população urbana ultrapassou a população rural. Tal urbanização pode ser relacionada a transformações sociais e econômicas particulares de cada local. Os desafios de um desenvolvimento sustentável se darão principalmente nas cidades, e para isso serão necessárias políticas integradas para melhorar a vida dos cidadãos urbanos e rurais. No gráfico abaixo (Figura 2), é mostrada a evolução da população mundial entre 1950 e 2014, e projetada como ela se comportará até 2050. Nota-se que a população rural atingiu um máximo recentemente e tende a diminuir progressivamente, já a população urbana cresceu com taxas quase constantes, aparentemente sofrerá uma leve inflexão, mas tende a continuar tal crescimento mesmo que menos intenso (UNITED NATIONS, 2014).

Figura 2 - Comportamento da população mundial entre 1950 e 2050.

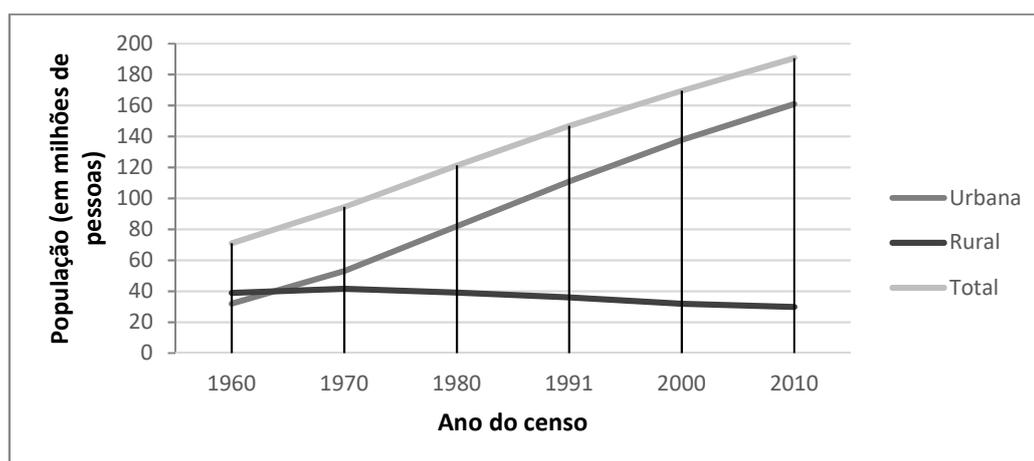


(UNITED NATIONS, 2014, elaborado pelo autor.)

No contexto brasileiro, o êxodo rural – a emigração da população rural para áreas urbanas – se deu a partir de 1960, com a mecanização das atividades rurais, a industrialização e consequente

promessa de aumento no número de empregos e remuneração nas cidades. Além disso, os migrantes buscavam uma vida mais digna relacionada ao acesso a infraestrutura, saúde e educação (AYDOS, 2010). A Figura 3 mostra que a população brasileira teve aumento praticamente linear entre 1960 e 2010. Esse aumento se deu somente em termos da população urbana, pois a população rural após 1970 apenas decresceu, consequência da emigração. O gráfico mostra também que ainda na década de 1960 a população urbana ultrapassou a rural. Segundo dados das Nações Unidas (2014), o Brasil tem uma população de 202 milhões de pessoas, dentre as quais 85,4% vivem em meio urbano e projeta que em 2050 terá uma população de 231 milhões de pessoas, das quais 91% (210 milhões) viverão em meio urbano.

Figura 3 - Comportamento da população brasileira



(BRASIL, 2010, elaboração pelo autor.)

### 3.1.2 Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV)

Criado em 2009 pelo governo federal, o PMCMV é uma política habitacional, implementada pela Lei Federal número 11.977 (BRASIL, 2009), que visa a diminuição do déficit habitacional e o cumprimento do dever do estado de fornecer à sua população moradia digna, já que a Constituição Federal (1988) em seu 6º artigo diz que a moradia, entre outros, é um direito social.

O Programa que visa atingir as classes mais baixas da sociedade brasileira é separado por faixas de renda e subsídios diferenciados para cada faixa (Quadro 1).

Quadro 1 - Faixas do PMCMV

| <b>Renda familiar mensal</b> | <b>Faixa do Minha Casa Minha Vida</b> | <b>Característica</b>  |
|------------------------------|---------------------------------------|--|
| Até R\$ 1.800,00             | Faixa 1                               | Até 90% de subsídio do valor do imóvel. Pago em até 120 prestações mensais de no máximo R\$ 270,00, sem juros. |
| Até R\$ 2.600,00             | Faixa 1,5                             | Até R\$ 47.500,00 de subsídio, com 5% de juros ao ano.   |
| Até R\$ 4.000,00             | Faixa 2                               | Até R\$ 29.000,00 de subsídio, com 5,5% a 7% de juros ao ano.  |
| Até R\$ 9.000,00             | Faixa 3                               | Entre 8,16% e 9,16% de juros ao ano.   |

(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2017)

Apesar do programa ter o intuito de minimizar um problema estrutural no Brasil, que é o déficit habitacional, ele se enquadra no sistema capitalista que vivemos, onde a população com menor poder aquisitivo vive em locais cada vez mais longe dos centros econômicos (onde há melhores oportunidades), não atacando o problema habitacional em seu cerne, ou seja, na distância entre os centros econômicos e as moradias dos menos favorecidos (ROLNIK et al., 2015). Criando um ciclo fechado onde os mais humildes se afastam espacialmente das oportunidades e consequentemente continuam ou se aprofundam na situação de vulnerabilidade social (ROLNIK, 2014).

## 3.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

### 3.2.1 Usos e Conservação Da Água

A água tem papel fundamental no dia-a-dia do ser humano, visto que o uso dela se dá em uma gama extensa de atividades. É importante discutir os diferentes empregos da água, pois temos, em alguns casos, a água tratada sendo utilizada para fins menos nobres, que não precisariam ter tal qualidade. Por isso, é importante questionar se o uso d'água vem sendo feito de modo eficiente e se, em alguns casos, não poderia ser utilizada de outras fontes de menor qualidade.

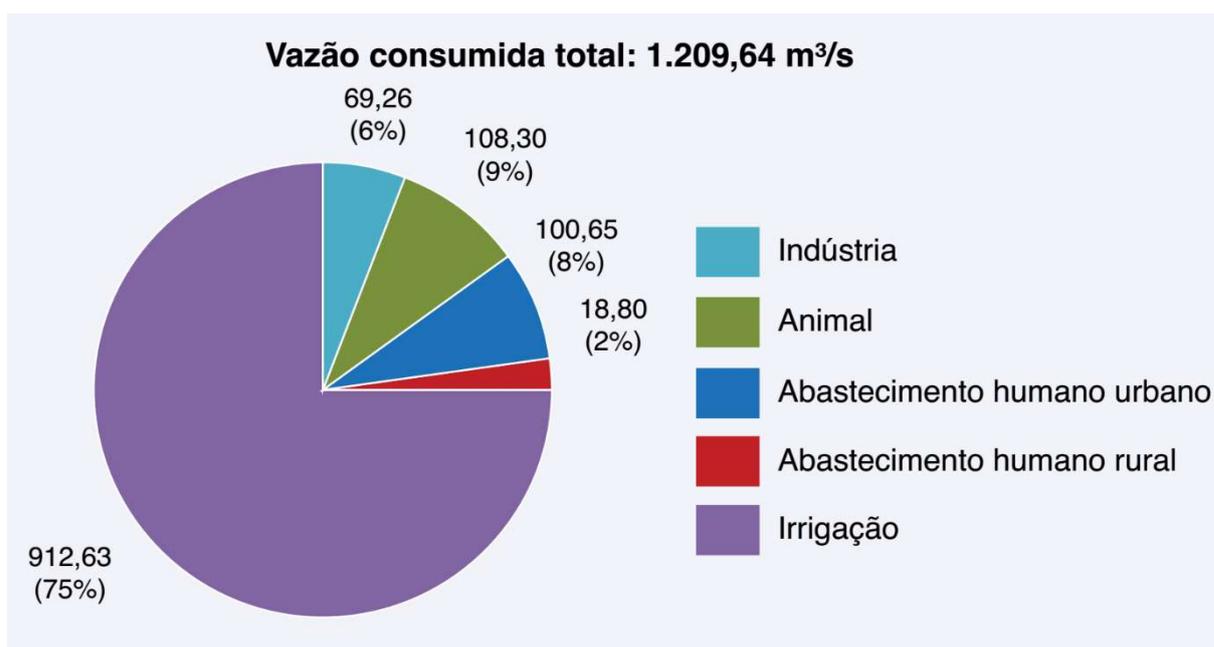
Cabe ressaltar que a nível nacional o consumo doméstico – para abastecimento humano (10%) – é 7,5 vezes menor que o consumo da agricultura – para irrigação (75%) –, enquanto a indústria e a demanda para dessedentação animal consomem respectivamente, 6% e 9%, como mostra a Figura 4. É importante ressaltar a grande disponibilidade hídrica que há no Brasil, a oferta de água média é de 260.000 m<sup>3</sup>/s, dos quais 205.000 m<sup>3</sup>/s estão na bacia do rio Amazonas (BRASIL, 2015). Tais dados mostram a variabilidade espacial da disponibilidade de água no país. Segundo classificação da ONU em relação a disponibilidade hídrica, há aqui disponibilidade abundante. Porém, pelas extensões territoriais, não é adequado fazer uma análise global da superfície, mas análise em regiões, já que parte significativa da disponibilidade hídrica é concentrada em uma área, como mostrado anteriormente. A SABESP (2017) construiu o quadro 2 a seguir que vai ao encontro de tal raciocínio e o ilustra.

Quadro 2 - Disponibilidade hídrica por habitante.

| Classificação da ONU | Disponibilidade Hídrica (m <sup>3</sup> /habitante/ano) | Região                       |
|----------------------|---|------------------------------|
| Abundante            | Maior que 20.000  | Brasil (35.000)              |
| Correta              | Entre 2.500 e 20.000                                    | Paraná (12.600)              |
| Pobre                | Entre 1.500 e 2.500                                     | Estado de São Paulo (2.209)  |
| Crítica              | Menor que 1.500   | Estado de Pernambuco (1.270) |
|                      |   | Bacia do Piracicaba (408)    |
|                      |   | Bacia do Alto Tietê (200)    |
|                      |   |                              |

(SABESP, 2017)

Figura 4 - Consumo de água no Brasil



(ANA, 2015)

Em função dos dados apresentados na figura 4, as medidas para consumo consciente têm que envolver não só o consumo residencial, mas principalmente a indústria, a pecuária e a

agricultura. A indústria vem buscando medidas conscientes de consumo d'água, pois isso acarreta em vantagens econômicas, tanto na economia de água, quanto na imagem corporativa de empresa consciente e comprometida com o ambiente. Já a produção de algumas culturas para exportação, por exemplo, implica na exportação de água virtual pela alta demanda hídrica que tem. Tal conceito foi criado por Allan (1998), para nomear a água utilizada na produção de bens, produtos ou serviços. MDIC (et al 2002 apud CARMO et al, 2007) mostra que em 2005 o Brasil exportou 86,8 bilhões de metros cúbicos de água virtual, sendo 50,3 bilhões em soja, 34 bilhões em carne e 2,4 bilhões em açúcar.

Dentre os usos domésticos estão: o asseio pessoal, a alimentação, a limpeza da casa, lavagem de roupas e louça, a irrigação de jardins, a lavagem de calçadas e veículos. Alguns desses usos não necessitam de água potável, para isso poderiam ser utilizados métodos de reuso de águas cinzas – segundo Tomaz (2001) são as águas efluentes dos lavatórios, do chuveiro, do tanque e da máquina de lavar roupas – em bacias sanitárias ou em irrigação abaixo da superfície (TOMAZ, 2001) e o aproveitamento de água de chuva. Outras medidas para economia ou conservação da água, são as descargas diferenciadas (*double flush toilet*) e as torneiras e chuveiros com maior eficiência. Em condomínios, a utilização de medição individualizada de consumo é considerada medida de uso racional, já que o consumidor pagará apenas pelo seu consumo e não o consumo total dividido pelo número de casas ou apartamentos do conjunto, sendo isso um incentivo para utilizar menos água, visto que há uma relação direta entre o uso d'água e seu custo.

### **3.2.2 Sustentabilidade**

Segundo o relatório da Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento (UNITED NATIONS, 1987) intitulado “Nosso Futuro Comum” (livre tradução),

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que supre as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprir suas próprias necessidades. Isso inclui dois conceitos:

- O conceito de “necessidades”, em particular as necessidades essenciais dos mais pobres, para os quais primordial prioridade deveria ser dada, e
- A ideia de limitações imposta pelo estado da tecnologia e pela organização social sobre a capacidade do ambiente de suprir às necessidades presentes e futuras.

A partir da publicação que traz o conceito de sustentabilidade e do relatório da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (UNITED NATIONS, 2002), a sustentabilidade acabou se baseando em três pilares: social, ambiental e econômico. A definição sugere que os três pés teriam o mesmo peso, porém frequentemente há uma hierarquia entre eles. O lado econômico é mais visado, já que se tem que pensar na viabilidade econômica de qualquer investimento, e o ambiental tem evidência, pois existem regulamentações que tentam preservar o ambiente, tendo importância para a viabilidade legal de empreendimentos. Porém, o pilar social, por ser menos tangível, acaba não sendo levado em conta no planejamento de obras, o que acaba muitas vezes prejudicando, ou não beneficiando, as comunidades nos locais de implementação.

Em relação ao aproveitamento de água pluvial, a sustentabilidade ambiental é relacionada não apenas ao consumo de água retirada de fontes alternativas, mas também – como consequência da não necessidade de tratamento de água, que envolve processos químicos e gastos de energia – não necessitando de tratamento mais complexo e bombeamento para vencer grandes desníveis já que o aproveitamento de água pluvial se dá próximo ao consumo (DORNELLES, 2012). Em relação ao âmbito econômico, já que não se tem gastos com água para certos usos, só para implementação do sistema, manutenção e falha de abastecimento, há retorno financeiro dentro de certo prazo, dependendo das condições específicas da região – subsídios e características pluviométricas (DORNELLES, 2012). Em alguns locais onde a fonte de água é mais escassa, a retirada da água do manancial pode acarretar em danos ambientais e sociais para comunidades a jusante do ponto de retirada, o uso racional da água e os SAAP, portanto, pode ter influência positiva socialmente.

### 3.2.3 Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP)

#### 3.2.3.1 Regulamentações

Um programa de conservação de água, segundo Tomaz (2010) deve incluir medidas e incentivos, sendo o primeiro relacionado a práticas – adotando tecnologias e mudanças de comportamento – e o seguinte tendo relação às regulamentações e subsídios por parte do poder público.

A nível nacional, a Lei Nº 9.433 (BRASIL, 1997), ou “Lei das Águas”, dispõe o seguinte em seu artigo sétimo (Seção I dos Planos de Recursos Hídricos):

Art. 7º Os Planos de Recursos Hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão o seguinte conteúdo mínimo:

(...)IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; (...)

A nível municipal, Porto Alegre instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento de água com a Lei Municipal Nº10.506 (PORTO ALEGRE, 2008), que, pelo raciocínio de Tomaz (2010), apenas incentiva o uso racional da água e o reaproveitamento de águas servidas e de chuva (no caso das águas pluviais o conceito de reaproveitamento não se aplica, já que o uso que será dado é o primário). Assim, nesse trabalho foi adotado o termo “aproveitamento” ao invés de “reaproveitamento”. O Decreto Municipal Nº 16.305 (PORTO ALEGRE, 2009) regulamenta a Lei Nº10.506/2008 e indica a criação de uma Comissão para “efetiva implementação das diretrizes estabelecida pela Lei”. Em seu artigo 4º indica que edificações industriais e comerciais com mais de 500 m<sup>2</sup> de telhado ou cobertura devem aproveitar as águas pluviais e em seu artigo 5º indica o uso das normas técnicas brasileiras e legislações sanitárias e ambientais vigentes para o dimensionamento de SAAP.

A norma brasileira que versa sobre o aproveitamento de águas pluviais em área urbana para fins não potáveis é a NBR 15.527 (ABNT, 2007). Essa dispõe sobre os requisitos para os SAAP, assim como informa alguns métodos para dimensionamento dos reservatórios. Ela indica o uso de outras cinco normas em conjunto com ela:

- ABNT NBR 5.626:1998, *Instalação predial de água fria*
- ABNT NBR 10.844:1989, *Instalações prediais de águas pluviais*
- ABNT NBR 12.213:1992, *Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público*
- ABNT NBR 12.214:1992, *Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público*
- ABNT NBR 12.217:1994, *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público*

As Normas Técnicas mencionadas acima recomendam técnicas para o dimensionamento do sistema, com algumas exceções a itens específicos delas.

### 3.2.3.2 Componentes do sistema

O sistema é constituído pela área de captação, as calhas, os condutores verticais e horizontais, o pré-tratamento, o reservatório e a bomba flutuante. A seguir são explicadas as funções de cada um.

#### *Área de captação e conduções horizontais e verticais*

Naturalmente a chuva cai em superfícies de captação como telhados, terraços ou até paredes de diversos materiais, com diferentes coeficientes de escoamento e de absorção da água, e é direcionada para um local específico no caso de calhas em telhados ou ralos em terraços. A partir dos dados pluviométricos locais, dos materiais que constituem a área de captação e do empreendimento, se dimensionam as calhas, condutores verticais e horizontais, de acordo com a norma NBR 10.844 (ABNT, 1989). Esses elementos têm a função de direcionar a água para a rede pluvial, ou no caso de SAAP, para o pré-tratamento do sistema.

### *Pré-tratamento*

O pré-tratamento é a primeira etapa que está diretamente relacionada ao SAAP. Ele é posicionado próximo ao reservatório e tem a função de retirar sedimentos da água que vem da superfície de captação. A escolha do tipo de pré-tratamento depende da finalidade que o usuário dará à água. Os dispositivos de descarte inicial requerem o uso de um separador de sedimentos grosseiros (principalmente folhas e galhos) antes deles.

No caso de uso da água para bacias sanitárias, além da filtração, é indicado o uso da desinfecção com cloro. No caso de utilização para demandas como a rega de jardim e lavagem de carros, não necessita de clorificação, desde que atenda os parâmetros de coliformes, turbidez e cor da norma de aproveitamento de água pluvial (TOMAZ, 2010).

No mercado existem algumas alternativas de dispositivos de pré-filtração com diferentes faixas de preço e diferentes propósitos. Além dos filtros específicos para água da chuva, Tomaz (2010) ainda traz algumas alternativas como a utilização de filtros de piscina e até comenta sobre o uso de reatores biológicos, porém esses são indicados para usos que requerem uma filtração mais intensa. O mesmo autor indica o uso de filtro lento de areia, sendo essa uma alternativa de baixo custo e eficiente.

Basicamente, a função do filtro é a de preservar o reservatório de receber detritos, além de impedir que animais entrem nele. Apesar de a norma determinar parâmetros mínimos de

qualidade d'água, ela não indica o uso de algum filtro específico, ficando a cargo do projetista a decisão de qual filtro utilizar.

### *Reservatórios*

Os reservatórios têm a função de armazenar a água filtrada, de forma a protegê-la da “incidência de luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasamento” (ABNT, 2007).

#### 3.1.3.3 Manutenção

A NBR 15527:2007 (ABNT, 2007) dispõe ainda sobre a frequência de realização de manutenção dos componentes do sistema. Tais são apresentadas no quadro 3 a seguir.

Quadro 3 - Frequência de manutenção.

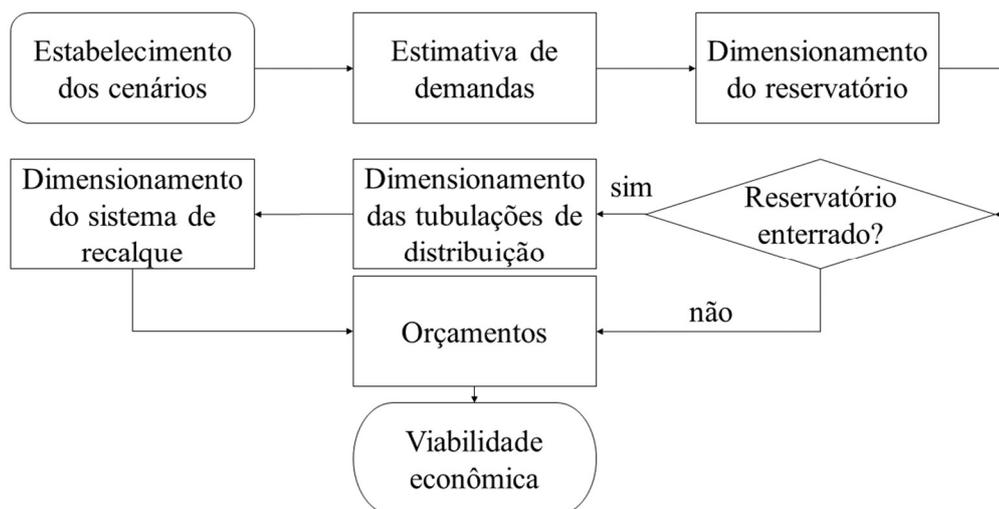
| Componente                                    | Frequência de manutenção             |
|---|--------------------------------------|
| Dispositivo de descarte de detritos           | Inspeção mensal e limpeza trimestral |
| Dispositivo de descarte do escoamento inicial | Limpeza mensal             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

(ABNT, 2007)

## 4 METODOLOGIA DE TRABALHO

No caso da implementação de um SAAP em um empreendimento já construído e ocupado, se utilizam as calhas e tubos de queda existentes, o filtro e o reservatório devem, se possível, se inserir na instalação de forma a diminuir o investimento necessário em novas tubulações. Sendo assim, há a necessidade da escolha do tipo de filtro que se vai utilizar, além da coleta de dados relacionados à superfície de captação e à demanda para dimensionamento do reservatório, podendo ainda ser necessário o dimensionamento da rede de distribuição. Para se analisar a viabilidade econômica, é necessário orçar a execução do sistema e utilizar algum método para análise econômica de investimento. Neste capítulo, os métodos para esses cálculos serão apresentados. A figura 5 a seguir apresenta um fluxograma do método que será utilizado e o Quadro 4 mostra os dados necessários para realização de cada etapa assim como o resultado dela.

Figura 5 – Fluxograma da metodologia



(Própria do autor.)

Quadro 4 - Resumo das etapas

| <b>Etapa</b>                                   | <b>Dados de entrada</b>  | <b>Resultados</b>                         |
|--|--|---|
| Estabelecimento dos cenários                   | Materiais de SAAP - filtros e reservatórios  | Cenários                                  |
| Estimativa de demandas                         | Usos que a água coletada terá - ex.: área de horta a ser regada                          | Demanda                                   |
| Dimensionamento do reservatório                | Demanda, área de contribuição, nível de atendimento à demanda ou nível de extravasamento | Volume do reservatório                    |
| Dimensionamento das tubulações de distribuição | Traçado da tubulação (diferenças de cota, curvas, joelhos e etc) e demandas              | Diâmetro das tubulações e perdas de carga |
| Dimensionamento do sistema de recalque         | Altura manométrica (diferença de nível entre sucção e consumo, e perda de carga)         | Bomba que será utilizada                  |
| Orçamento                                      | Insumos e composições para execução do SAAP  | Custo de cada SAAP                        |
| Viabilidade econômica                          | Custo do SAAP, economia com água, gastos com energia, água e manutenção                  | Tempo de retorno do investimento          |

(Própria do autor)

#### 4.1 ESTABELECIMENTO DOS CENÁRIOS

Após análise das opções de materiais para filtros e caixas d'água, se chegou à conclusão de que seria interessante traçar diferentes cenários para a análise de custos de implementação dos SAAPs. Além dessa necessidade, foram analisadas algumas possibilidades de distribuição espacial dos equipamentos no terreno do condomínio assim criando duas possibilidades distintas de distribuição:

- a) captação da água diretamente dos tubos de queda da água pluvial e ponto de utilização no próprio reservatório, sem necessidade de instalação de distribuição de água, nem bomba de recalque;
- b) captação da água nos condutores horizontais antes de atingirem a bacia de detenção, porém, como o reservatório teria que ser enterrado, necessita-se de escavação, bomba e distribuição da água aos pontos de consumo.

Portanto, os cenários podem ter a variação de materiais do SAAP e a variação da distribuição espacial dos reservatórios.

## 4.2 DEMANDA

O processo de escolha da demanda é essencial e pode variar de acordo com os costumes e clima de cada local. Muitos autores indicam o uso de vazões diferentes para a mesma demanda. Nesse trabalho, foi decidido que se usariam as demandas indicadas por Tomaz (2010) apresentadas a seguir nos quadros 5 e 6:

Quadro 5 - Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água.

| Uso interno                 | Unidades                   | Parâmetros |          |               |
|-----------------------------|----------------------------|------------|----------|---------------|
|                             |                            | Inferior   | Superior | Mais provável |
| Gasto mensal                | m <sup>3</sup> /pessoa/mês | 3          | 5        | 4             |
| Número pessoas na casa      | pessoa                     | 2          | 5        | 3,5           |
| Descarga na bacia           | Descarga/pessoa/dia        | 4          | 6        | 5             |
| Volume de descarga          | Litros/descarga            | 6,8        | 18       | 9             |
| Vazamento bacias sanitárias | Porcentagem                | 0          | 30       | 9             |
| Frequência de banho         | Banho/pessoa/dia           | 0          | 1        | 1             |
| Duração do banho            | Minutos                    | 5          | 15       | 7,3           |
| Vazão dos chuveiros         | Litros/segundo             | 0,08       | 0,3      | 0,15          |
| Uso da banheira             | Banho/pessoa/dia           | 0          | 0,2      | 0,1           |
| Volume de água              | Litros/banho               | 113        | 189      | 113           |
| Máquina de lavar pratos     | Carga/pessoa/dia           | 0,1        | 0,3      | 0,1           |
| Volume de água              | Litro/ciclo                | 18         | 70       | 18            |
| Máquina de lavar roupa      | Carga/pessoa/dia           | 0,2        | 0,37     | 0,37          |
| Volume de água              | Litro/ciclo                | 108        | 189      | 108           |
| Torneira da cozinha         | Minuto/pessoa/dia          | 0,5        | 4        | 4             |
| Vazão da torneira           | Litros/segundo             | 0,126      | 0,189    | 0,15          |
| Torneira de banheiro        | Minuto/pessoa/dia          | 0,5        | 4        | 4             |
| Vazão da torneira           | Litros/segundo             | 0,126      | 0,189    | 0,15          |

(TOMAZ, 2010)

Quadro 6 - Parâmetros de engenharia estimativas 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 <sup>2</sup> | 2         |
| Lavagem de carros               | litros/lavagem/carro      | 150       |
| Lavagem de carros: frequência   | Lavagem/mês               | 4         |
| Mangueira. de jardim 1/2"x20m.  | Litros/dia                | 50        |
| Manutenção de piscina           | litros/dia/m <sup>2</sup> | 3         |
| Perdas p/ evaporação em piscina | Litros/dia/m <sup>2</sup> | 5,75      |
| Reenchimento de piscinas        | anos                      | 10        |
| Tamanho da casa                 | m <sup>2</sup>            | 30 a 450  |
| Tamanho do lote                 | m <sup>2</sup>            | 125 a 750 |

(TOMAZ, 2010)

### 4.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

A escolha do volume do reservatório é a decisão mais importante para o sistema, já que o reservatório é, junto com o filtro, o equipamento mais oneroso do sistema (DORNELLES, 2012). A NBR 15.527 (ABNT, 2007) define que o projetista tem livre escolha de utilizar um dos métodos recomendados por ela (de Rippl, da simulação, Azevedo Neto, prático alemão, prático inglês ou prático australiano), mas deixa ele à vontade para propor outro método, desde que justificado. Esse número de métodos diferentes mostra o quão incerto pode ser esse dimensionamento.

Alguns desses são métodos práticos que são baseados em locais específicos e não tem informações de em que condições são aplicáveis, são eles: Azevedo Neto, prático alemão e prático inglês. Eles propõem multiplicações simples que relacionam parâmetros relacionados à área de captação, à pluviosidade local, à demanda ou ao período que se tem pouca chuva. Definitivamente são métodos de aplicação rápida, porém acabam envolvendo incertezas

desnecessárias já que, com o uso de computadores, pode-se usar métodos de simulação, por exemplo.

Os métodos de simulação geram resultados mais próximos aos reais por envolver uma gama maior de dados, apreciando melhor a variabilidade espacial e temporal da chuva, são eles o Método de Rippl e o Método da Simulação. Eles representam o comportamento dos reservatórios, o segundo podendo considerar inclusive o extravasamento ocorrido e o atendimento à demanda (DORNELLES, 2012), sendo, portanto, mais útil que os práticos num ponto de vista técnico, já que aqueles não chegam a índices de desempenho, senão o próprio volume.

Neste trabalho adotou-se o método proposto por Dornelles (2012). Tal autor criou ábacos e tabelas de dimensionamento baseados no método de simulação, com a diferença de que não se iniciou a simulação com o reservatório cheio e de que se incorporou um coeficiente de descarte do filtro de pré-tratamento. A geração dos referidos ábacos se deu por meio do método de Monte Carlo com a simulação do aproveitamento de água de chuva por séries sintéticas de precipitação diária. Vale ressaltar que o autor criou ábacos para todas as capitais brasileiras, a partir das séries históricas de chuvas de cada local. Os coeficientes adotados pelo autor foram segundo o mesmo:

- Coeficiente de escoamento e perdas na coleta e condução ao reservatório (c) = 0,95
- Coeficiente de descarte do filtro de pré-tratamento (cd) = 0,10
- Perda por evaporação no reservatório = zero
- Chuva significativa = 2mm

A figura 6 mostra um esquema dos fluxos que acontecem no sistema:

Figura 6 - Fluxos do balanço de massa para a simulação do sistema de aproveitamento de água de chuva.

$c$  : coef. de escoamento do telhado

$cd$  : coef. de descarte do filtro de pré-tratamento

$V_R$  : capacidade do reservatório (L)

$V_E$  : volume extravasado (L)

$P$  : precipitação diária (mm)

$D$  : demanda diária (L/dia)

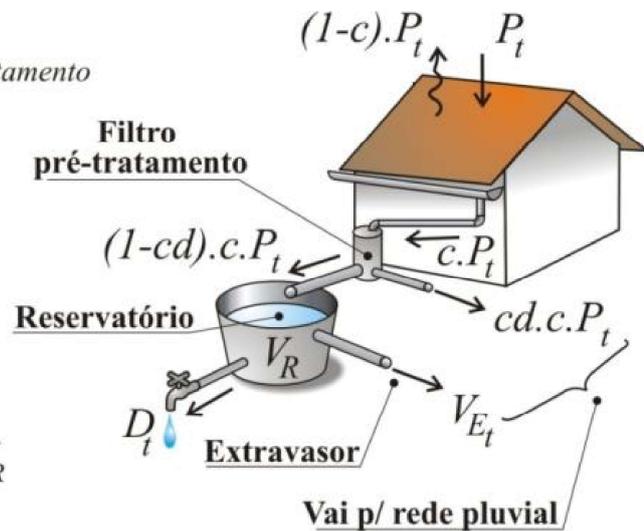
$t$  : índice de tempo (dia)

Cálculo do volume extravasado

se:  $V_{t-1} + (1-cd).c.P_t - D > V_R$

então:  $V_E = V_{t-1} + (1-cd).c.P_t - D - V_R$

senão:  $V_E = 0$



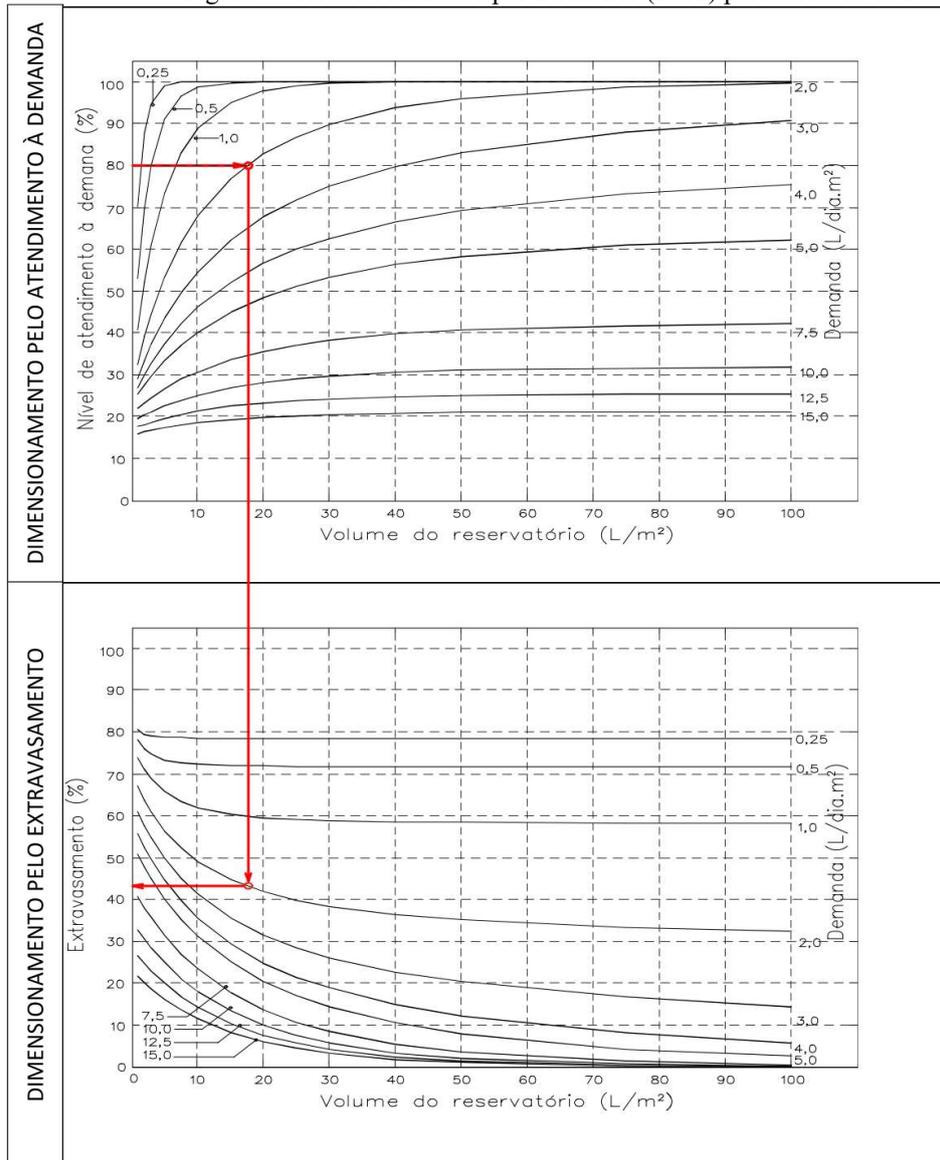
(DORNELLES, 2012)

O ábaco resultante é apresentado por meio de gráficos e quadros, sendo escolhido o uso dos quadros para dimensionamento, já que o uso de interpolação numérica permite a extração de um valor determinístico que o método gráfico não permite. Os quadros/gráficos apresentam relações entre o volume do reservatório unitário (volume do reservatório dividido pela área de captação), a demanda unitária diária (demanda dividida pela área de captação), nível de atendimento (ou aceitabilidade de falhas, já que o nível de atendimento é a porcentagem de tempo em que a demanda será atendida, sendo 100% subtraído da porcentagem de falhas) e nível de extravasamento. Cabe ressaltar, que no caso de se ter quaisquer duas variáveis das mencionadas acima, se pode inferir as outras duas.

O procedimento de decisão do volume do reservatório, portanto, necessita da decisão da demanda e da área de contribuição do telhado (para obter a demanda unitária), além do nível de atendimento ou extravasamento desejado para o SAAP. Com a definição de tais valores, se pode entrar na tabela ou no ábaco, buscando o valor da demanda definida e o atendimento a ela, obtendo assim o volume unitário e o valor de extravasamento ou atendimento (de acordo com a decisão de entrada). Após encontrar o volume unitário, multiplica-se esse pela área de

contribuição e se tem o volume necessário do reservatório para os parâmetros de entrada. A seguir é apresentado o ábaco (figura 7) e em seguida o quadro 7 com os valores encontrados pelo autor, ambos para aplicação em Porto Alegre.

Figura 7 - Ábaco construído por Dornelles (2012) para a cidade de Porto Alegre.



(fonte: DORNELLES, 2012)

Quadro 7 - Recorte da página 3 da ficha de dimensionamento para reservatório de aproveitamento de água da chuva.

|  |            | ATENDIMENTO À DEMANDA              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | EXTRAVASAMENTO                     |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|--|------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  |            | Demanda em (L/dia.m <sup>2</sup> ) |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | Demanda em (L/dia.m <sup>2</sup> ) |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|  |            | 0,25                               | 0,5         | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 7,5         | 10          | 12,5        | 15          | 0,25                               | 0,5         | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 7,5         | 10          | 12,5        | 15          |
| Volume do reservatório (L/m <sup>2</sup> ) | 1          | 68,5                               | 51,5        | 39,5        | 31,5        | 28,3        | 26,1        | 24,4        | 21,3        | 18,9        | 17,0        | 15,4        | 80,5                               | 78,0        | 74,1        | 67,4        | 61,2        | 55,6        | 50,5        | 39,9        | 31,5        | 25,0        | 19,8        |
|  |            | <b>70,1</b>                        | <b>53,0</b> | <b>40,8</b> | <b>32,5</b> | <b>29,1</b> | <b>26,9</b> | <b>25,2</b> | <b>21,9</b> | <b>19,5</b> | <b>17,5</b> | <b>15,9</b> | <b>80,7</b>                        | <b>78,3</b> | <b>74,4</b> | <b>67,9</b> | <b>61,9</b> | <b>56,4</b> | <b>51,5</b> | <b>41,1</b> | <b>32,9</b> | <b>26,4</b> | <b>21,2</b> |
|  |            | 71,8                               | 54,5        | 42,0        | 33,5        | 30,0        | 27,7        | 25,9        | 22,5        | 20,0        | 18,0        | 16,4        | 80,9                               | 78,5        | 74,8        | 68,4        | 62,6        | 57,3        | 52,5        | 42,4        | 34,3        | 27,8        | 22,6        |
|  | 2          | 86,1                               | 67,9        | 50,6        | 38,0        | 32,3        | 29,0        | 26,6        | 22,6        | 19,7        | 17,6        | 15,8        | 79,3                               | 75,7        | 70,9        | 63,7        | 57,7        | 52,2        | 47,4        | 37,2        | 29,3        | 23,1        | 18,3        |
|  |            | <b>87,5</b>                        | <b>69,6</b> | <b>52,0</b> | <b>39,1</b> | <b>33,3</b> | <b>29,9</b> | <b>27,4</b> | <b>23,2</b> | <b>20,3</b> | <b>18,1</b> | <b>16,3</b> | <b>79,5</b>                        | <b>76,0</b> | <b>71,4</b> | <b>64,3</b> | <b>58,5</b> | <b>53,2</b> | <b>48,5</b> | <b>38,5</b> | <b>30,7</b> | <b>24,5</b> | <b>19,7</b> |
|  |            | 89,0                               | 71,3        | 53,5        | 40,3        | 34,3        | 30,8        | 28,2        | 23,9        | 20,9        | 18,6        | 16,8        | 79,7                               | 76,4        | 71,9        | 65,0        | 59,3        | 54,2        | 49,5        | 39,8        | 32,1        | 26,0        | 21,1        |
|  | 3          | 93,6                               | 78,4        | 59,2        | 43,0        | 36,1        | 31,7        | 28,7        | 23,7        | 20,5        | 18,0        | 16,1        | 78,8                               | 74,3        | 68,5        | 60,8        | 54,4        | 49,2        | 44,5        | 34,7        | 27,2        | 21,4        | 16,9        |
|  |            | <b>94,6</b>                        | <b>80,0</b> | <b>60,8</b> | <b>44,3</b> | <b>37,2</b> | <b>32,7</b> | <b>29,5</b> | <b>24,4</b> | <b>21,1</b> | <b>18,6</b> | <b>16,6</b> | <b>79,0</b>                        | <b>74,6</b> | <b>69,0</b> | <b>61,5</b> | <b>55,4</b> | <b>50,2</b> | <b>45,6</b> | <b>36,1</b> | <b>28,6</b> | <b>22,8</b> | <b>18,3</b> |
|  |            | 95,7                               | 81,7        | 62,5        | 45,6        | 38,3        | 33,6        | 30,4        | 25,1        | 21,7        | 19,1        | 17,1        | 79,3                               | 75,0        | 69,6        | 62,3        | 56,3        | 51,3        | 46,8        | 37,4        | 30,1        | 24,3        | 19,6        |
|  | 5          | 98,5                               | 89,7        | 71,4        | 51,7        | 42,1        | 36,3        | 32,3        | 25,8        | 21,8        | 18,9        | 16,7        | 78,5                               | 72,7        | 65,0        | 55,8        | 49,3        | 43,9        | 39,3        | 30,3        | 23,5        | 18,3        | 14,4        |
|  |            | <b>98,9</b>                        | <b>91,1</b> | <b>73,3</b> | <b>53,2</b> | <b>43,3</b> | <b>37,4</b> | <b>33,3</b> | <b>26,6</b> | <b>22,5</b> | <b>19,5</b> | <b>17,2</b> | <b>78,7</b>                        | <b>73,1</b> | <b>65,7</b> | <b>56,8</b> | <b>50,4</b> | <b>45,2</b> | <b>40,6</b> | <b>31,7</b> | <b>24,9</b> | <b>19,8</b> | <b>15,7</b> |
|  |            | 99,4                               | 92,5        | 75,1        | 54,7        | 44,5        | 38,4        | 34,2        | 27,3        | 23,1        | 20,1        | 17,8        | 79,0                               | 73,6        | 66,4        | 57,7        | 51,5        | 46,4        | 41,9        | 33,1        | 26,4        | 21,2        | 17,1        |
|  | 7,5        | 99,6                               | 95,8        | 81,1        | 59,9        | 48,2        | 41,0        | 35,9        | 28,0        | 23,2        | 19,8        | 17,3        | 78,4                               | 71,9        | 62,3        | 51,2        | 44,1        | 38,6        | 34,2        | 25,6        | 19,6        | 15,2        | 11,8        |
|  |            | <b>99,8</b>                        | <b>96,6</b> | <b>82,9</b> | <b>61,6</b> | <b>49,6</b> | <b>42,2</b> | <b>37,0</b> | <b>28,9</b> | <b>23,9</b> | <b>20,5</b> | <b>17,9</b> | <b>78,7</b>                        | <b>72,4</b> | <b>63,1</b> | <b>52,2</b> | <b>45,3</b> | <b>40,0</b> | <b>35,6</b> | <b>27,1</b> | <b>21,1</b> | <b>16,5</b> | <b>13,1</b> |
|  |            | 100,0                              | 97,5        | 84,7        | 63,3        | 51,0        | 43,4        | 38,0        | 29,7        | 24,6        | 21,1        | 18,5        | 79,0                               | 72,9        | 63,9        | 53,3        | 46,6        | 41,3        | 37,0        | 28,6        | 22,5        | 17,9        | 14,4        |
|  | 10         | 99,8                               | 98,1        | 87,2        | 66,1        | 53,1        | 44,8        | 39,0        | 29,8        | 24,3        | 20,6        | 17,8        | 78,4                               | 71,6        | 60,6        | 47,6        | 39,9        | 34,3        | 29,8        | 21,9        | 16,4        | 12,6        | 9,7         |
|  |            | <b>99,9</b>                        | <b>98,7</b> | <b>88,9</b> | <b>68,0</b> | <b>54,6</b> | <b>46,1</b> | <b>40,1</b> | <b>30,7</b> | <b>25,1</b> | <b>21,2</b> | <b>18,4</b> | <b>78,7</b>                        | <b>72,1</b> | <b>61,4</b> | <b>48,8</b> | <b>41,3</b> | <b>35,8</b> | <b>31,3</b> | <b>23,4</b> | <b>17,8</b> | <b>13,9</b> | <b>11,0</b> |
|  |            | 100,0                              | 99,2        | 90,7        | 69,8        | 56,1        | 47,4        | 41,3        | 31,6        | 25,8        | 21,9        | 19,0        | 78,9                               | 72,6        | 62,3        | 50,0        | 42,6        | 37,2        | 32,9        | 24,9        | 19,3        | 15,3        | 12,3        |
|  | 15         | 99,9                               | 99,5        | 93,8        | 75,0        | 60,7        | 50,7        | 43,7        | 32,6        | 26,0        | 21,7        | 18,6        | 78,4                               | 71,4        | 58,8        | 42,6        | 33,5        | 27,6        | 23,3        | 16,1        | 11,7        | 8,7         | 6,6         |
|  |            | <b>100</b>                         | <b>99,8</b> | <b>95,1</b> | <b>76,9</b> | <b>62,3</b> | <b>52,1</b> | <b>44,9</b> | <b>33,6</b> | <b>26,9</b> | <b>22,4</b> | <b>19,2</b> | <b>78,6</b>                        | <b>71,9</b> | <b>59,8</b> | <b>44,0</b> | <b>35,1</b> | <b>29,2</b> | <b>24,9</b> | <b>17,6</b> | <b>13,0</b> | <b>10,0</b> | <b>7,7</b>  |
| 100  |            | 100                                | 96,3        | 78,7        | 63,9        | 53,6        | 46,2        | 34,6        | 27,7        | 23,2        | 19,9        | 78,9        | 72,5                               | 60,7        | 45,4        | 36,6        | 30,8        | 26,5        | 19,1        | 14,4        | 11,2        | 8,9         |             |
| 20   | 99,9       | 99,8                               | 96,9        | 81,0        | 66,1        | 55,1        | 47,1        | 34,5        | 27,2        | 22,4        | 19,1        | 78,3        | 71,3                               | 58,0        | 39,3        | 29,0        | 22,7        | 18,5        | 12,0        | 8,4         | 6,1         | 4,5         |             |
|  | <b>100</b> | <b>99,9</b>                        | <b>97,8</b> | <b>82,8</b> | <b>67,7</b> | <b>56,6</b> | <b>48,5</b> | <b>35,6</b> | <b>28,1</b> | <b>23,2</b> | <b>19,8</b> | <b>78,6</b> | <b>71,9</b>                        | <b>59,0</b> | <b>40,8</b> | <b>30,7</b> | <b>24,4</b> | <b>20,1</b> | <b>13,5</b> | <b>9,6</b>  | <b>7,2</b>  | <b>5,5</b>  |             |
|  | 100        | 100                                | 98,7        | 84,6        | 69,3        | 58,1        | 49,8        | 36,7        | 29,1        | 24,1        | 20,5        | 78,9        | 72,5                               | 60,0        | 42,3        | 32,4        | 26,1        | 21,8        | 15,0        | 10,9        | 8,3         | 6,5         |             |
| 25   | 99,9       | 99,8                               | 98,4        | 85,2        | 70,3        | 58,4        | 49,7        | 35,9        | 28,0        | 22,9        | 19,4        | 78,3        | 71,3                               | 57,7        | 37,0        | 25,6        | 19,0        | 14,9        | 9,1         | 6,1         | 4,2         | 3,1         |             |
|  | <b>100</b> | <b>99,9</b>                        | <b>99,0</b> | <b>86,9</b> | <b>71,8</b> | <b>60,0</b> | <b>51,1</b> | <b>37,1</b> | <b>29,0</b> | <b>23,8</b> | <b>20,2</b> | <b>78,6</b> | <b>71,9</b>                        | <b>58,7</b> | <b>38,6</b> | <b>27,3</b> | <b>20,8</b> | <b>16,6</b> | <b>10,4</b> | <b>7,2</b>  | <b>5,2</b>  | <b>3,9</b>  |             |
|  | 100        | 100                                | 99,5        | 88,6        | 73,4        | 61,5        | 52,6        | 38,3        | 30,1        | 24,7        | 20,9        | 78,9        | 72,5                               | 59,7        | 40,1        | 29,1        | 22,6        | 18,2        | 11,8        | 8,3         | 6,2         | 4,8         |             |
| 30   | 99,9       | 99,9                               | 99,1        | 88,2        | 73,5        | 61,0        | 51,7        | 37,0        | 28,6        | 23,3        | 19,6        | 78,3        | 71,3                               | 57,5        | 35,4        | 22,9        | 16,1        | 12,1        | 6,9         | 4,4         | 3,0         | 2,1         |             |
|  | <b>100</b> | <b>100</b>                         | <b>99,5</b> | <b>89,8</b> | <b>75,1</b> | <b>62,6</b> | <b>53,2</b> | <b>38,3</b> | <b>29,7</b> | <b>24,2</b> | <b>20,4</b> | <b>78,6</b> | <b>71,9</b>                        | <b>58,5</b> | <b>37,0</b> | <b>24,7</b> | <b>17,9</b> | <b>13,7</b> | <b>8,1</b>  | <b>5,4</b>  | <b>3,8</b>  | <b>2,9</b>  |             |
|  | 100        | 100                                | 99,9        | 91,4        | 76,7        | 64,2        | 54,8        | 39,5        | 30,8        | 25,2        | 21,2        | 78,9        | 72,4                               | 59,6        | 38,6        | 26,6        | 19,8        | 15,4        | 9,4         | 6,4         | 4,7         | 3,7         |             |
| 40   | 99,9       | 99,9                               | 99,7        | 92,1        | 78,1        | 64,8        | 54,5        | 38,4        | 29,4        | 23,8        | 19,9        | 78,3        | 71,3                               | 57,3        | 33,2        | 19,1        | 11,9        | 8,1         | 4,0         | 2,2         | 1,4         | 0,9         |             |
|  | <b>100</b> | <b>100</b>                         | <b>99,9</b> | <b>93,7</b> | <b>79,7</b> | <b>66,5</b> | <b>56,2</b> | <b>39,8</b> | <b>30,6</b> | <b>24,7</b> | <b>20,8</b> | <b>78,6</b> | <b>71,9</b>                        | <b>58,4</b> | <b>34,9</b> | <b>21,0</b> | <b>13,7</b> | <b>9,7</b>  | <b>5,1</b>  | <b>3,1</b>  | <b>2,1</b>  | <b>1,6</b>  |             |
|  | 100        | 100                                | 100         | 95,2        | 81,3        | 68,2        | 57,9        | 41,2        | 31,7        | 25,7        | 21,6        | 78,9        | 72,4                               | 59,5        | 36,6        | 22,9        | 15,5        | 11,3        | 6,2         | 4,0         | 2,9         | 2,2         |             |
| 50   | 99,9       | 99,9                               | 99,8        | 94,6        | 81,3        | 67,4        | 56,4        | 39,2        | 29,8        | 24,0        | 20,1        | 78,3        | 71,3                               | 57,3        | 31,9        | 16,4        | 9,1         | 5,6         | 2,3         | 1,1         | 0,6         | 0,3         |             |
|  | <b>100</b> | <b>100</b>                         | <b>99,9</b> | <b>96,0</b> | <b>82,9</b> | <b>69,2</b> | <b>58,2</b> | <b>40,7</b> | <b>31,0</b> | <b>25,0</b> | <b>20,9</b> | <b>78,6</b> | <b>71,8</b>                        | <b>58,4</b> | <b>33,6</b> | <b>18,4</b> | <b>10,9</b> | <b>7,1</b>  | <b>3,2</b>  | <b>1,9</b>  | <b>1,2</b>  | <b>0,9</b>  |             |
|  | 100        | 100                                | 100         | 97,4        | 84,6        | 71,0        | 60,0        | 42,2        | 32,3        | 26,0        | 21,8        | 78,8        | 72,4                               | 59,5        | 35,4        | 20,3        | 12,6        | 8,6         | 4,2         | 2,6         | 1,8         | 1,4         |             |
| 75   | 99,9       | 99,9                               | 99,8        | 97,9        | 86,3        | 71,1        | 58,8        | 40,0        | 30,2        | 24,2        | 20,2        | 78,2        | 71,2                               | 57,2        | 30,2        | 12,3        | 5,1         | 2,3         | 0,5         | 0,1         | 0,0         | 0,0         |             |
|  | <b>100</b> | <b>100</b>                         | <b>99,9</b> | <b>98,7</b> | <b>87,9</b> | <b>73,1</b> | <b>60,9</b> | <b>41,7</b> | <b>31,5</b> | <b>25,3</b> | <b>21,1</b> | <b>78,5</b> | <b>71,8</b>                        | <b>58,3</b> | <b>32,1</b> | <b>14,3</b> | <b>6,6</b>  | <b>3,4</b>  | <b>1,1</b>  | <b>0,6</b>  | <b>0,4</b>  | <b>0,3</b>  |             |
|  | 100        | 100                                | 100         | 99,4        | 89,5        | 75,2        | 63,0        | 43,4        | 32,8        | 26,3        | 22,0        | 78,8        | 72,3                               | 59,4        | 34,1        | 16,3        | 8,1         | 4,5         | 1,7         | 1,0         | 0,7         | 0,6         |             |
| 100  | 99,9       | 99,9                               | 99,8        | 99,1        | 89,2        | 73,0        | 59,8        | 40,3        | 30,3        | 24,3        | 20,2        | 78,1        | 71,1                               | 57,1        | 29,5        | 9,8         | 3,1         | 1,1         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |             |
|  | <b>100</b> | <b>100</b>                         | <b>99,9</b> | <b>99,5</b> | <b>90,8</b> | <b>75,3</b> | <b>62,1</b> | <b>42,1</b> | <b>31,7</b> | <b>25,3</b> | <b>21,1</b> | <b>78,4</b> | <b>71,7</b>                        | <b>58,3</b> | <b>31,6</b> | <b>12,0</b> | <b>4,3</b>  | <b>1,8</b>  | <b>0,4</b>  | <b>0,2</b>  | <b>0,1</b>  | <b>0,1</b>  |             |
|  | 100        | 100                                | 100         | 99,9        | 92,3        | 77,6        | 64,4        | 43,9        | 33,0        | 26,4        | 22,0        | 78,7        | 72,3                               | 59,4        | 33,7        | 14,1        | 5,5         | 2,5         | 0,8         | 0,5         | 0,3         | 0,3         |             |

(DORNELLES, 2012)

Dornelles (2012) observa que “os limites (superior e inferior) (do quadro) são referentes ao intervalo de confiança para 90% de significância”.

No ábaco (figura 7) e no Quadro 7, é apresentado um exemplo pelo autor de um local com área de captação de 150 m<sup>2</sup>, com demanda de 300 litros por dia, resultando em uma demanda unitária de 2 litros por metro quadrado. Tal demanda deve ser suprida em 80%, a partir disso, se encontra o volume unitário de 17,5 litros por metro quadrado, que multiplicado pela área de contribuição resulta no volume do reservatório desejado.

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

As tubulações de distribuição, quando existentes, devem ser dimensionadas de acordo com a norma NBR 5626 (ABNT, 1998). No anexo A dessa, há o procedimento de dimensionamento passo-a-passo. Nele é indicado o uso do método de pesos relativos de cada demanda para estimativa de vazões simultâneas. A perda de carga é estimada pela equação universal (Darcy-Weisbach), a qual precisa do fator de fricção (f), obtido por iterações da equação de Colebrook-White. A partir das dimensões das tubulações e das perdas de carga, se obtém a pressão disponível e se verifica se os pontos de uso atingem a pressão mínima recomendada pela norma (1 mca = 10 kPa). O outro fator que necessita ser verificado é a velocidade do escoamento, a norma indica que a velocidade máxima permitida é de 3 m/s. O método indicado pela norma ajuda no dimensionamento do diâmetro da tubulação que, por tentativa e erro, é encontrado, quando a os critérios de velocidade e pressão são atendidos, além de mostrar a perda de carga da instalação.

#### 4.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RECALQUE

Os SAAP podem ser instalados de forma a não haver a necessidade da utilização de recalque, porém, no caso de instalações que necessitem de reservatórios inferiores (reservação) e superiores (distribuição), ou no caso de reservatórios enterrados, se necessita de recalque para

a elevação da água para a distribuição. O dimensionamento, ou determinação da bomba, envolve o cálculo da altura manométrica, que pode ser calculado da seguinte forma, segundo Netto et al. (1998):

$$H_{man} = Hg + hf$$

Sendo:

$Hg$  – altura geométrica, ou diferença de nível (m);

$hf$  – perda de carga total na tubulação de sucção e de recalque (m).

A partir da altura manométrica e da vazão simultânea calculada no dimensionamento das tubulações, se pode entrar nos catálogos de fabricantes e se escolher a potência da bomba e a dimensão do rotor.

#### 4.6 ORÇAMENTO

A partir do dimensionamento do reservatório, da escolha da bomba e da verificação da tubulação de distribuição, se pode fazer o orçamento dos materiais e da mão de obra especializada – nos casos necessários. Para atingir uma generalização razoável na obtenção dos custos, é indicado o uso do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (CAIXA, 2017). Tal foi criado em 1969 pelo Banco Nacional de Habitação em parceria com o IBGE com o intuito de uma uniformização dos custos relacionados à construção civil, especificamente de habitações, porém ao longo de sua história, o sistema foi se aprimorando e adicionando itens, como de obras de saneamento e infraestrutura. Hoje em dia, ele serve de base para qualquer orçamento que envolva obras públicas. A Caixa Econômica Federal e o IBGE publicam mensalmente essa pesquisa de custos de materiais (insumos) e serviços (composições) em seu *site*. Os índices são publicados nas versões: desonerados (não incluem os encargos sociais de 20% de custos com INSS) e não desonerados (ou onerados, os quais incluem a contribuição para o INSS) (CAIXA, 2017). No caso desse trabalho, serão

utilizados os valores onerados e, já que se pretende fazer a instalação por meios de mutirões com os moradores, será suprimida a mão de obra, nos casos que não envolva serviços específicos, como eletricitista, ou serviços muito duradouros, como a escavação.

Os itens que não forem orçados pela SINAPI, serão orçados com três empresas, quando houverem três que forneçam o material, e o preço mais barato será o adotado. Esse caso ocorrerá com produtos específicos que, apesar de convencionais nos SAAP, não são orçados pela SINAPI por não serem de uso recorrente. Possivelmente, no futuro tais itens serão incluídos nos produtos orçados.

#### 4.7 VIABILIDADE ECONÔMICA

Na análise de viabilidade econômica foi decidido que se usaria o método de valor presente (VP) com juros composto para se analisar o tempo de retorno para o investimento. Nesse cálculo, são levados em conta os seguintes gastos: investimento inicial, energia (se houver recalque), água (caso haja realimentação quando houver falta de água da chuva) e manutenção anual (bomba). A economia é caracterizada pelo volume de água pluvial que é utilizada no lugar de água tratada. Ainda, relacionado ao custo de água (tanto na economia quanto no gasto), à energia e à manutenção, foi considerado o aumento anual de acordo com a inflação. Para calcular o VP das economias e gastos, foi construída uma planilha como o quadro 8 a seguir:

Quadro 8 – Cálculo do tempo de retorno do investimento.

| N   | Mês/ano | Economia de Água |     | Gastos  |     |      |     |            |      | Economia Total |
|-----|---------|------------------|-----|---------|-----|------|-----|------------|------|----------------|
|     |         |                  |     | Energia |     | Água |     | Manutenção |      |                |
| -   | -       | CF               | VP  | CF      | VP  | CF   | VP  | CF         | VP   | VP             |
| (1) | (2)     | (3)              | (4) | (5)     | (6) | (7)  | (8) | (9)        | (10) | (11)           |

(Próprio do autor.)

Onde:

- (1) Conta o número de meses transcorridos;
- (2) Indica o mês e o ano do calendário gregoriano que acontece o cálculo;
- (3) Economia de água no custo futuro (CF), no mês indicado;
- (4) Economia de água no VP;
- (5) Custo de energia no CF, no mês indicado;
- (6) Custo de energia no VP;
- (7) Custo de água no CF, no mês indicado;
- (8) Custo de água no VP;
- (9) Custo de manutenção no CF, no mês indicado;
- (10) Custo de manutenção no VP;
- (11) Economia total, somando a economia e custos do mês anterior e os mesmos do mês indicado.

Aos custos incorrem a cada ano um reajuste de acordo com a inflação ( $i$ ), foi assumido que esse valor ficaria relacionado ao Índice Nacional de Preços ao Consumidos (INPC), já que ele é calculado em função também da energia e água, calculada sobre o custo do ano anterior:

$$C_{ano+1} = C_{ano} \cdot (1 + i)$$

Sendo:

$C_{ano+1}$  – o CF mensal do ano;

$C_{ano}$  – o CF mensal do ano anterior; e

$i$  – a taxa de juros adotada, nesse caso a variação do INPC.

Como nesse trabalho está se verificando a viabilidade econômica de uma obra civil, se utiliza o Custo Unitário Básico (CUB). O VP é calculado pela seguinte equação:

$$VP = \frac{CF}{(1 + i)^{N-1}}$$

Sendo:

$VP$  – valor presente;

$CF$  – custo futuro no mês do cálculo; e

$i$  – a taxa de juros, nesse caso foi utilizada a variação mensal do CUB.

$N$  – o número do mês de cálculo.

Ou seja, o valor da inflação é dividido pelo número de meses, como se a sua capitalização fosse simples e não composta.

O mês que o valor da economia total no valor presente atinge o investimento inicial, se tem o tempo de retorno no investimento.

## 5 ESTUDO DE CASO

O presente trabalho tem como estudo de caso a instalação de um SAAP em um empreendimento habitacional localizado no bairro Partenon, Porto Alegre, RS (Figura 8). O condomínio residencial foi construído com recursos federais do programa Minha Casa, Minha Vida, o qual foi entregue em dezembro de 2015 às famílias. O condomínio é dividido em 3 blocos, cada bloco com 3 prédios de 5 pavimentos, cada andar tem 4 apartamentos, totalizando 180 apartamentos.

Figura 8 - Localização do residencial



(Própria do autor.)

O local foi visitado para se compreender as necessidades da comunidade e decidir à que demandas o SAAP atenderia. Por ser um local já em uso, não há a possibilidade de uso dessa água para bacias sanitárias, por exemplo, já que necessitaria de nova instalação hidráulica, gerando intervenções estruturais muito significativas, e conseqüentemente, teria um custo muito elevado. As regras do condomínio não permitem que os moradores lavem veículos com a água das torneiras das áreas comuns, já que a conta do condomínio é compartilhada entre todos moradores e nem todos fariam esse uso da água. Por isso, um dos usos para a água pluvial analisados será o de lavagem de carros. Atualmente a quantidade de carros de moradores é de aproximadamente 80, porém foi adotado o número de 100 veículos para o caso do número de carros aumentar no futuro.

Em consequência de o condomínio ter sido ocupado recentemente, ainda não há um senso de comunidade e ligação entre os moradores. Por isso, houve a ideia de se criar hortas comunitárias, visando uma criação de vínculos entre os moradores, além da possibilidade de ter alimentos produzidos por eles mesmos, ainda que em pequena quantidade, plantados pelos próprios moradores.

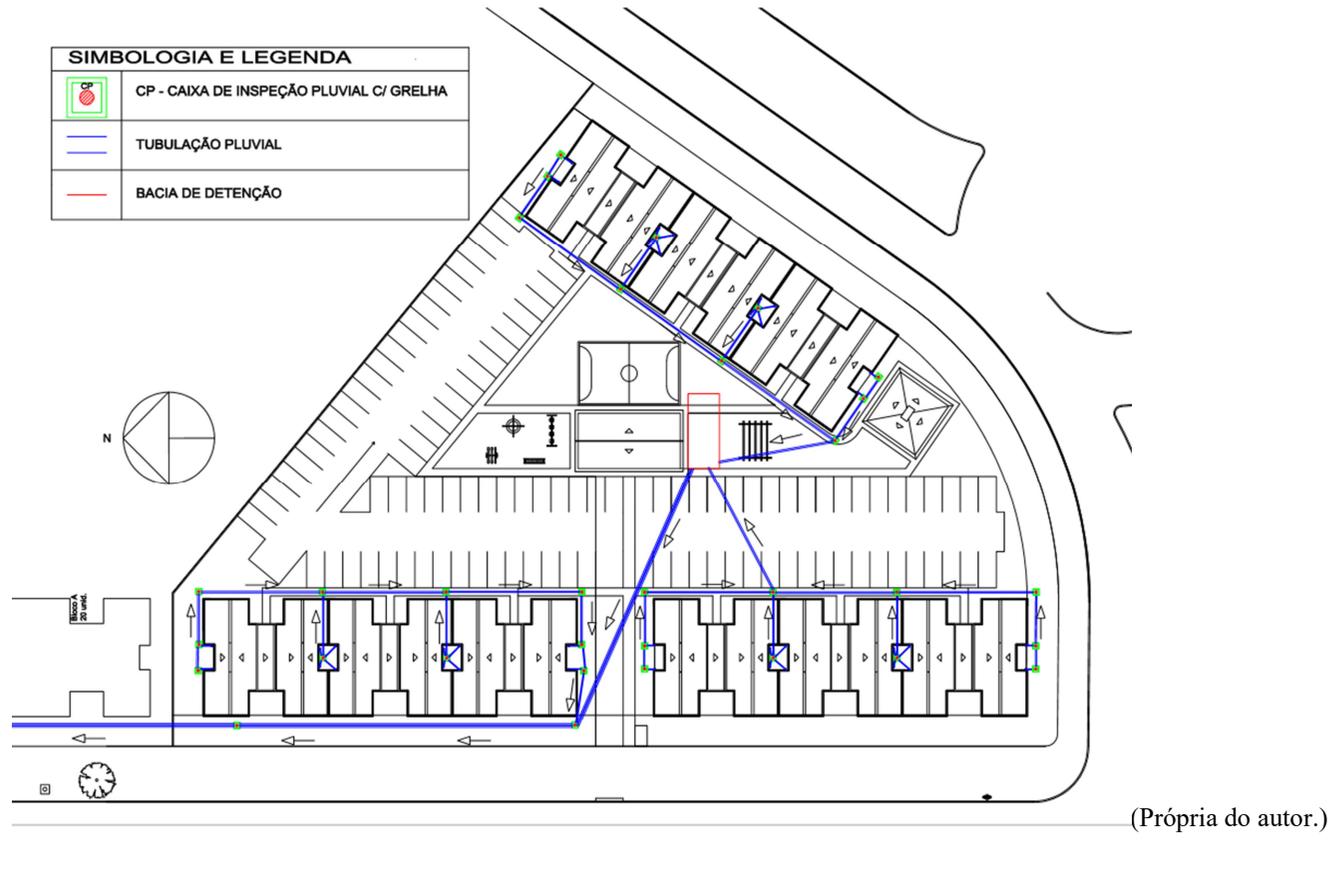
Portanto, a água pluvial terá dois usos:

1. Lavagem de veículos; e
2. Rega de horta.

Ao finalizar o pré-projeto e orçamento, o projeto será apresentado à comunidade. É importante frisar que o condomínio tem uma verba disponível para aplicar em algum benefício aos moradores, portanto, se for vontade da comunidade, há a possibilidade de implementação do sistema.

A instalação de esgotos pluviais, na qual se baseará a proposta de posição dos SAAP, do condomínio é mostrada na figura 9 seguinte:

Figura 9 – Planta de esgotos pluviais do condomínio.



Avaliação Econômica da Implementação de Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais em Empreendimento “Minha Casa, Minha Vida” em  
Porto Alegre

## 6 RESULTADOS

### 6.1 CENÁRIOS

Baseando-se nas variações de materiais para reservatórios, nas variações dos materiais de filtros e outros componentes do SAAP, foram criados os cenários do Quadro 9. Os materiais considerados aqui alternativos, são materiais que cumprem as funções determinadas pela norma, como o filtro, mas não são produtos prontos no mercado (chamados aqui de convencionais), portanto, serão construídos in loco.

Quadro 9 - Cenários

| Material da caixa | Cenário |   | Número de Hortas | Lavagem (100 veículos) |                    | Atendimento à demanda | Material do reservatório | Bomba | Material |
|-------------------|---------|---|------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|-------|----------|
|                   |         |   |                  | Frequência             | Volume por lavagem |                       |                          |       |          |
| Fibra de vidro    | 1       | 1 | 2                | 1 / mês                | 60 L (3 Baldes)    | 90%                   | Fibra de vidro           | Sem   | A        |
|                   |         | 2 |                  |                        |                    |                       |                          | Sem   | C        |
| Concreto          | 2       | 1 |                  |                        |                    |                       | Sem                      | A     |          |
|                   |         | 2 |                  |                        |                    |                       | Sem                      | C     |          |
|                   |         | 3 |                  |                        |                    |                       | Com                      | C     |          |

Sendo material: A = alternativo, C = convencional

(Própria do autor.)

Os cenários 1.1, 1.2, 2.1 e 2.2 são cenários que consideram caixas menores descentralizadas, com pequena elevação de 30 centímetros do chão, para que se possa encher um balde ou um regador, ficariam próximas de onde serão as hortas e a lavagem de veículos. A figura 10 a seguir localiza a posição das hortas e da lavagem de veículos, assim como a posição dos reservatórios descentralizados de cada uma. Após, apresenta-se o quadro 10 que mostra as áreas de contribuição para cada reservatório.

Figura 10 – Localização das hortas, da lavagem de carros, das áreas de captação e dos reservatórios



(Própria do autor.)

Quadro 10 - Áreas de contribuição

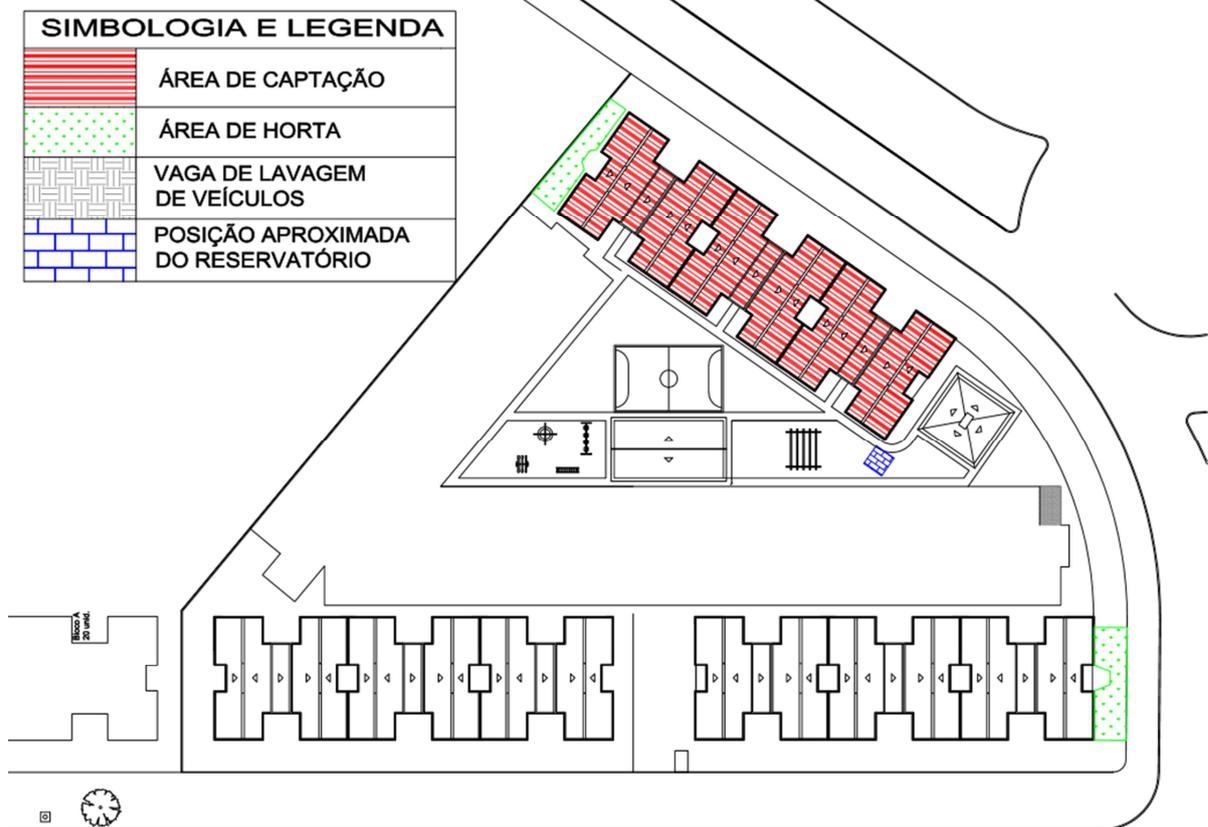
| Cenário             | Reservatório     | Área de Captação de chuva |                |
|---------------------|------------------|---------------------------|----------------|
|                     |                  | Área (m <sup>2</sup> )    | Unidade        |
| 1.1, 1.2, 2.1 e 2.2 | Horta A1         | 80,81                     | m <sup>2</sup> |
|                     | Horta A2         | 97,89                     | m <sup>2</sup> |
|                     | Lavagem          | 97,89                     | m <sup>2</sup> |
| 2.3                 | Hortas e lavagem | 528,98                    | m <sup>2</sup> |

(Própria do autor.)

O cenário 2.3 é um cenário centralizado, enterrado, com uma bomba e um pressostato que aciona a água quando os pontos de uso são utilizados. Ele tem uma área de contribuição maior,

pois recebe contribuição não só de um telhado, mas de um bloco inteiro. A figura 11 a seguir mostra a posição do reservatório de tal cenário, assim como a área de contribuição.

Figura 11 - Área de captação e posição do reservatório no cenário 2.3.



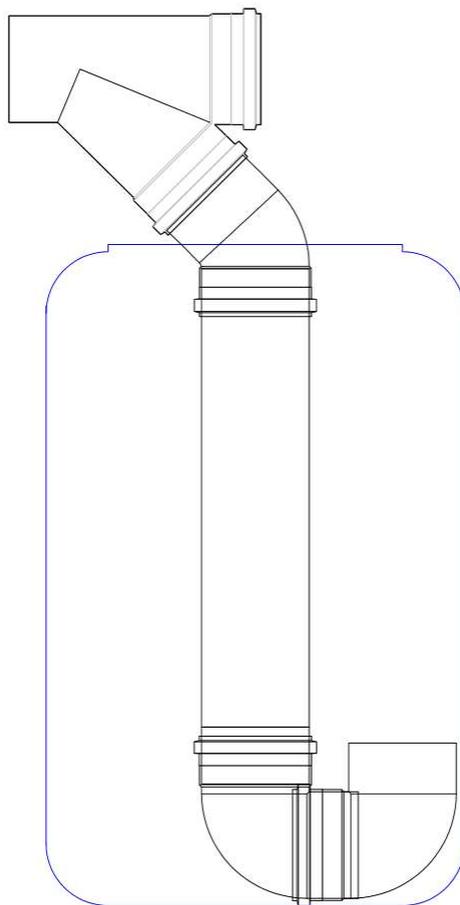
(Própria do autor.)

## 6.2 ESCOLHA DOS FILTROS

Nesse trabalho, há a proposta de criação de um filtro alternativo de baixo custo, para o Cenário 1.1 e 2.1, baseado no que Tomaz (2010) chama de “caixa do *first flush*”. Avaliando o uso que se dará para a água, não há a necessidade de uma filtragem que tenha alta taxa de remoção de detritos, por isso, se propõe a utilização de um separador de folhas artesanal (filtro auto limpante para água da chuva – PEREIRA, 2012) e uma bombona de 200 litros que colete

aproximadamente os primeiros 2 milímetros de precipitação, considerando que esse é o *first flush*, ou primeira descarga do telhado, que carrega os sedimentos e contaminantes acumulados sobre a superfície de captação de chuva. Essa caixa coletora decanta o material carregado proveniente do telhado, evitando que ela fosse para o reservatório, e a água poderia ser utilizada na horta. A utilização ou descarte dessa água deve acontecer necessariamente em no máximo 2 dias após a última chuva ocorrida, para que na próxima chuva que passar pelo telhado, a sujeira não entre no reservatório. Um esquema de montagem desse filtro é apresentado a seguir (Figura 12):

Figura 12 - Montagem do filtro alternativo



(Própria do autor.)

Os filtros escolhidos para as instalações convencionais (1.2, 2.2 e 2.3) são da marca AcquaSave / 3P Technick. São filtros desenvolvidos pela empresa alemã 3P Technik e produzidos no Brasil pela Metalúrgica Cacupé. As características dos dois filtros escolhidos dessa marca são apresentadas a seguir no Quadro 11:

Quadro 11 – Características dos filtros AcquaSave / 3P Technick

| <b>Filtro</b> | <b>Entrada da chuva</b> | <b>Saída da rede pluvial</b> | <b>Saída da cisterna</b> | <b>Malha de filtragem (mm)</b> | <b>Área máxima de contribuição</b> |
|---------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| VF 1          | 2 x DN 100              | 1 x DN 150                   | 1 x DN 100               | 0,25 x 0,60                    | 200 m <sup>2</sup>                 |
| VF 2          | 1 x DN 200              | 1 x DN 200                   | 1 x DN 200               | 0,39x0,98                      | 750 m <sup>2</sup>                 |

(ACQUASAVE, 2017)

### 6.3 RESERVATÓRIOS

Para se utilizar os ábacos de Dornelles (2012), é necessária a determinação da demanda (número de lavagens e área de horta), a área de contribuição e o atendimento à demanda desejado (90%). A partir desses valores, se calcula a demanda unitária e se entra no quadro 7 para a obtenção do volume unitário e do percentual de extravasamento por interpolação. Em posse do volume unitário, se obtém o volume necessário do reservatório. Vale ressaltar que o autor, baseando-se na proposta de uso racional da água e nos usos atuais que existem no condomínio, decidiu utilizar um parâmetro de demanda diferente dos indicados por Tomaz (2010) para a lavagem de veículo, e definiu-se a média dessa como 3 baldes de 20 litros, sendo, portanto, a demanda 60 litros por veículo. No quadro 12 a seguir, são apresentados os dados calculados para cada reservatório.

Quadro 12 - Dados calculados dos reservatórios

|  |                           | Horta A1          | Horta A2            | Lavagem             | Hortas e Lavagem |                     |
|--|---------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| <b>Área de contribuição</b>            |                           | 80,8              | 97,9                | 97,9                | 529,0            |                     |
| <b>Demanda</b>                         | <b>Lavagem</b>            | <b>Carros</b>     | -                   | -                   | 100              |                     |
|  |                           | <b>Frequência</b> | -                   | -                   | 1 / mês          |                     |
|  | <b>Horta</b>              |                   | 40,4 m <sup>2</sup> | 48,9 m <sup>2</sup> | -                | 89,3 m <sup>2</sup> |
|  | <b>Total (litros/dia)</b> |                   | 80,8                | 97,9                | 200              | 378,7               |
| <b>Volume do reservatório (litros)</b> |                           | 879,8             | 1065,7              | 2997,8              | 3930,1           |                     |
| <b>Extravasamento (%)</b>              |                           | 61,1              | 61,1                | 35,3                | 68,0             |                     |

(Própria do autor.)

Os reservatórios em fibra de vidro têm volumes padrão que não se encaixam nos valores exatos apresentados acima, portanto, são utilizados os reservatórios com volumes mais próximos dos calculados (com volumes maiores que os calculados). Os reservatórios em concreto têm volumes mais flexíveis, portanto se adota o volume indicado acima.

Os reservatórios com equipamentos alternativos vão contar com freio d'água (difusor de fluxo) e sifão ladrão (extravasador) feito de tubulações comuns e, no caso do sifão, deverão ter fina tela que evite a entrada de pequenos animais no reservatório. Já os reservatórios que contarão com equipamentos convencionais, utilizarão de peças prontas específicas para esse uso.

#### 6.4 DISTRIBUIÇÃO E BOMBA

No cenário 3, foi traçada uma tubulação de distribuição (figura 13) que é succionada do reservatório e se bifurca, indo para um lado em direção à horta A1 e para o outro em direção ao local de lavagem de veículos e à horta A2. O ponto crítico de consumo de água é a horta A2, pois existem algumas curvas até o ponto final e uma distância considerável, a perda de carga total equivalente (subtraindo-se a diferença de cota) saindo da bomba até o ponto de consumo é de 54,6 kPa ou 5,5 m. A diferença de cota do fundo do reservatório (altura máxima possível) até a cota do ponto de consumo é de 2,7 m. Como nesta etapa ainda não foi decidida a bomba, não se calcula a pressão disponível mas a altura manométrica, ou seja, as diferenças de cota e a

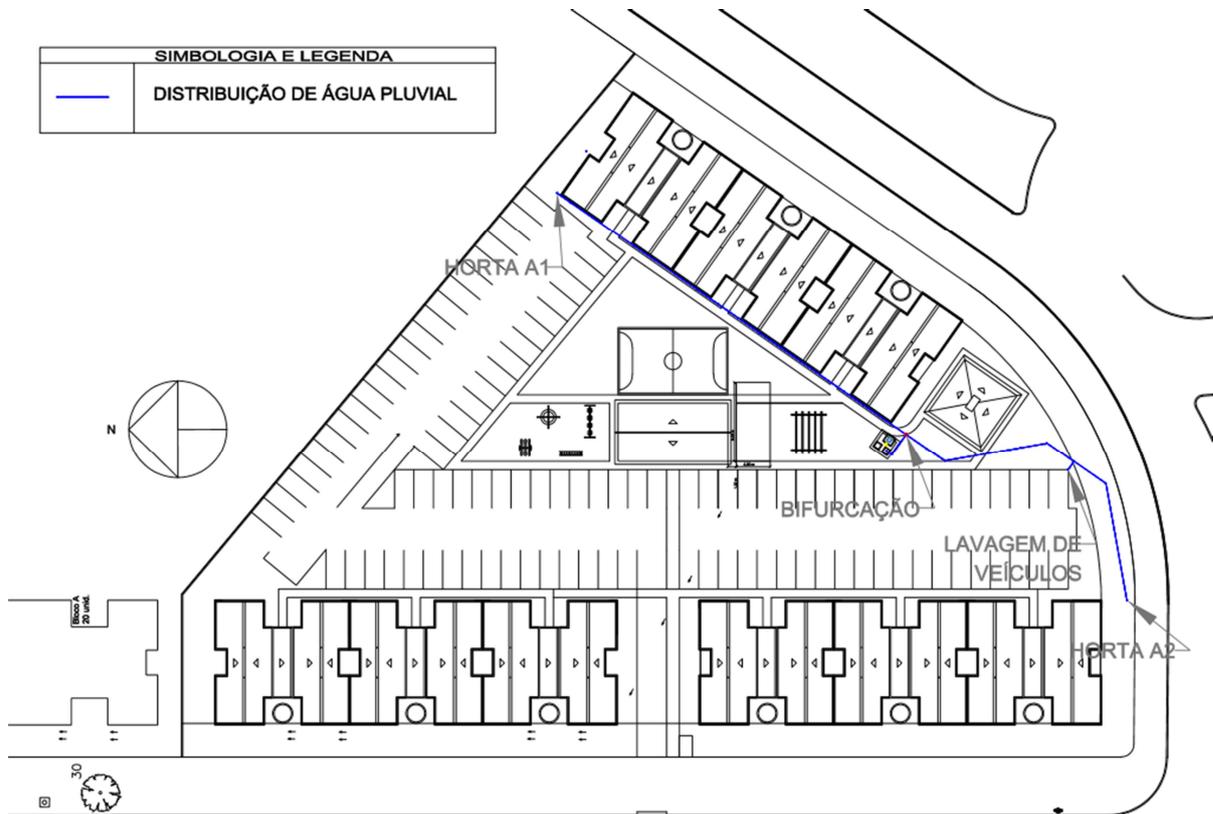
perda de carga – linear e localizada – até o ponto de consumo, já que para decidir a bomba, necessita-se desse valor. O quadro 13 mostra os cálculos realizados, foi admitida a soma de perda crítica, ou maior, que ocorre no ponto de consumo da horta A2.

**Quadro 13 - Cálculos de perda de carga**

| Local     | Trecho |   | $\Sigma$ Pesos | Q   | $\phi$ Int. | $\phi$ nom. | Vel. | Re    | $\Delta h$ | Comp Real | $f_i$ | hp linear | $\Sigma K_s$ | hp <sub>sing</sub> | hp <sub>total</sub> | Soma das perdas |
|-----------|--------|---|----------------|-----|-------------|-------------|------|-------|------------|-----------|-------|-----------|--------------|--------------------|---------------------|-----------------|
|           |        |   | adim.          | l/s | mm          | mm          | m/s  | adim. | m          | m         | adim. | m         | ad.          | m                  | m                   | kPa             |
| Reserv. - | Caixa  | A | 1,2            | 0,3 | 21,6        | 25,0        | 0,9  | 19372 | -1,1       | 1,1       | 0,034 | 0,1       | 1,75         | 0,1                | 0,1                 | -12,4           |
|           | A      | B | 1,2            | 0,3 | 21,6        | 25,0        | 0,9  | 19372 | 0,0        | 0,8       | 0,034 | 0,1       | 0,9          | 0,0                | 0,1                 | -13,3           |
|           | B      | C | 1,2            | 0,3 | 21,6        | 25,0        | 0,9  | 19372 | 0,0        | 3,0       | 0,034 | 0,2       | 0,9          | 0,0                | 0,2                 | -15,6           |
| Hora      | C      | D | 0,4            | 0,2 | 17,0        | 20,0        | 0,8  | 14211 | 0,0        | 50,4      | 0,037 | 3,9       | 1,8          | 0,1                | 4,0                 | -55,3           |
|           | D      | E | 0,4            | 0,2 | 17,0        | 20,0        | 0,8  | 14211 | -0,6       | 0,6       | 0,037 | 0,0       | 0,9          | 0,0                | 0,1                 | -62,1           |
| Horta A2  | C      | F | 0,8            | 0,3 | 17,0        | 20,0        | 1,2  | 20097 | 0,0        | 5,6       | 0,036 | 0,8       | 1,8          | 0,1                | 1,0                 | -25,2           |
|           | F      | G | 0,8            | 0,3 | 17,0        | 20,0        | 1,2  | 20097 | 0,0        | 12,3      | 0,036 | 1,8       | 0,4          | 0,0                | 1,9                 | -43,8           |
|           | G      | H | 0,8            | 0,3 | 17,0        | 20,0        | 1,2  | 20097 | 0,0        | 3,9       | 0,036 | 0,6       | 0,4          | 0,0                | 0,6                 | -49,9           |
|           | H      | I | 0,4            | 0,2 | 17,0        | 20,0        | 0,8  | 14211 | 0,0        | 4,6       | 0,037 | 0,4       | 0,6          | 0,0                | 0,4                 | -53,7           |
|           | I      | J | 0,4            | 0,2 | 17,0        | 20,0        | 0,8  | 14211 | 0,0        | 14,1      | 0,037 | 1,1       | 0,4          | 0,0                | 1,1                 | -64,8           |
|           | J      | K | 0,4            | 0,2 | 17,0        | 20,0        | 0,8  | 14211 | -0,6       | 0,6       | 0,037 | 0,0       | 0,9          | 0,0                | 0,1                 | -71,6           |
| Lavag.    | H      | L | 0,4            | 0,2 | 17,0        | 20,0        | 0,8  | 14211 | 0,0        | 1,2       | 0,037 | 0,1       | 1,3          | 0,0                | 0,1                 | -51,3           |
|           | L      | M | 0,4            | 0,2 | 17,0        | 20,0        | 0,8  | 14211 | -0,6       | 0,6       | 0,037 | 0,0       | 0,9          | 0,0                | 0,1                 | -58,1           |

(Própria do autor.)

Figura 13 - Distribuição de água pluvial



(Própria do autor.)

A partir da perda de carga calculada, da altura de elevação e da vazão máxima possível (3 pontos de consumos de 0,2 l/s), se pode decidir a bomba que será utilizada pelas tabelas presentes em catálogos de fabricantes de bombas. Como se está utilizando o SINAPI, se decidiu por uma bomba de potência 0,49 HP, bocal de sucção de 1" e de recalque de 3/4", com altura manométrica e vazão entre 6 m.c.a. e 8,3 m<sup>3</sup>/h, e 20 m.c.a. e 1,2 m<sup>3</sup>/h.

## 6.5 ORÇAMENTO DOS CENÁRIOS

No orçamento de cada cenário houve a tentativa de chegar o mais próximo possível do custo real que terá a instalação do SAAP, por isso foram orçados detalhes, como a construção do patamar para elevação dos reservatórios, todas as peças da tubulação complementar e as peças específicas para SAAPs. O relatório da SINAPI utilizada foi a de março de 2017. A seguir, serão apresentadas as representações de cada cenário, a tubulação do filtro alternativo não é representada, somente a sua posição. Nos cenários com materiais convencionais, o filtro, o freio d'água e o sifão ladrão não são representados.

Os cenários 1.1 e 1.2 são os que têm os reservatórios em fibra de vidro. Nesses cenários está incluso o SAAP para a horta A1, seu volume calculado para o atendimento de 90% da demanda de 80,8 L/dia foi de 879,8 L, porém o reservatório com volume mais próximo disso é o de 1000 L, que tem volume útil de 964 L. Tal reservatório atinge um atendimento de 91,4% da demanda. Já a horta A2 tem demanda de 97,9 L/dia, para atender a 90% da demanda o volume de reservatório é de 1065,7 L, como o volume comercial depois de 1000 L é de 1500L, foi escolhido o reservatório de 1000 L, esse atendendo a 89,2% da demanda. A demanda para lavagem de veículos é de 200L/dia, para atende-la com o mesmo índice que os anteriores, o volume indicado é de 3250L, porém, já que o volume de reservatório mais próximo disso é de 5000L, decidiu-se pelo uso do reservatório de 3000 L, que atende a 88,8% da demanda diária. Os Anexos A e B contam com o orçamento e a representação em 3 dimensões dos três sistemas de cada cenário em perspectiva isométrica. Um resumo dos cálculos e dos valores calculados para esses cenários está no quadro 14 a seguir, também são indicados os custos do orçamento de cada um dos sistemas dos cenários 1.1 e 1.2, e a soma deles.

Quadro 14 - Resumo dos cenários 1.1 e 1.2

|                            | Uso          |              |              |              |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                            | Horta A1     | Horta A2     | Lavagem      | Todos        |
| Demanda (L/dia)            | 80,8         | 97,9         | 200,0        |              |
| Volume do reservatório (L) | 1000,0       | 1000,0       | 3000,0       |              |
| Atendimento obtido (%)     | 91,4         | 89,2         | 88,8         |              |
| Extravasamento (%)         | 60,8         | 61,3         | 35,3         |              |
| Custo no cenário 1.1       | R\$ 1.997,80 | R\$ 1.994,18 | R\$ 2.175,80 | R\$ 6.167,77 |
| Custo no cenário 1.2       | R\$ 2.861,65 | R\$ 2.971,81 | R\$ 3.089,97 | R\$ 8.923,42 |

(Própria do autor.)

Os cenários 2.1, 2.2 e 2.3 são com reservatórios em concreto armado, portanto são adaptáveis aos volumes calculados. Apesar desse ponto positivo, os cálculos mostraram que a estrutura de concreto para volumes pequenos não é vantajosa economicamente. O quadro 15 mostra o resumo dos cálculos realizados para os tais cenários, além dos custos de cada sistema. Todos cálculos do orçamento, as representações dos sistemas dos cenários 2.1 e 2.2 e a planta do 2.3 são apresentados nos anexos C, D e E.

Quadro 15 - Resumo dos cenários 2.1, 2.2 e 2.3.

|                            | Uso          |              |              |               |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|                            | Horta A1     | Horta A2     | Lavagem      | Todos         |
| Demanda (L/dia)            | 80,8         | 97,9         | 200,0        | 378,7         |
| Volume do reservatório (L) | 879,8        | 1065,7       | 3251,0       | 3930,1        |
| Atendimento obtido (%)     | 90,0         | 90,0         | 90,0         | 90,0          |
| Extravasamento (%)         | 61,1         | 61,3         | 34,0         | 68,0          |
| Custo no cenário 2.1       | R\$ 3.044,23 | R\$ 3.409,55 | R\$ 5.263,92 | R\$ 11.717,70 |
| Custo no cenário 2.2       | R\$ 4.002,00 | R\$ 4.366,49 | R\$ 6.714,81 | R\$ 15.083,30 |
| Custo no cenário 2.3       | -            | -            | -            | R\$ 15.889,19 |

(Fonte: própria do autor.)

Como os sistemas dos cenários 1.1, 1.2, 2.1 e 2.2 são descentralizados, são apresentados aqui os orçamentos finais de cada cenário (Quadro 16) discriminados e totais.

Quadro 16 - Orçamentos dos cenários

| Cenário | Horta A1 | Horta A2     | Lavagem      | Todos        |               |
|---------|----------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 1       | 1        | R\$ 1.997,80 | R\$ 1.994,18 | R\$ 2.175,80 | R\$ 6.167,77  |
|         | 2        | R\$ 2.861,65 | R\$ 2.971,81 | R\$ 3.089,97 | R\$ 8.923,42  |
| 2       | 1        | R\$ 3.044,23 | R\$ 3.409,55 | R\$ 5.263,92 | R\$ 11.717,70 |
|         | 2        | R\$ 4.002,00 | R\$ 4.366,49 | R\$ 6.714,81 | R\$ 15.083,30 |
|         | 3        |              |              |              | R\$ 15.889,19 |

(Fonte: próprio do autor.)

## 6.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para se calcular a viabilidade econômica, foram utilizadas as taxas de água do Departamento Municipal de Água e Esgoto (PORTO ALEGRE, 2017) e energia da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE, 2017), com reajuste anual relacionado com a inflação. Esse valor foi admitido com base no Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) calculado pelo IBGE (BRASIL, 2017), índice esse cuja população-objetivo é de famílias com rendimentos mensais entre 1 e 5 salários mínimos. O INPC tem em sua estrutura de ponderação a energia elétrica residencial e a taxa de água e esgoto (BRASIL, 2014), por isso o adotar. Para chegar a esse número, foi feita uma análise do INPC (de 12 meses) entre os anos de 2004 e 2016, quando o índice aumenta em média 6% ao ano - com desvio de 2% - assim foi assumido que a inflação do preço de água e energia mudariam de acordo com a esse valor médio (BRASIL, 2017).

A economia de água média estimada por mês é de 10,22 m<sup>3</sup>, quando houver o funcionamento das hortas e lavagem, sendo esse valor considerando o atendimento de 90% da demanda. O custo do metro cúbico de água em 2017 é de R\$ 3,25 (PORTO ALEGRE, 2017), sendo a economia mensal de R\$ 33,23 e custo de 1,1 m<sup>3</sup> para suprir os 10% faltantes é de R\$ 3,69. A economia mensal de água para a horta A1 é de R\$ 7,09 (2,2 m<sup>3</sup>), a da horta A2 de R\$ 8,59 (2,6 m<sup>3</sup>) e a de lavagem de veículos de R\$ 17,55 (5,4 m<sup>3</sup>). Utilizando a vazão média calculada de 0,33 l/s ou 1,18 m<sup>3</sup>/h, a bomba seria acionada 8,6 horas por mês e gastaria, portanto, 3,2 kWh, o gasto mensal de energia com a bomba (no cenário 3), considerando o custo de R\$ 0,46 por kWh (RIO GRANDE DO SUL, 2017), será de R\$ 1,46. Além dos custos e economias acima

mencionados, foi considerado que haverá uma manutenção preventiva anual na bomba de R\$ 100 em 2018. Para determinação do valor da manutenção, empresas que trabalham com serviços relacionados a bombas foram contatadas para se orçar manutenções preventivas, porém elas não trabalham com tais manutenções, somente com manutenções específicas. Por isso, foi definido um valor baseado no preço de uma bomba nova, que gira em torno de R\$ 500, definindo como um quinto do preço da bomba uma possível manutenção anual. Não foi considerado custo de manutenção nos cenários 1.1, 1.2, 2.1 e 2.2 pois a manutenção pode ser feita pelos usuários e será geralmente de baixo custo. Os valores referidos acima foram reajustados 6% ao ano, cada ano. O valor presente dos custos mensais foi calculado considerando uma inflação baseada na variação do CUB (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2009, e SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2017), já que se está buscando o tempo de retorno de um investimento relacionado à construção civil. O valor desse indicador foi analisado entre os anos de 2004 e 2014 para poder ser comparado com o INPC e a média encontrada foi de 0,38% ao mês. Os tempos de retorno estimados em anos, incluindo o caso de se construir apenas um sistema dos cenários 1 e 2, são apresentados no quadro 17 a seguir:

Quadro 17 – Tempo de retorno estimado para os investimentos (anos)

| Cenário |   | Horta A1 | Horta A2 | Lavagem | Todos |
|---------|---|----------|----------|---------|-------|
| 1       | 1 | 20,0     | 16,8     | 9,5     | 13,8  |
|         | 2 | 27,3     | 23,9     | 13,1    | 19,2  |
| 2       | 1 | 28,7     | 26,9     | 21,2    | 24,3  |
|         | 2 | 35,5     | 33,0     | 26,1    | 30,1  |
|         | 3 |          |          |         | 41,6  |

(Própria do autor.)

Vale aqui a lembrança de que, apesar de não ser contabilizada a manutenção dos sistemas, já que elas não envolvem investimentos, é de fundamental importância que os moradores se

comprometam com a frequência de manutenção indicada pela norma e reforçada no capítulo 3.1.3.3.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados apresentados no capítulo anterior, chega-se à conclusão de que o investimento em SAAP para pequenas demandas, no município de Porto Alegre, é economicamente viável desde que o retorno do investimento possa ocorrer dentro de no mínimo 9,5 anos, ou seja, no caso de os moradores do empreendimento analisado poderem efetivar o investimento em apenas um SAAP, o retorno do investimento ocorrerá apenas em 9,5 anos. Na proposta inicial de se criar sistemas descentralizados ou centralizados, suprimindo 3 demandas em locais diferentes, o retorno mínimo é de 14 anos, podendo chegar a 41,6 anos no caso de maior investimento. A questão a ser discutida aqui, portanto, é a de quais benefícios, além do benefício econômico, a comunidade pode ter a partir da implementação de SAAP em seu conjunto habitacional, já que as famílias não teriam um retorno rápido. A seguir são elencados alguns possíveis benefícios específicos no empreendimento estudado:

- Maior interação entre a população nos cuidados com a horta, fortalecendo o senso de comunidade;
- Melhor utilização dos espaços hoje ociosos do terreno;
- Aprendizagem sobre sustentabilidade para os moradores.

Um dos objetivos secundários traçados é a comparação entre os diferentes sistemas. Na comparação proposta entre sistema descentralizado e centralizado, se chegou à conclusão que o fato de se investir em recalque da água, incorrendo assim em custos mensais de água e energia, e anuais de manutenção, inviabiliza a utilização de sistema centralizado no caso estudado. Comparando os cenários 2.2 (soma dos três sistemas) e 2.3, nota-se que o investimento inicial é semelhante, mas esse gasto permanente torna tal investimento inviável.

Foi proposta outra comparação entre os reservatórios em fibra de vidro e em concreto. Como resultado dessa, chegou-se à conclusão de que, ao menos quando os volumes não são grandes, a utilização de reservatórios em fibra de vidro acaba sendo mais econômica que a em concreto armado. Não sendo somente o fator econômico levado em conta, o primeiro pode ser utilizado no momento da instalação, já o segundo necessita de construção de fôrma, concretagem e tempo de cura para desformar. Vale ressaltar que em volumes maiores, possivelmente os reservatórios em concreto se tornem economicamente viáveis, sendo esse um possível tema de pesquisa.

A comparação entre a utilização de equipamentos convencionais ou alternativos leva a resultados semelhantes, já que os alternativos envolvem investimento menor que os convencionais. Pelos motivos citados anteriormente, conclui-se que os sistemas com reservatórios descentralizados em fibra de vidro e equipamentos alternativos são os mais econômicos, sendo eles os indicados para implementação no conjunto habitacional.

É importante frisar a possibilidade de se implementar os SAAP nos projetos iniciais, antes da construção, podendo assim se tornar viável o uso nas bacias sanitárias, por exemplo, aumentando a demanda e possivelmente aumentando a possibilidade de viabilidade econômica. O benefício de não se gastar água em bacias sanitárias poderia ser de grande economia para os moradores, já que o gasto com água, mesmo que baixo, representa uma porcentagem representativa da renda dessas famílias. A partir dessa observação, vale ressaltar que seria de grande interesse dos futuros moradores de conjuntos habitacionais do PMCMV que o SAAP fosse uma prática obrigatória e, frente ao custo do investimento, teria um custo irrisível.

Faz-se necessária uma crítica ao trabalho, não houve revisão bibliográfica intensa referente a demanda. Tal assunto é de fundamental importância, principalmente no contexto deste trabalho que tratou de demandas de populações socialmente vulneráveis. Há estudos como os de Garcia (2011), Dias, Martinez e Libânio (2010), e Cohim et al. (2009) que versam sobre a variação de demandas relacionadas à variação de rendas. Além de tais estudos, é importante se aprofundar no quesito demanda, mesmo que não seja um projeto de interesse social, já que ela é parte muito importante do trabalho de dimensionamento de SAAP.

Conclui-se que os SAAP podem ser viáveis economicamente no caso de o investimento poder ser revertido em longo período. Tal constatação leva a crer que a água no município de Porto Alegre tem um custo baixo para a população. No caso da implementação de SAAP é importante se levar em conta que não só o fator econômico deve ser levado em conta, já que outros benefícios podem não ser mensuráveis.

## REFERÊNCIAS

ACQUASAVE. **Filtro VF1 AcquaSave / 3P Technik**. Disponível em: <<http://acquasave.com.br/produtos/filtro-vf1/>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Filtro VF2 AcquaSave / 3P Technik**. Disponível em: <<http://acquasave.com.br/produtos/filtro-vf2/>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844**: Instalações Prediais de água pluviais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989. 13 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.527**: Água de Chuva - Aproveitamento de Coberturas em áreas Urbanas Para Fins Não Potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007. 12 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 5.626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998. 41 p.

ALLAN, J.a.. Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits. **Ground Water**, Westerville, v. 36, n. 4, p.545-546, jul. 1998. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x>.

AYDOS, Mariana Recena. Migrações Internas no Brasil Contemporâneo:: reflexões teóricas e analíticas dos principais fluxos interestaduais 1930-2008. In: SEMANA DE PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL DO IPPUR/UFRJ, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2010, Rio de Janeiro. **Rio de Janeiro: um território em disputa**. Rio de Janeiro: Ippur, 2010. p. 1 - 16. Disponível em: <[http://www.ippur.ufrj.br/download/semana\\_pur\\_2010/completos/Mariana\\_Aydos.pdf](http://www.ippur.ufrj.br/download/semana_pur_2010/completos/Mariana_Aydos.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (Ed.). **Conjuntura dos recursos hídricos: informe 2015**. Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA), 2015. 88 p. (978-85-8210-030-1).

\_\_\_\_\_. Constituição (1988). Constituição Federal nº -, de 05 de outubro de 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Constituição (1997). Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. **Lei das Águas**. Brasília, 08 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Constituição (2009). Lei nº 11977, de 07 de julho de 2009. **Lei Nº 11.977**. Brasília, 07 jul. 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/11977.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11977.htm)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTIC. . **Censo 2010: População nos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões, as Unidades da Federação e a situação do domicílio - 1960/2010**. 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8&uf=00>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Série Histórica do INPC**. Brasília: Ibge, 2017.

\_\_\_\_\_. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. . **Sistema Nacional de Índice de Preços ao Consumidor: Estruturas de Ponderação a Partir da Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ibge, 2014. 318 p. (978-85-240-4317-8). Disponível em: <[https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc\\_ipca/srmipca\\_pof\\_2008\\_2009\\_2aeducacao.pdf](https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/srmipca_pof_2008_2009_2aeducacao.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

BRITO, Gabriel; SILVA JUNIOR, Paulo. **Crise hídrica de São Paulo passa pelo agronegócio, desperdício e privatização da água.** 2014. Disponível em: <[http://www.correiocidadania.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10233:manchete101114&catid=34:manchete](http://www.correiocidadania.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=10233:manchete101114&catid=34:manchete)>. Acesso em: 22 jul. 2017.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Minha Casa Minha Vida 2017: Entenda o que muda no programa.** Disponível em: <<http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=4550>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **SINAPI Metodologias e Conceitostrução Civil.** Porto Alegre: Caixa Econômica Federal, 2017.

\_\_\_\_\_. **SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PCI.817.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO.** Porto Alegre: Caixa Econômica Federal, 2017.

\_\_\_\_\_. **SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PREÇOS DE INSUMOS.** Porto Alegre: Caixa Econômica Federal, 2017.

CARMO, Roberto Luiz do et al. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande. **Ambiente & Sociedade**, [s.l.], v. 10, n. 2, p.83-96, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-753x2007000200006>.

COHIM, Eduardo et al. **CONSUMO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS DE BAIXA RENDA: ESTUDO DE CASO.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. I-100 - CONSUMO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS DE BAIXA RENDA - ESTUDO DE CASO. Recife: Abes – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2010. p. 1 - 9.

COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Rio Grande do Sul). **Tarifas e Custos dos Serviços**. Porto Alegre: CEEE, 2017. 1 p.

DIAS, David Montero; MARTINEZ, Carlos Barreira; LIBÂNIO, Marcelo. **Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, v. 2, n. 15, p.155-166, abr. 2010.

DORNELLES, Fernando. **Aproveitamento de Água de Chuva no Meio Urbano e seu Efeito na Drenagem Pluvial**. 2012. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Iph, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

GARCIA, Ana Paula Arruda de Almeida. **Fatores associados ao consumo de água em residências de baixa renda**. 2011. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

MOURA, Magna Soelma Beserra de et al. Clima e Água de Chuva no Semi-árido. In: Luiza Teixeira de Lima Brito (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. p. 37-58. (978-85-7405-009-6).

NETTO, Azevedo et al. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1998. 669 p.

PEREIRA, Daniel Rocha. **Construção de Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva sem Bombeamento Elétrico (SAAC-SBE) Utilizando Materiais Alternativos**. 2012. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialista em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3781/1/TCC\\_Construção de sistema de aproveitamento de água de chuva sem bombeamento elétrico \(SAAC-SBE\) utilizando materiais alternativos](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3781/1/TCC_Construção%20de%20sistema%20de%20aproveitamento%20de%20água%20de%20chuva%20sem%20bombeamento%20elétrico%20(SAAC-SBE)%20utilizando%20materiais%20alternativos)>. Acesso em: 08 jul. 2017.

PORTO ALEGRE (Município). Constituição (2008). Lei nº 10506, de 05 de agosto de 2008. **Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas..** Porto Alegre, 05 ago. 2008. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000029949.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Constituição (2009). Decreto nº 16305, de 26 de maio de 2009. Regulamenta a Lei nº 10.506, de 5 de agosto de 2008, que institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.. **Decreto Nº 16.305.** Porto Alegre, 26 maio 2009. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000030452.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. . **Tarifas 2017.** 2017. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p\\_secao=370](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=370)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

ROLNIK, Raquel et al. O Programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação. **Cadernos Metr pole**, [s.l.], v. 17, n. 33, p.127-154, maio 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2015-3306>.

\_\_\_\_\_. **Programa Minha Casa Minha Vida precisa ser avaliado:** Nota pública da Rede Cidade e Moradia. 2014. Disponível em: <<https://raquelrolnik.wordpress.com/2014/11/10/programa-minha-casa-minha-vida-precisa-ser-avaliado-nota-publica-da-rede-cidade-e-moradia/>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

SABESP (Brasil) (Ed.). **Uso Racional da  gua.** Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=137>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **EVOLUÇÃO DO CUB/RS – (NBR 12721/1999) EM R\$/m<sup>2</sup> JANEIRO/1970 à MARÇO/2009**. Porto Alegre: Sinduscon - Rs, 2009.

\_\_\_\_\_. **EVOLUÇÃO DA VARIAÇÃO % MENSAL CUB VERSÃO/2006**. Porto Alegre: Sinduscon - RS, 2017.

TOMAZ, Plínio. **Economia de Água**. São Paulo: Navegar, 2001. 62 p. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_economia\\_de\\_agua\\_170114/economia\\_de\\_agua.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_economia_de_agua_170114/economia_de_agua.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. São Paulo: -, 2010. 486 p. (85-87678-23-X). Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Livro\\_Aproveitamento\\_de\\_agua\\_de\\_chuva\\_5\\_dez\\_2015.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro_Aproveitamento_de_agua_de_chuva_5_dez_2015.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

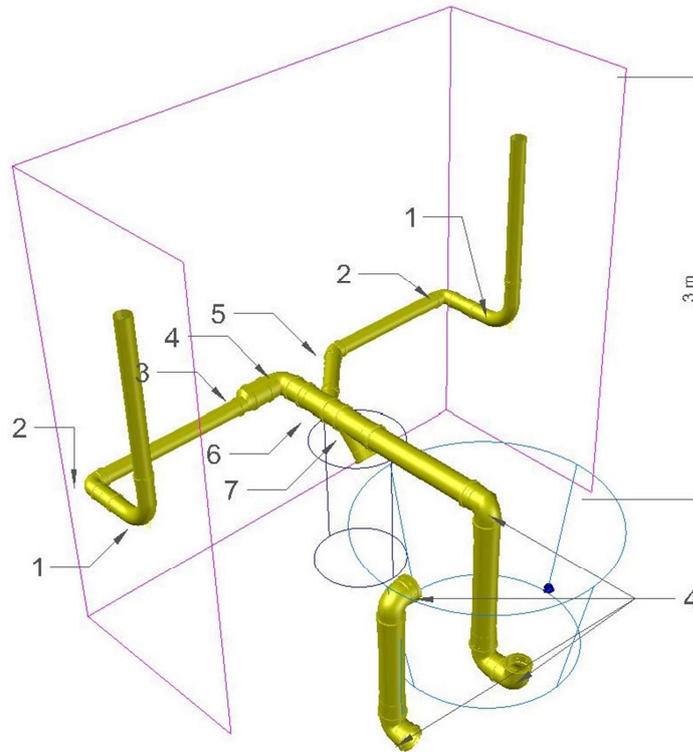
United Nations. Chapter 2: Towards Sustainable Development. In: NATIONS, United. **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development**. - : -, 1987. p. 41-59.

\_\_\_\_\_. **Report of the World Summit on Sustainable Development**. Johannesburg: -, 2002. 170 p. Disponível em: <[http://www.unmillenniumproject.org/documents/131302\\_wssd\\_report\\_reissued.pdf](http://www.unmillenniumproject.org/documents/131302_wssd_report_reissued.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **World Urbanization Prospects**. New York: United Nations, 2014. 517 p. Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-report.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

## ANEXO A

Figura 14 - Cenário 1.1 – horta A1 –, caixa d'água em fibra de vidro e materiais alternativos.



| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                    |   |                    |
|----------------------|--------------------|---|--------------------|
| —                    | CAIXA D'ÁGUA       | 3 | REDUÇÃO 100 X 150  |
| —                    | BOMBONA - FILTRO   | 4 | JOELHO 90° (150MM) |
| —                    | TUBULAÇÃO          | 5 | JOELHO 45° (100MM) |
| —                    | PAREDE             | 6 | JUNÇÃO 150 X 100   |
| 1                    | CURVA 90° (100MM)  | 7 | JUNÇÃO 150 X 150   |
| 2                    | JOELHO 90° (100MM) |   |                    |

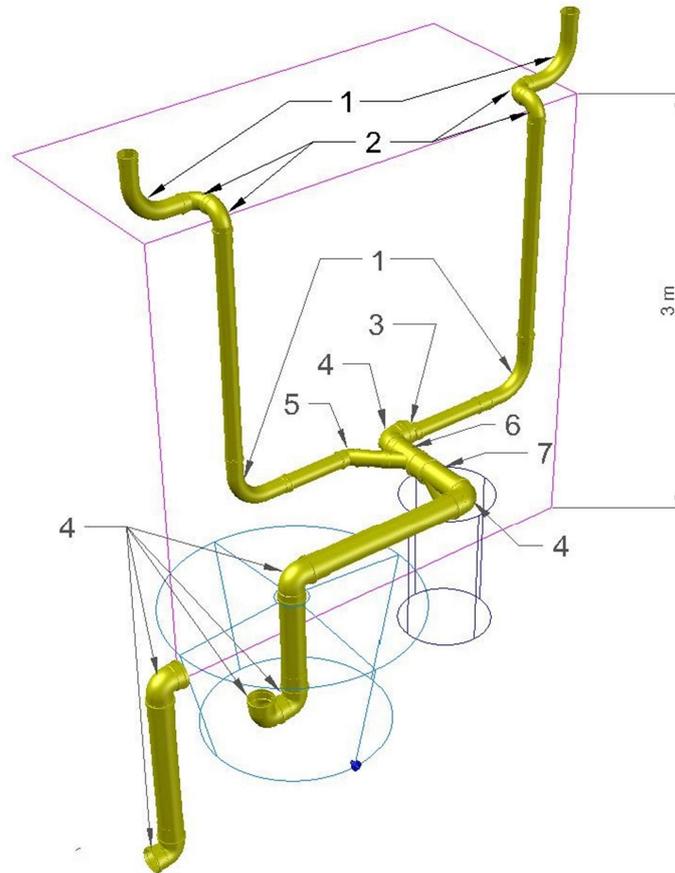
(Própria do autor.)

Tabela 18 - Orçamento 1.1 - horta A1

| Horta A1  |          |      |           | V da caixa | V                  |
|---|----------|------|-----------|------------|--------------------|
| Volume  | 879,79   | L    | ->        | 1000 L     | nominal<br>969,4 L |
| Material  | Quant.   | Uni. | C. Unit.  | C. Total   |                    |
| Adaptador soldável com anel de vedação (20mm)               | 1        | UNI. | R\$ 7,59  | R\$ 7,59   |                    |
| Cola para PVC 175g  | 1        | UNI. | R\$ 16,20 | R\$ 16,20  |                    |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 4        | UNI. | R\$ 31,00 | R\$ 124,00 |                    |
| Joelho 45° (100mm)  | 1        | UNI. | R\$ 5,61  | R\$ 5,61   |                    |
| Joelho 45° (150mm)  | 1        | UNI. | R\$ 34,60 | R\$ 34,60  |                    |
| Joelho 90° (100mm)  | 4        | UNI. | R\$5,55   | R\$ 22,20  |                    |
| Joelho 90° (150mm)  | 9        | UNI. | R\$33,37  | R\$ 300,33 |                    |
| Junção Simples 150 x 100                                    | 1        | UNI. | R\$ 61,81 | R\$ 61,81  |                    |
| Junção Simples 150 x 150                                    | 1        | UNI. | R\$ 94,80 | R\$ 94,80  |                    |
| Lixa 100  | 1        | UNI. | R\$ 1,35  | R\$ 1,35   |                    |
| Luva de correr (100mm)                                      | 1        | UNI. | R\$ 9,32  | R\$ 9,32   |                    |
| Luva de correr (150mm)                                      | 1        | UNI. | R\$ 23,65 | R\$ 23,65  |                    |
| Luva Simples (100mm)  | 4        | UNI. | R\$ 3,89  | R\$ 15,56  |                    |
| Luva Simples (150mm)  | 4        | UNI. | R\$ 17,08 | R\$ 68,32  |                    |
| Redução Excêntrica 150 x 100                                | 1        | UNI. | R\$ 29,19 | R\$ 29,19  |                    |
| Tubo 100mm  | 2        | UNI. | R\$ 27,00 | R\$ 54,00  |                    |
| Tubo 150mm  | 1        | UNI. | R\$ 64,05 | R\$ 64,05  |                    |
| Abraçadeira (metal)   | 8        | UNI. | R\$ 4,69  | R\$ 37,52  |                    |
| Bombona 200 L   | 1        | UNI. | R\$105,00 | R\$ 105,00 |                    |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2        | UNI. | R\$ 35,90 | R\$ 71,80  |                    |
| Cadeado   | 2        | UNI. | R\$ 14,00 | R\$ 28,00  |                    |
| Caixa d'Água de Fibra de vidro 1000L                        | 1        | UNI. | R\$299,61 | R\$ 299,61 |                    |
| Saída/ entrada da caixa                                     | 2        | UNI. | R\$120,00 | R\$ 240,00 |                    |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1        | UNI. | R\$139,00 | R\$ 139,00 |                    |
| Tela de mosquiteiro   | 1        | M2   | R\$ 9,97  | R\$ 9,97   |                    |
| Pedra gres - 21 x 42 x 17 (Extra grossa)                    | 22       | UNI. | R\$ 5,00  | R\$ 110,00 |                    |
| Argamassa   | 0,083732 | M3   | R\$       | R\$ 24,32  |                    |
|   |          |      |           | R\$        |                    |
|   |          |      | TOTAL     | 1.997,80   |                    |

(Própria do autor.)

Figura 15 -Cenário 1.1 – horta A2 –, caixa d'água em fibra de vidro e materiais alternativos.



| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                    |   |                    |
|----------------------|--------------------|---|--------------------|
|                      | CAIXA D'ÁGUA       | 3 | REDUÇÃO 100 X 150  |
|                      | BOMBONA - FILTRO   | 4 | JOELHO 90° (150MM) |
|                      | TUBULAÇÃO          | 5 | JOELHO 45° (100MM) |
|                      | PAREDE             | 6 | JUNÇÃO 150 X 100   |
| 1                    | CURVA 90° (100MM)  | 7 | JUNÇÃO 150 X 150   |
| 2                    | JOELHO 90° (100MM) |   |                    |

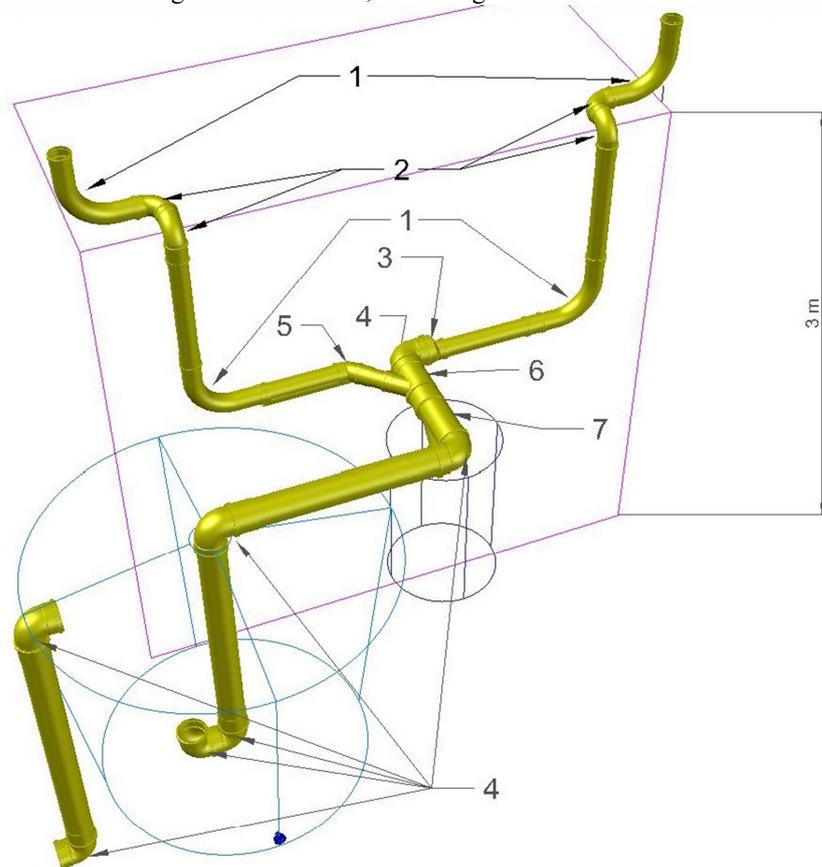
(Própria do autor.)

Tabela 19 - orçamento 1.1 - horta A2

| <b>Horta A2</b>   |               | <b>1065,74</b> | <b>L</b>        | <b>-&gt;</b>    | <b>1000 L</b> |
|---|---------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| <b>Volume</b>   |               |                |                 |                 |               |
| <b>Material</b>   | <b>Quant.</b> | <b>Uni.</b>    | <b>C. Unit.</b> | <b>C. Total</b> |               |
| Adaptador soldável com anel de vedação (20mm)               | 1             | UNI.           | R\$ 7,59        | R\$ 7,59        |               |
| Cola para PVC 175g  | 1             | UNI.           | R\$ 16,20       | R\$ 16,20       |               |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 2             | UNI.           | R\$ 31,00       | R\$ 62,00       |               |
| Joelho 45° (100mm)  | 1             | UNI.           | R\$ 5,61        | R\$ 5,61        |               |
| Joelho 45° (150mm)  | 1             | UNI.           | R\$ 34,60       | R\$ 34,60       |               |
| Joelho 90° (100mm)  | 2             | UNI.           | R\$5,55         | R\$ 11,10       |               |
| Joelho 90° (150mm)  | 8             | UNI.           | R\$33,37        | R\$ 266,96      |               |
| Junção Simples 150 x 100                                    | 1             | UNI.           | R\$ 61,81       | R\$ 61,81       |               |
| Junção Simples 150 x 150                                    | 1             | UNI.           | R\$ 94,80       | R\$ 94,80       |               |
| Lixa 100  | 1             | UNI.           | R\$ 1,35        | R\$ 1,35        |               |
| Luva de correr (150mm)                                      | 1             | UNI.           | R\$ 23,65       | R\$ 23,65       |               |
| Luva Simples (100mm)  | 5             | UNI.           | R\$ 3,89        | R\$ 19,45       |               |
| Luva Simples (150mm)  | 6             | UNI.           | R\$ 17,08       | R\$ 102,48      |               |
| Redução Excêntrica 150 x 100                                | 1             | UNI.           | R\$ 29,19       | R\$ 29,19       |               |
| Tubo 100mm  | 2             | UNI.           | R\$ 27,00       | R\$ 54,00       |               |
| Tubo 150mm  | 1             | UNI.           | R\$ 64,05       | R\$ 64,05       |               |
| Abraçadeira (metal)   | 8             | UNI.           | R\$ 4,69        | R\$ 37,52       |               |
| Bombona 200 L   | 1             | UNI.           | R\$105,00       | R\$ 105,00      |               |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2             | UNI.           | R\$ 35,90       | R\$ 71,80       |               |
| Cadeado   | 2             | UNI.           | R\$ 14,00       | R\$ 28,00       |               |
| Caixa d'Água de Fibra de vidro 1000L                        | 1             | UNI.           | R\$299,61       | R\$ 299,61      |               |
| Saída/ entrada da caixa                                     | 2             | UNI.           | R\$120,00       | R\$ 240,00      |               |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1             | UNI.           | R\$139,00       | R\$ 139,00      |               |
| Tela de mosquiteiro   | 1             | M2             | R\$ 9,97        | R\$ 9,97        |               |
| Laje gres - 40 x 90 x 4,5                                   | 6             | UNI.           | R\$ 10,00       | R\$ 60,00       |               |
| Pedra gres - 21 x 42 x 17 (Extra grossa)                    | 22            | UNI.           | R\$ 5,00        | R\$ 110,00      |               |
| Argamassa   | 0,132332      | M3             | R\$290,47       | R\$ 38,44       |               |
|   |               |                |                 | R\$             |               |
|   |               |                | TOTAL           | 1.994,18        |               |

(Própria do autor.)

Figura 16 - Cenário 1.1 – lavagem de veículos –, caixa d'água em fibra de vidro e materiais alternativos.



| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                    |   |                    |
|----------------------|--------------------|---|--------------------|
|                      | CAIXA D'ÁGUA       | 3 | REDUÇÃO 100 X 150  |
|                      | BOMBONA - FILTRO   | 4 | JOELHO 90° (150MM) |
|                      | TUBULAÇÃO          | 5 | JOELHO 45° (100MM) |
|                      | PAREDE             | 6 | JUNÇÃO 150 X 100   |
| 1                    | CURVA 90° (100MM)  | 7 | JUNÇÃO 150 X 150   |
| 2                    | JOELHO 90° (100MM) |   |                    |

(Própria do autor.)

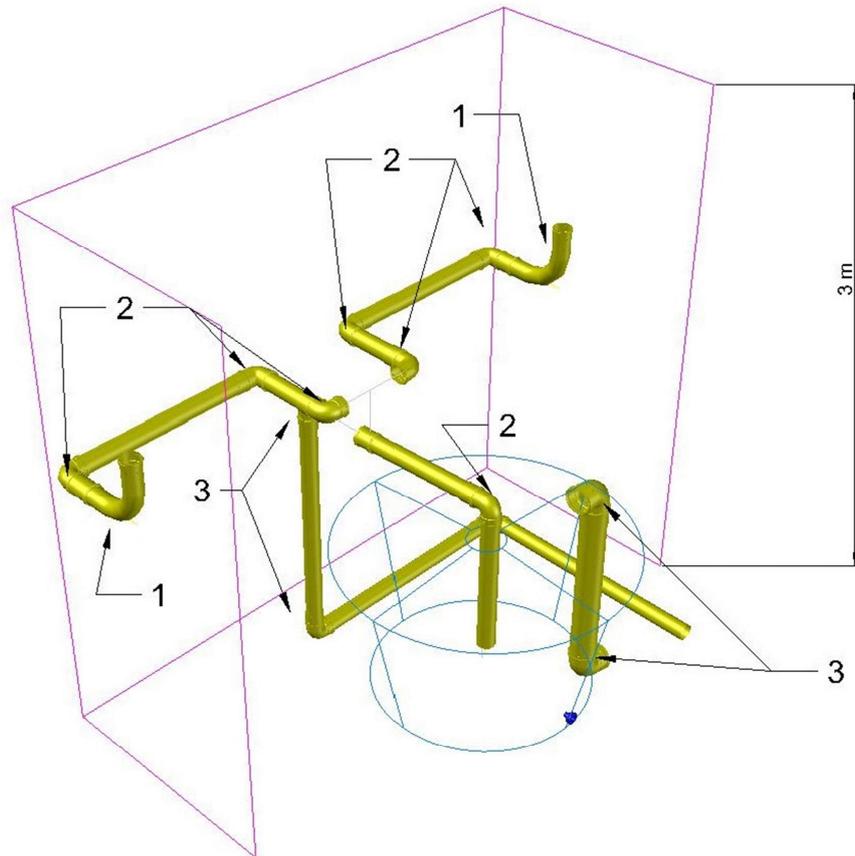
Tabela 20 - orçamento 1.1 - lavagem

| <b>Lavagem de carro</b>                                     |                |             |                 |                 |
|---|----------------|-------------|-----------------|-----------------|
| <b>Volume</b>   | <b>2997,84</b> | <b>L</b>    | <b>-&gt;</b>    | <b>3000 L</b>   |
| <b>Material</b>   | <b>Quant.</b>  | <b>Uni.</b> | <b>C. Unit.</b> | <b>C. Total</b> |
| Adaptador soldável com anel de vedação (20mm)               | 1              | UNI.        | R\$ 7,59        | R\$ 7,59        |
| Cola para PVC 175g  | 1              | UNI.        | R\$ 16,20       | R\$ 16,20       |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 4              | UNI.        | R\$ 31,00       | R\$ 124,00      |
| Joelho 45° (100mm)  | 1              | UNI.        | R\$ 5,61        | R\$ 5,61        |
| Joelho 45° (150mm)  | 1              | UNI.        | R\$ 34,60       | R\$ 34,60       |
| Joelho 90° (100mm)  | 4              | UNI.        | R\$5,55         | R\$ 22,20       |
| Joelho 90° (150mm)  | 9              | UNI.        | R\$33,37        | R\$ 300,33      |
| Junção Simples 150 x 100                                    | 1              | UNI.        | R\$ 61,81       | R\$ 61,81       |
| Junção Simples 150 x 150                                    | 1              | UNI.        | R\$ 94,80       | R\$ 94,80       |
| Lixa 100  | 1              | UNI.        | R\$ 1,35        | R\$ 1,35        |
| Luva de correr (100mm)                                      | 2              | UNI.        | R\$ 9,32        | R\$ 18,64       |
| Luva de correr (150mm)                                      | 1              | UNI.        | R\$ 23,65       | R\$ 23,65       |
| Luva Simples (100mm)  | 3              | UNI.        | R\$ 3,89        | R\$ 11,67       |
| Luva Simples (150mm)  | 4              | UNI.        | R\$ 17,08       | R\$ 68,32       |
| Redução Excêntrica 150 x 100                                | 1              | UNI.        | R\$ 29,19       | R\$ 29,19       |
| Tubo 100mm  | 1              | UNI.        | R\$ 27,00       | R\$ 27,00       |
| Tubo 150mm  | 2              | UN          | R\$ 64,05       | R\$ 128,10      |
| Abraçadeira (metal)   | 8              | UNI.        | R\$ 4,69        | R\$ 37,52       |
| Bombona 200 L   | 1              | UNI.        | R\$105,00       | R\$ 105,00      |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2              | UNI.        | R\$ 35,90       | R\$ 71,80       |
| Cadeado   | 2              | UNI.        | R\$ 14,00       | R\$ 28,00       |
| Caixa d'Água de Fibra de vidro 1000L                        | 1              | UNI.        | R\$299,61       | R\$ 299,61      |
| Saída/ entrada da caixa                                     | 2              | UNI.        | R\$120,00       | R\$ 240,00      |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1              | UNI.        | R\$ 139,00      | R\$ 139,00      |
| Tela de mosquiteiro   | 1              | M2          | R\$ 9,97        | R\$ 9,97        |
| Laje gres - 40 x 90 x 4,5                                   | 6              | UNI.        | R\$ 10,00       | R\$ 60,00       |
| Pedra gres - 21 x 42 x 17 (Extra grossa)                    | 32             | UNI.        | R\$ 5,00        | R\$ 160,00      |
| Argamassa   | 0,171592       | M3          | R\$290,47       | R\$ 49,84       |
|   |                |             | R\$             |                 |
|   |                |             | TOTAL           | 2.175,80        |

(Própria do autor.)

## ANEXO B

Figura 17 - Cenário 1.2 – horta A1 –, caixa d'água em fibra de vidro e materiais convencionais



| SIMBOLOGIA E LEGENDA  |                  |   |                    |
|---|------------------|---|--------------------|
|  | CAIXA D'ÁGUA     | 1 | CURVA 90° (100MM)  |
|  | BOMBONA - FILTRO | 2 | JOELHO 90° (100MM) |
|  | TUBULAÇÃO        | 3 | JOELHO 90° (150MM) |
|  | PAREDE           |   |                    |

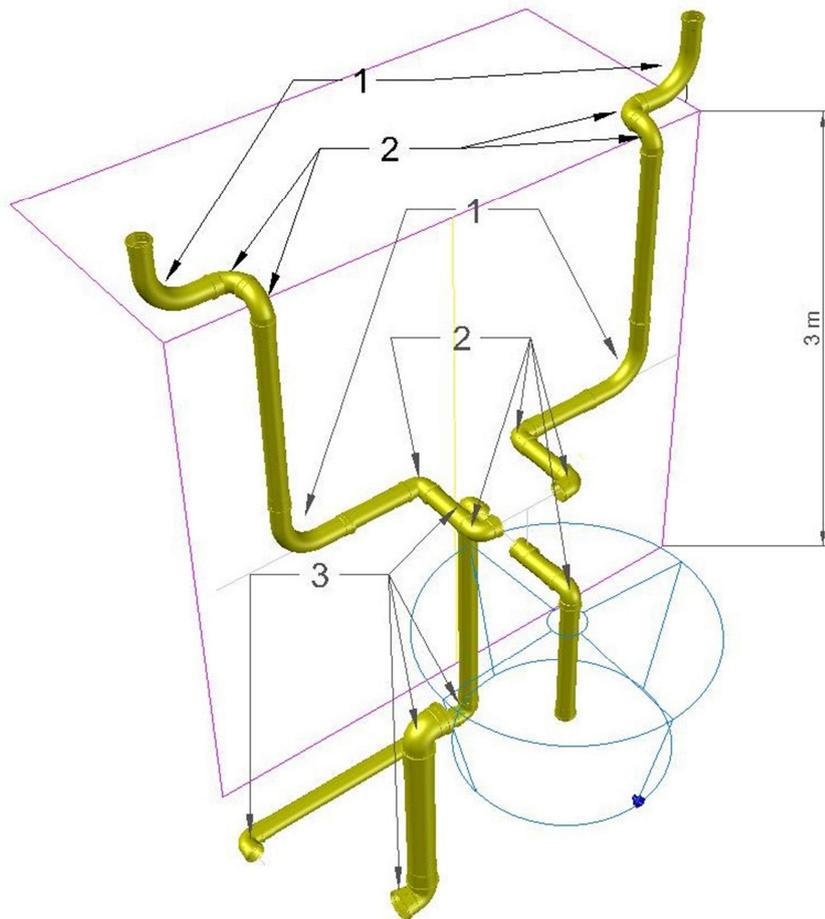
(Própria do autor.)

Tabela 21 - Orçamento 1.2 - horta A1

| Horta A1  |        |             |              | V da caixa   | V nominal |
|---|--------|-------------|--------------|--------------|-----------|
| Volume  | 879,79 | L           | ->           | 1000 L       | 969,4 L   |
| Material  | Quant. | Uni.        | C. Unit.     | C. Total     |           |
| Adaptador soldável com anel de vedação (20mm)               | 1      | UNI.        | R\$ 7,59     | R\$ 7,59     |           |
| Cola para PVC 175g  | 1      | UNI.        | R\$ 16,20    | R\$ 16,20    |           |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 2      | UNI.        | R\$ 31,00    | R\$ 62,00    |           |
| Joelho 90° (100mm)  | 12     | UNI.        | R\$5,55      | R\$ 66,60    |           |
| Joelho 90° (150mm)  | 2      | UNI.        | R\$33,37     | R\$ 66,74    |           |
| Lixa 100  | 1      | UNI.        | R\$ 1,35     | R\$ 1,35     |           |
| Luva de correr (100mm)                                      | 1      | UNI.        | R\$ 9,32     | R\$ 9,32     |           |
| Luva Simples (100mm)  | 13     | UNI.        | R\$ 3,89     | R\$ 50,57    |           |
| Luva Simples (150mm)  | 2      | UNI.        | R\$ 17,08    | R\$ 34,16    |           |
| Tubo 100mm  | 3      | UNI -<br>3m | R\$ 27,00    | R\$ 81,00    |           |
| Tubo 150mm  | 1      | UNI -<br>3m | R\$ 64,05    | R\$ 64,05    |           |
| Abraçadeira (metal)   | 8      | UNI.        | R\$ 4,69     | R\$ 37,52    |           |
| Filtro VF1  | 1      | UNI.        | R\$ 1.250,00 | R\$ 1.250,00 |           |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1      | UNI.        | R\$ 139,00   | R\$ 139,00   |           |
| Freio D'água  | 1      | UNI.        | R\$ 94,00    | R\$ 94,00    |           |
| Sifão ladrão  | 1      | UNI.        | R\$ 194,00   | R\$ 194,00   |           |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 1      | UNI.        | R\$ 35,90    | R\$ 35,90    |           |
| Cadeado   | 1      | UNI.        | R\$ 14,00    | R\$ 14,00    |           |
| Caixa d'Água de Fibra de vidro 1000L                        | 1      | UNI.        | R\$ 299,61   | R\$ 299,61   |           |
| Saída/ entrada da caixa                                     | 2      | UNI.        | R\$ 120,00   | R\$ 240,00   |           |
| Pedra gres - 21 x 42 x 17 (Extra grossa)                    | 16     | UNI.        | R\$ 5,00     | R\$ 80,00    |           |
| Argamassa   | 0,06   | M3          | R\$ 290,47   | R\$ 18,04    |           |
|   |        |             | TOTAL        | R\$ 2.861,65 |           |

(Própria do autor.)

Figura 18 - Cenário 1.2 – horta A2 –, caixa d'água em fibra de vidro e materiais convencionais



| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                  |   |                    |
|----------------------|------------------|---|--------------------|
|                      | CAIXA D'ÁGUA     | 1 | CURVA 90° (100MM)  |
|                      | BOMBONA - FILTRO | 2 | JOELHO 90° (100MM) |
|                      | TUBULAÇÃO        | 3 | JOELHO 90° (150MM) |
|                      | PAREDE           |   |                    |

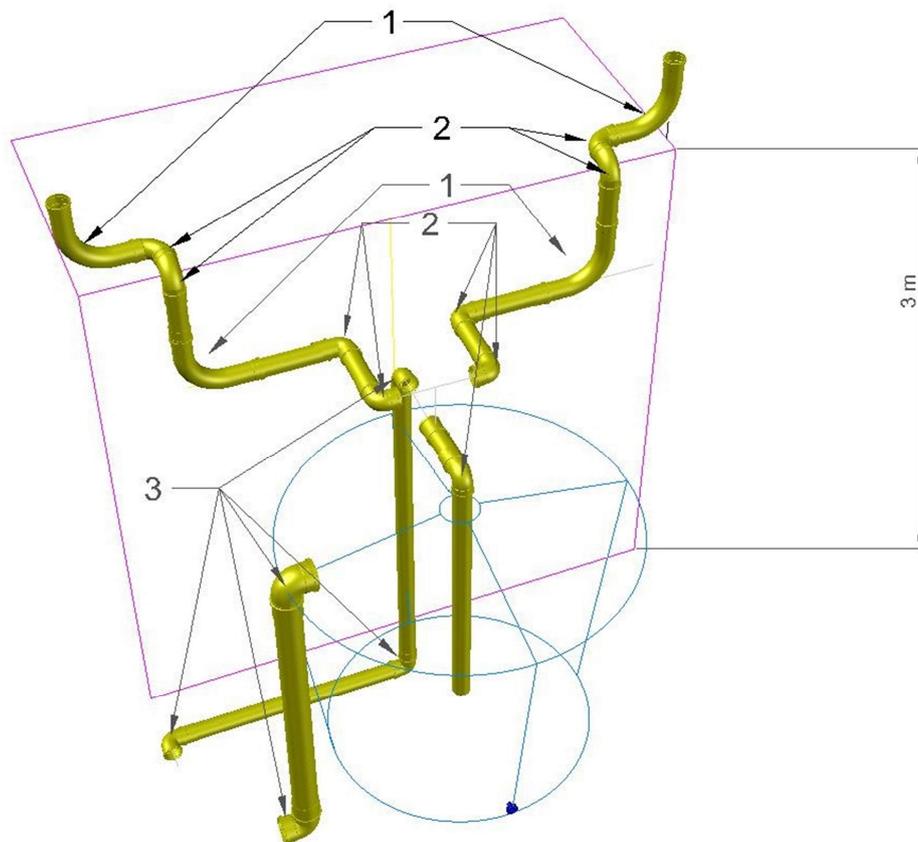
(Própria do autor.)

Tabela 22 - Orçamento 1.2 - Horta A2

| <b>Horta A2</b>   |               | <b>1065,74</b> | <b>L</b>        | <b>-&gt;</b>    | <b>1000 L</b> |
|---|---------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| <b>Material</b>   | <b>Quant.</b> | <b>Uni.</b>    | <b>C. Unit.</b> | <b>C. Total</b> |               |
| Adaptador soldável com anel de vedação (20mm)               | 1             | UNI.           | R\$ 7,59        | R\$ 7,59        |               |
| Cola para PVC 175g  | 1             | UNI.           | R\$ 16,20       | R\$ 16,20       |               |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 4             | UNI.           | R\$ 31,00       | R\$ 124,00      |               |
| Joelho 90° (100mm)  | 14            | UNI.           | R\$5,55         | R\$ 77,70       |               |
| Joelho 90° (150mm)  | 2             | UNI.           | R\$33,37        | R\$ 66,74       |               |
| Lixa 100  | 1             | UNI.           | R\$ 1,35        | R\$ 1,35        |               |
| Luva de correr (100mm)                                      | 1             | UNI.           | R\$ 9,32        | R\$ 9,32        |               |
| Luva Simples (100mm)  | 13            | UNI.           | R\$ 3,89        | R\$ 50,57       |               |
| Luva Simples (150mm)  | 2             | UNI.           | R\$ 17,08       | R\$ 34,16       |               |
| Tubo 100mm  | 3             | UNI -<br>3m    | R\$ 27,00       | R\$ 81,00       |               |
| Tubo 150mm  | 1             | UNI -<br>3m    | R\$ 64,05       | R\$ 64,05       |               |
| Abraçadeira (metal)   | 8             | UNI.           | R\$ 4,69        | R\$ 37,52       |               |
| Filtro VF1  | 1             | UNI.           | R\$ 1.250,00    | R\$ 1.250,00    |               |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1             | UNI.           | R\$ 139,00      | R\$ 139,00      |               |
| Freio D'água  | 1             | UNI.           | R\$ 94,00       | R\$ 94,00       |               |
| Sifão ladrão  | 1             | UNI.           | R\$ 194,00      | R\$ 194,00      |               |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2             | UNI.           | R\$ 35,90       | R\$ 71,80       |               |
| Cadeado   | 1             | UNI.           | R\$ 14,00       | R\$ 14,00       |               |
| Caixa d'Água de Fibra de vidro 1000L                        | 1             | UNI.           | R\$ 299,61      | R\$ 299,61      |               |
| Saída/ entrada da caixa                                     | 2             | UNI.           | R\$ 120,00      | R\$ 240,00      |               |
| Laje gres - 40 x 90 x 4,5                                   | 3             | UNI.           | R\$ 10,00       | R\$ 30,00       |               |
| Pedra gres - 21 x 42 x 17 (Extra grossa)                    | 16            | UNI.           | R\$ 5,00        | R\$ 80,00       |               |
| Argamassa   | 0,09          | M3             | R\$ 290,47      | R\$ 25,10       |               |
|   |               |                |                 | R\$             |               |
|   |               |                |                 | TOTAL           |               |
|   |               |                |                 | 3.007,71        |               |

(Própria do autor.)

Figura 19 - Cenário 1.2 – lavagem –, caixa d'água em fibra de vidro e materiais convencionais



| SIMBOLOGIA E LEGENDA  |                  |   |                    |
|---|------------------|---|--------------------|
|  | CAIXA D'ÁGUA     | 1 | CURVA 90° (100MM)  |
|  | BOMBONA - FILTRO | 2 | JOELHO 90° (100MM) |
|  | TUBULAÇÃO        | 3 | JOELHO 90° (150MM) |
|  | PAREDE           |   |                    |

(Própria do autor.)

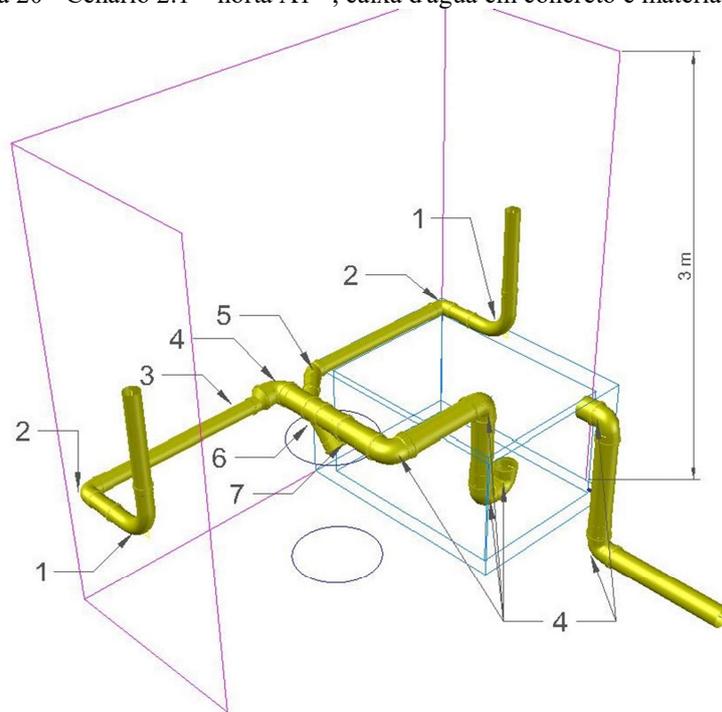
Tabela 23 - Orçamento 1.2 - lavagem

| <b>Lavagem de carro</b>                                     |                |             |                 |                 |
|---|----------------|-------------|-----------------|-----------------|
| <b>Volume</b>   | <b>2997,84</b> | <b>L</b>    | <b>-&gt;</b>    | <b>3000</b>     |
| <b>Material</b>   | <b>Quant.</b>  | <b>Uni.</b> | <b>C. Unit.</b> | <b>C. Total</b> |
| Adaptador soldável com anel de vedação (20mm)               | 1              | UNI.        | R\$ 7,59        | R\$ 7,59        |
| Cola para PVC 175g  | 1              | UNI.        | R\$ 16,20       | R\$ 16,20       |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 4              | UNI.        | R\$ 31,00       | R\$ 124,00      |
| Joelho 90° (100mm)  | 14             | UNI.        | R\$5,55         | R\$ 77,70       |
| Joelho 90° (150mm)  | 2              | UNI.        | R\$33,37        | R\$ 66,74       |
| Lixa 100  | 1              | UNI.        | R\$ 1,35        | R\$ 1,35        |
| Luva de correr (100mm)                                      | 1              | UNI.        | R\$ 9,32        | R\$ 9,32        |
| Luva Simples (100mm)  | 13             | UNI.        | R\$ 3,89        | R\$ 50,57       |
| Luva Simples (150mm)  | 2              | UNI.        | R\$ 17,08       | R\$ 34,16       |
| Tubo 100mm  | 3              | UNI -<br>3m | R\$ 27,00       | R\$ 81,00       |
| Tubo 150mm  | 1              | UNI -<br>3m | R\$ 64,05       | R\$ 64,05       |
| Abraçadeira (metal)   | 8              | UNI.        | R\$ 4,69        | R\$ 37,52       |
| Filtro VF1  | 1              | UNI.        | R\$ 1.250,00    | R\$ 1.250,00    |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1              | UNI.        | R\$ 139,00      | R\$ 139,00      |
| Freio D'água  | 1              | UNI.        | R\$ 94,00       | R\$ 94,00       |
| Sifão ladrão  | 1              | UNI.        | R\$ 194,00      | R\$ 194,00      |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2              | UNI.        | R\$ 35,90       | R\$ 71,80       |
| Cadeado   | 1              | UNI.        | R\$ 14,00       | R\$ 14,00       |
| Caixa d'Água de Fibra de vidro 1000L                        | 1              | UNI.        | R\$ 299,61      | R\$ 299,61      |
| Saída/ entrada da caixa                                     | 2              | UNI.        | R\$ 120,00      | R\$ 240,00      |
| Piso cimentado 2 cm   | 2,46           | M2          | R\$ 7,91        | R\$ 19,47       |
| Laje gres   | 6              | UNI.        | R\$ 10,00       | R\$ 60,00       |
| Pedra gres - 21 x 42 x X                                    | 26             | UNI.        | R\$ 5,00        | R\$ 130,00      |
| Argamassa   | 0,15           | M3          | R\$ 290,47      | R\$ 43,79       |
|   |                |             |                 | R\$             |
| TOTAL   |                |             |                 | 3.125,87        |

(Própria do autor.)

## ANEXO C

Figura 20 - Cenário 2.1 – horta A1 –, caixa d'água em concreto e materiais alternativos.



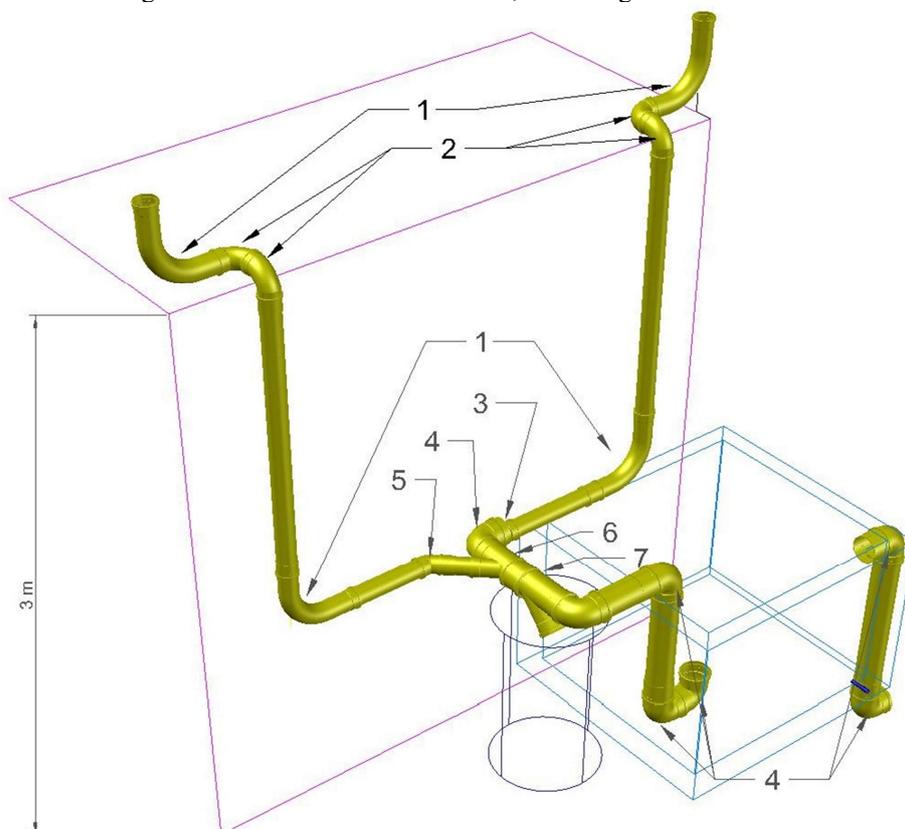
| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                    |   |                    |
|----------------------|--------------------|---|--------------------|
|                      | CAIXA D'ÁGUA       | 3 | REDUÇÃO 100 X 150  |
|                      | BOMBONA - FILTRO   | 4 | JOELHO 90° (150MM) |
|                      | TUBULAÇÃO          | 5 | JOELHO 45° (100MM) |
|                      | PAREDE             | 6 | JUNÇÃO 150 X 100   |
| 1                    | CURVA 90° (100MM)  | 7 | JUNÇÃO 150 X 150   |
| 2                    | JOELHO 90° (100MM) |   |                    |

(Própria do autor.)

Tabela 24 - Orçamento 2.1 - Horta A1

| <b>Horta A1</b>   |                   | <b>879,7862903</b> |                       | <b>L</b>           |  |
|---|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--|
| <b>Volume</b>   |                   |                    |                       |                    |  |
| <b>Material</b>   | <b>Quantidade</b> | <b>Unidade</b>     | <b>Custo Unitário</b> | <b>Custo Total</b> |  |
| Cola para PVC 175g  | 1,00              | UNI.               | R\$ 16,20             | R\$ 16,20          |  |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 2,00              | UNI.               | R\$ 31,00             | R\$ 62,00          |  |
| Joelho 45° (100mm)  | 1,00              | UNI.               | R\$ 5,61              | R\$ 5,61           |  |
| Joelho 45° (150mm)  | 1,00              | UNI.               | R\$ 34,60             | R\$ 34,60          |  |
| Joelho 90° (100mm)  | 2,00              | UNI.               | R\$ 5,55              | R\$ 11,10          |  |
| Joelho 90° (150mm)  | 9,00              | UNI.               | R\$ 33,37             | R\$ 300,33         |  |
| Junção Simples 150 x 100                                    | 1,00              | UNI.               | R\$ 61,81             | R\$ 61,81          |  |
| Junção Simples 150 x 150                                    | 1,00              | UNI.               | R\$ 94,80             | R\$ 94,80          |  |
| Lixa 100  | 1,00              | UNI.               | R\$ 1,35              | R\$ 1,35           |  |
| Luva de correr (150mm)                                      | 1,00              | UNI.               | R\$ 23,65             | R\$ 23,65          |  |
| Luva Simples (100mm)  | 5,00              | UNI.               | R\$ 3,89              | R\$ 19,45          |  |
| Luva Simples (150mm)  | 5,00              | UNI.               | R\$ 17,08             | R\$ 85,40          |  |
| Luva soldável água (20mm)                                   | 1,00              | UNI.               | R\$ 0,43              | R\$ 0,43           |  |
| Redução Excêntrica 150 x 100                                | 1,00              | UNI.               | R\$ 29,19             | R\$ 29,19          |  |
| Tubo 100mm  | 2,00              | UNI.               | R\$ 27,00             | R\$ 54,00          |  |
| Tubo 150mm  | 1,00              | UNI.               | R\$ 64,05             | R\$ 64,05          |  |
| Tubo soldável (20mm)  | 1,00              | UNI.               | R\$ 6,00              | R\$ 6,00           |  |
| Abraçadeira (metal)   | 8,00              | UNI.               | R\$ 4,69              | R\$ 37,52          |  |
| Bombona 200 L   | 1,00              | UNI.               | R\$ 105,00            | R\$ 105,00         |  |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2,00              | UNI.               | R\$ 35,90             | R\$ 71,80          |  |
| Cadeado   | 2,00              | UNI.               | R\$ 14,00             | R\$ 28,00          |  |
| Concreto Armado - e = 10cm                                  | 0,61              | M3                 | R\$ 1.883,68          | R\$1.139,63        |  |
| Tampa concreto  | 0,14              | M3                 | R\$ 1.883,68          | R\$ 271,25         |  |
| Impermeabilização   | 5,21              | M2                 | R\$ 38,74             | R\$ 201,84         |  |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1,00              | UNI.               | R\$ 139,00            | R\$ 139,00         |  |
| Tela de mosquiteiro   | 1,00              | M2                 | R\$ 9,97              | R\$ 9,97           |  |
| Pedra gres - 21 x 42 x X                                    | 28,00             | UNI.               | R\$ 5,00              | R\$ 140,00         |  |
| Argamassa   | 0,10              | M3                 | R\$ 290,47            | R\$ 30,26          |  |
|   |                   |                    |                       | R\$                |  |
|   |                   |                    |                       | TOTAL              |  |
|   |                   |                    |                       | 3.044,23           |  |
| (Própria do autor.)   |                   |                    |                       |                    |  |

Figura 21 - Cenário 2.1 – horta A2 –, caixa d'água em concreto e materiais alternativos.



| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                    |   |                    |
|----------------------|--------------------|---|--------------------|
|                      | CAIXA D'ÁGUA       | 3 | REDUÇÃO 100 X 150  |
|                      | BOMBONA - FILTRO   | 4 | JOELHO 90° (150MM) |
|                      | TUBULAÇÃO          | 5 | JOELHO 45° (100MM) |
|                      | PAREDE             | 6 | JUNÇÃO 150 X 100   |
| 1                    | CURVA 90° (100MM)  | 7 | JUNÇÃO 150 X 150   |
| 2                    | JOELHO 90° (100MM) |   |                    |

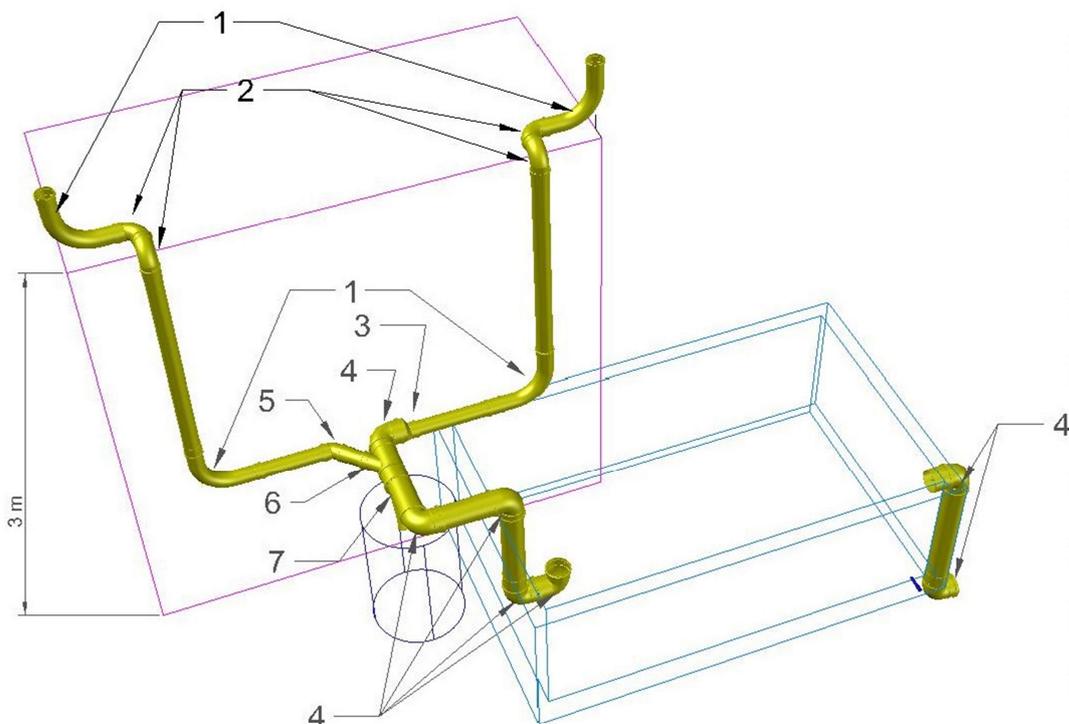
(Própria do autor.)

Tabela 25 - Orçamento 2.1 - horta A2

| <b>Horta A2</b>   |                    |                |                       |                    |
|---|--------------------|----------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Volume</b>   |                    |                |                       |                    |
|   | <b>1065,737903</b> | <b>L</b>       |                       |                    |
| <b>Material</b>   | <b>Quantidade</b>  | <b>Unidade</b> | <b>Custo Unitário</b> | <b>Custo Total</b> |
| Cola para PVC 175g  | 1,00               | UNI.           | R\$ 16,20             | R\$ 16,20          |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 4,00               | UNI.           | R\$ 31,00             | R\$ 124,00         |
| Joelho 45° (100mm)  | 1,00               | UNI.           | R\$ 5,61              | R\$ 5,61           |
| Joelho 45° (150mm)  | 1,00               | UNI.           | R\$ 34,60             | R\$ 34,60          |
| Joelho 90° (100mm)  | 4,00               | UNI.           | R\$ 5,55              | R\$ 22,20          |
| Joelho 90° (150mm)  | 9,00               | UNI.           | R\$ 33,37             | R\$ 300,33         |
| Junção Simples 150 x 100                                    | 1,00               | UNI.           | R\$ 61,81             | R\$ 61,81          |
| Junção Simples 150 x 150                                    | 1,00               | UNI.           | R\$ 94,80             | R\$ 94,80          |
| Lixa 100  | 1,00               | UNI.           | R\$ 1,35              | R\$ 1,35           |
| Luva de correr (100mm)                                      | 1,00               | UNI.           | R\$ 9,32              | R\$ 9,32           |
| Luva de correr (150mm)                                      | 1,00               | UNI.           | R\$ 23,65             | R\$ 23,65          |
| Luva Simples (100mm)  | 4,00               | UNI.           | R\$ 3,89              | R\$ 15,56          |
| Luva Simples (150mm)  | 4,00               | UNI.           | R\$ 17,08             | R\$ 68,32          |
| Luva soldável água (20mm)                                   | 1,00               | UNI.           | R\$ 0,43              | R\$ 0,43           |
| Redução Excêntrica 150 x 100                                | 1,00               | UNI.           | R\$ 29,19             | R\$ 29,19          |
| Tubo 100mm  | 2,00               | UNI.           | R\$ 27,00             | R\$ 54,00          |
| Tubo 150mm  | 1,00               | UNI.           | R\$ 64,05             | R\$ 64,05          |
| Tubo soldável (20mm)  | 1,00               | UNI.           | R\$ 6,00              | R\$ 6,00           |
| Abraçadeira (metal)   | 8,00               | UNI.           | R\$ 4,69              | R\$ 37,52          |
| Bombona 200 L   | 1,00               | UNI.           | R\$ 105,00            | R\$ 105,00         |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2,00               | UNI.           | R\$ 35,90             | R\$ 71,80          |
| Cadeado   | 2,00               | UNI.           | R\$ 14,00             | R\$ 28,00          |
|   |                    |                |                       | R\$                |
| Concreto Armado - e = 10cm                                  | 0,69               | M3             | R\$ 1.883,68          | 1.300,87           |
| Tampa concreto  | 0,16               | M3             | R\$ 1.883,68          | R\$ 305,91         |
| Impermeabilização   | 6,01               | M2             | R\$ 38,74             | R\$ 232,75         |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1,00               | UNI.           | R\$ 139,00            | R\$ 139,00         |
| Tela de mosquiteiro   | 1,00               | M2             | R\$ 9,97              | R\$ 9,97           |
| Laje gres   | 5,00               | UNI.           | R\$ 10,00             | R\$ 50,00          |
| Pedra gres - 21 x 42 x X                                    | 31,00              | UNI.           | R\$ 5,00              | R\$ 155,00         |
| Argamassa   | 0,15               | M3             | R\$ 290,47            | R\$ 42,32          |
|   |                    |                |                       | R\$                |
|   |                    |                | <b>TOTAL</b>          | <b>3.409,55</b>    |

(Própria do autor.)

Figura 22 - Cenário 2.1 – lavagem–, caixa d'água em concreto e materiais alternativos.



| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                    |   |                    |
|----------------------|--------------------|---|--------------------|
|                      | CAIXA D'ÁGUA       | 3 | REDUÇÃO 100 X 150  |
|                      | BOMBONA - FILTRO   | 4 | JOELHO 90° (150MM) |
|                      | TUBULAÇÃO          | 5 | JOELHO 45° (100MM) |
|                      | PAREDE             | 6 | JUNÇÃO 150 X 100   |
| 1                    | CURVA 90° (100MM)  | 7 | JUNÇÃO 150 X 150   |
| 2                    | JOELHO 90° (100MM) |   |                    |

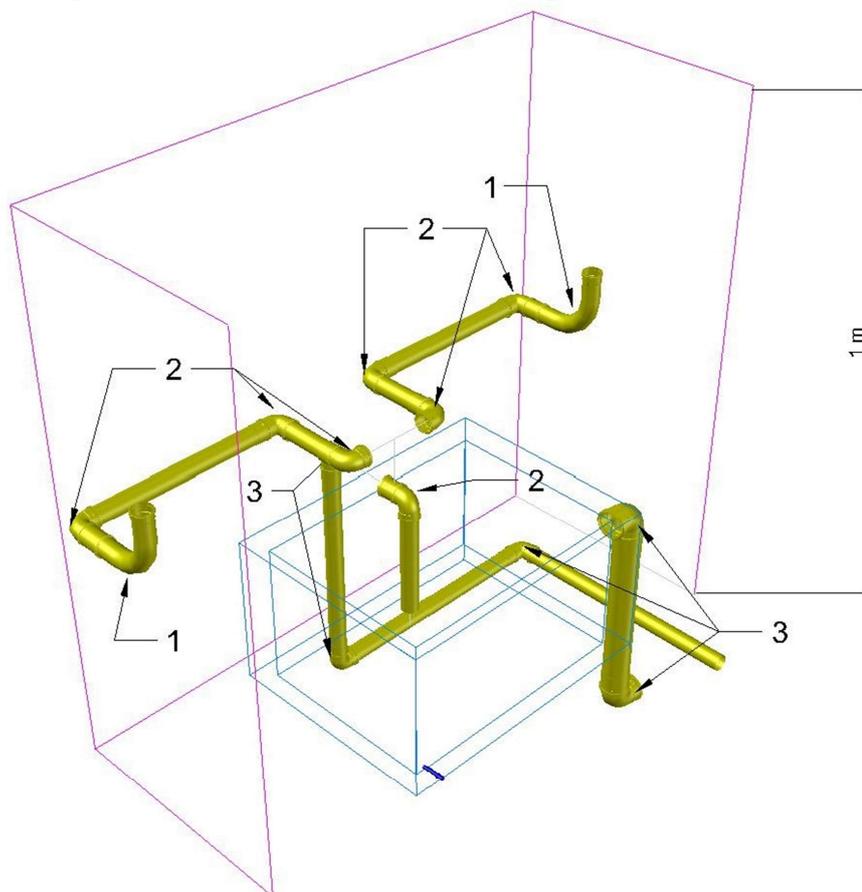
(Própria do autor.)

Tabela 26 - Orçamento 2.1 - Lavagem

| <b>Lavagem de carro</b>                                     |                   |                      |                       |                    |
|---|-------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Volume</b>   |                   | <b>2997,841379 L</b> |                       |                    |
| <b>Material</b>   | <b>Quantidade</b> | <b>Unidade</b>       | <b>Custo Unitário</b> | <b>Custo Total</b> |
| Cola para PVC 175g  | 1,00              | UNI.                 | R\$ 16,20             | R\$ 16,20          |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 4,00              | UNI.                 | R\$ 31,00             | R\$ 124,00         |
| Joelho 45° (100mm)  | 1,00              | UNI.                 | R\$ 5,61              | R\$ 5,61           |
| Joelho 45° (150mm)  | 1,00              | UNI.                 | R\$ 34,60             | R\$ 34,60          |
| Joelho 90° (100mm)  | 4,00              | UNI.                 | R\$ 5,55              | R\$ 22,20          |
| Joelho 90° (150mm)  | 9,00              | UNI.                 | R\$ 33,37             | R\$ 300,33         |
| Junção Simples 150 x 100                                    | 1,00              | UNI.                 | R\$ 61,81             | R\$ 61,81          |
| Junção Simples 150 x 150                                    | 1,00              | UNI.                 | R\$ 94,80             | R\$ 94,80          |
| Lixa 100  | 1,00              | UNI.                 | R\$ 1,35              | R\$ 1,35           |
| Luva de correr (100mm)                                      | 1,00              | UNI.                 | R\$ 9,32              | R\$ 9,32           |
| Luva de correr (150mm)                                      | 1,00              | UNI.                 | R\$ 23,65             | R\$ 23,65          |
| Luva Simples (100mm)  | 4,00              | UNI.                 | R\$ 3,89              | R\$ 15,56          |
| Luva Simples (150mm)  | 4,00              | UNI.                 | R\$ 17,08             | R\$ 68,32          |
| Luva soldável água (20mm)                                   | 1,00              | UNI.                 | R\$ 0,43              | R\$ 0,43           |
| Redução Excêntrica 150 x 100                                | 1,00              | UNI.                 | R\$ 29,19             | R\$ 29,19          |
| Tubo 100mm  | 2,00              | UNI.                 | R\$ 27,00             | R\$ 54,00          |
| Tubo 150mm  | 1,00              | UNI.                 | R\$ 64,05             | R\$ 64,05          |
| Tubo soldável (20mm)  | 1,00              | UNI.                 | R\$ 6,00              | R\$ 6,00           |
| Abraçadeira (metal)   | 8,00              | UNI.                 | R\$ 4,69              | R\$ 37,52          |
| Bombona 200 L   | 1,00              | UNI.                 | R\$ 105,00            | R\$ 105,00         |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2,00              | UNI.                 | R\$ 35,90             | R\$ 71,80          |
| Cadeado   | 2,00              | UNI.                 | R\$ 14,00             | R\$ 28,00          |
| Concreto Armado - e = 10cm                                  | 1,31              | M3                   | R\$ 1.883,68          | R\$2.474,40        |
| Tampa concreto  | 0,25              | M3                   | R\$ 1.883,68          | R\$ 474,69         |
| Impermeabilização   | 11,89             | M2                   | R\$ 38,74             | R\$ 460,54         |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1,00              | UNI.                 | R\$ 139,00            | R\$ 139,00         |
| Tela de mosquiteiro   | 1,00              | M2                   | R\$ 9,97              | R\$ 9,97           |
| Laje gres   | 11,00             | UNI.                 | R\$ 10,00             | R\$ 110,00         |
| Pedra gres - 21 x 42 x X                                    | 65,00             | UNI.                 | R\$ 5,00              | R\$ 325,00         |
| Argamassa   | 0,33              | M3                   | R\$ 290,47            | R\$ 96,58          |
|   |                   |                      |                       | R\$                |
|   |                   |                      |                       | TOTAL              |
|   |                   |                      |                       | 5.263,92           |
| (Própria do autor.)   |                   |                      |                       |                    |

## ANEXO D

Figura 23 - Cenário 2.2 – horta A1 –, caixa d'água em concreto e materiais convencionais.



| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                  |   |                    |
|----------------------|------------------|---|--------------------|
|                      | CAIXA D'ÁGUA     | 1 | CURVA 90° (100MM)  |
|                      | BOMBONA - FILTRO | 2 | JOELHO 90° (100MM) |
|                      | TUBULAÇÃO        | 3 | JOELHO 90° (150MM) |
|                      | PAREDE           |   |                    |

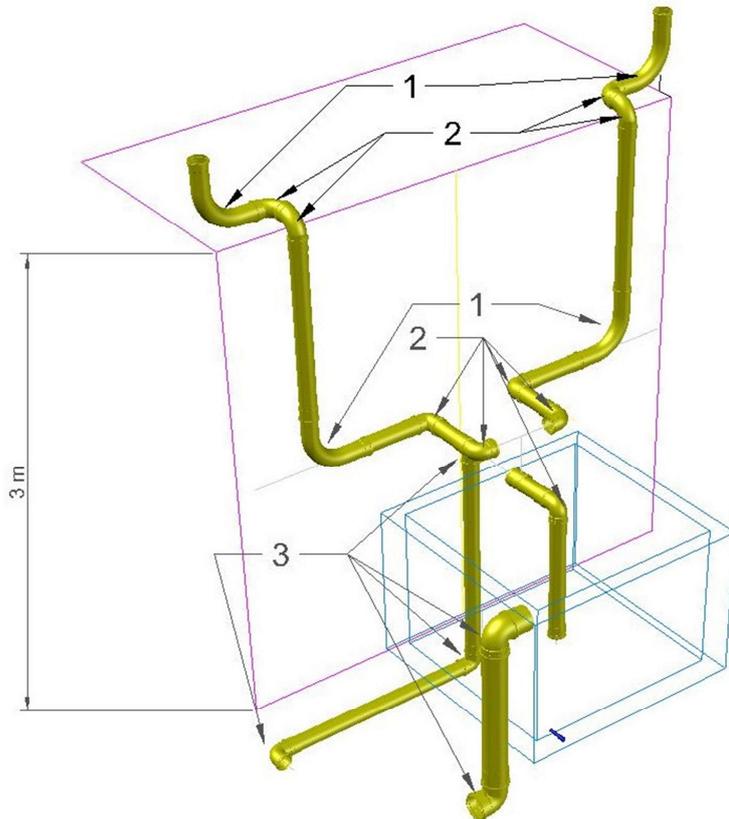
(Própria do autor.)

Tabela 27 - Orçamento 2.2 - Horta A1

| <b>Horta A1</b>   |                   | <b>879,7862903</b> |                       | <b>L</b>           |          |
|---|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|----------|
| <b>Volume</b>   |                   |                    |                       |                    |          |
| <b>Material</b>   | <b>Quantidade</b> | <b>Unidade</b>     | <b>Custo Unitário</b> | <b>Custo Total</b> |          |
| Cola para PVC 175g  | 1,00              | UNI.               | R\$ 16,20             | R\$ 16,20          |          |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 2,00              | UNI.               | R\$ 31,00             | R\$ 62,00          |          |
| Joelho 90° (100mm)  | 12,00             | UNI.               | R\$ 5,55              | R\$ 66,60          |          |
| Joelho 90° (150mm)  | 2,00              | UNI.               | R\$ 33,37             | R\$ 66,74          |          |
| Lixa 100  | 1,00              | UNI.               | R\$ 1,35              | R\$ 1,35           |          |
| Luva de correr (100mm)                                      | 1,00              | UNI.               | R\$ 9,32              | R\$ 9,32           |          |
| Luva Simples (100mm)  | 12,00             | UNI.               | R\$ 3,89              | R\$ 46,68          |          |
| Luva Simples (150mm)  | 2,00              | UNI.               | R\$ 17,08             | R\$ 34,16          |          |
| Luva soldável água (20mm)                                   | 1,00              | UNI.               | R\$ 0,43              | R\$ 0,43           |          |
|   |                   | UNI -              |                       |                    |          |
| Tubo 100mm  | 3,00              | 3m                 | R\$ 27,00             | R\$ 81,00          |          |
|   |                   | UNI -              |                       |                    |          |
| Tubo 150mm  | 1,00              | 3m                 | R\$ 64,05             | R\$ 64,05          |          |
|   |                   | UNI -              |                       |                    |          |
| Tubo soldável (20mm)  | 1,00              | 3m                 | R\$ 6,00              | R\$ 6,00           |          |
| Abraçadeira (metal)   | 8,00              | UNI.               | R\$ 4,69              | R\$ 37,52          |          |
|   |                   |                    |                       |                    | R\$      |
| Filtro VF1  | 1,00              | UNI.               | R\$ 1.250,00          | 1.250,00           |          |
| Freio D'água  | 1                 | UNI.               | R\$ 94,00             | R\$ 94,00          |          |
| Sifão ladrão  | 1                 | UNI.               | R\$ 194,00            | R\$ 194,00         |          |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2,00              | UNI.               | R\$ 35,90             | R\$ 71,80          |          |
| Cadeado   | 1,00              | UNI.               | R\$ 14,00             | R\$ 14,00          |          |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1,00              | UNI.               | R\$ 139,00            | R\$ 139,00         |          |
|   |                   |                    |                       |                    | R\$      |
| Concreto Armado - e = 10cm                                  | 0,61              | M3                 | R\$ 1.883,68          | 1.139,63           |          |
| Tampa concreto  | 0,14              | M3                 | R\$ 1.883,68          | R\$ 271,25         |          |
| Impermeabilização   | 5,21              | M2                 | R\$ 38,74             | R\$ 201,84         |          |
| Pedra gres - 21 x 42 x X                                    | 22,00             | UNI.               | R\$ 5,00              | R\$ 110,00         |          |
| Argamassa   | 0,08              | M3                 | R\$ 290,47            | R\$ 24,44          |          |
|   |                   |                    |                       |                    | R\$      |
|   |                   |                    | TOTAL                 |                    | 4.002,00 |

(Própria do autor.)

Figura 24 - Cenário 2.2 – horta A2 –, caixa d'água em concreto e materiais convencionais.



| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                  |   |                    |
|----------------------|------------------|---|--------------------|
|                      | CAIXA D'ÁGUA     | 1 | CURVA 90° (100MM)  |
|                      | BOMBONA - FILTRO | 2 | JOELHO 90° (100MM) |
|                      | TUBULAÇÃO        | 3 | JOELHO 90° (150MM) |
|                      | PAREDE           |   |                    |

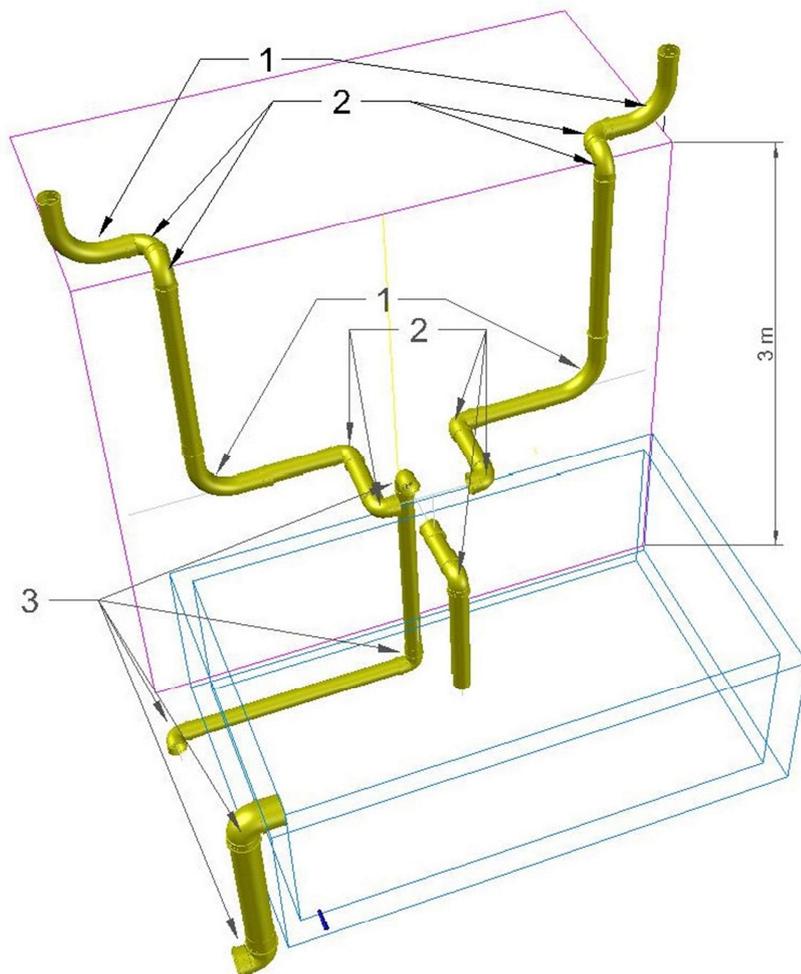
(Própria do autor.)

Tabela 28 - Orçamento 2.2 - Horta A2

| <b>Horta A2</b>   |                   | <b>Volume</b>  | <b>1065,737903</b>    | <b>L</b>           |           |     |
|---|-------------------|----------------|-----------------------|--------------------|-----------|-----|
| <b>Material</b>   | <b>Quantidade</b> | <b>Unidade</b> | <b>Custo Unitário</b> | <b>Custo Total</b> |           |     |
| Cola para PVC 175g  | 1,00              | UNI.           | R\$ 16,20             | R\$ 16,20          |           |     |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 4,00              | UNI.           | R\$ 31,00             | R\$ 124,00         |           |     |
| Joelho 90° (100mm)  | 14,00             | UNI.           | R\$ 5,55              | R\$ 77,70          |           |     |
| Joelho 90° (150mm)  | 2,00              | UNI.           | R\$ 33,37             | R\$ 66,74          |           |     |
| Lixa 100  | 1,00              | UNI.           | R\$ 1,35              | R\$ 1,35           |           |     |
| Luva de correr (100mm)                                      | 1,00              | UNI.           | R\$ 9,32              | R\$ 9,32           |           |     |
| Luva Simples (100mm)  | 13,00             | UNI.           | R\$ 3,89              | R\$ 50,57          |           |     |
| Luva Simples (150mm)  | 2,00              | UNI.           | R\$ 17,08             | R\$ 34,16          |           |     |
| Luva soldável água (20mm)                                   | 1,00              | UNI.           | R\$ 0,43              | R\$ 0,43           |           |     |
|   |                   | UNI -          |                       |                    |           |     |
| Tubo 100mm  | 3,00              | 3m             | R\$ 27,00             | R\$ 81,00          |           |     |
|   |                   | UNI -          |                       |                    |           |     |
| Tubo 150mm  | 1,00              | 3m             | R\$ 64,05             | R\$ 64,05          |           |     |
|   |                   | UNI -          |                       |                    |           |     |
| Tubo soldável (20mm)  | 1,00              | 3m             | R\$ 6,00              | R\$ 6,00           |           |     |
| Abraçadeira (metal)   | 8,00              | UNI.           | R\$ 4,69              | R\$ 37,52          |           |     |
|   |                   |                |                       |                    |           | R\$ |
| Filtro VF1  | 1,00              | UNI.           | R\$ 1.250,00          | 1.250,00           |           |     |
| Freio D'água  | 1                 | UNI.           | R\$ 94,00             | R\$ 94,00          |           |     |
| Sifão ladrão  | 1                 | UNI.           | R\$ 194,00            | R\$ 194,00         |           |     |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2,00              | UNI.           | R\$ 35,90             | R\$ 71,80          |           |     |
| Cadeado   | 1,00              | UNI.           | R\$ 14,00             | R\$ 14,00          |           |     |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1,00              | UNI.           | R\$ 139,00            | R\$ 139,00         |           |     |
|   |                   |                |                       |                    |           | R\$ |
| Concreto Armado - e = 10cm                                  | 0,69              | M3             | R\$ 1.883,68          | 1.300,87           |           |     |
| Tampa concreto  | 0,16              | M3             | R\$ 1.883,68          | R\$ 305,91         |           |     |
| Impermeabilização   | 6,01              | M2             | R\$ 38,74             | R\$ 232,75         |           |     |
| Laje gres   | 4,00              | UNI.           | R\$ 5,00              | R\$ 20,00          |           |     |
| Pedra gres - 21 x 42 x X                                    | 25,00             | UNI.           | R\$ 5,00              | R\$ 125,00         |           |     |
|   | Argamassa         | 0,17           | M3                    | R\$ 290,47         | R\$ 50,12 |     |
|   |                   |                |                       |                    |           | R\$ |
|   |                   |                | TOTAL                 |                    | 4.366,49  |     |

(Própria do autor.)

Figura 25 - Cenário 2.2 – lavagem–, caixa d'água em concreto e materiais convencionais.



| SIMBOLOGIA E LEGENDA |                  |   |                    |
|----------------------|------------------|---|--------------------|
|                      | CAIXA D'ÁGUA     | 1 | CURVA 90° (100MM)  |
|                      | BOMBONA - FILTRO | 2 | JOELHO 90° (100MM) |
|                      | TUBULAÇÃO        | 3 | JOELHO 90° (150MM) |
|                      | PAREDE           |   |                    |

(Própria do autor.)

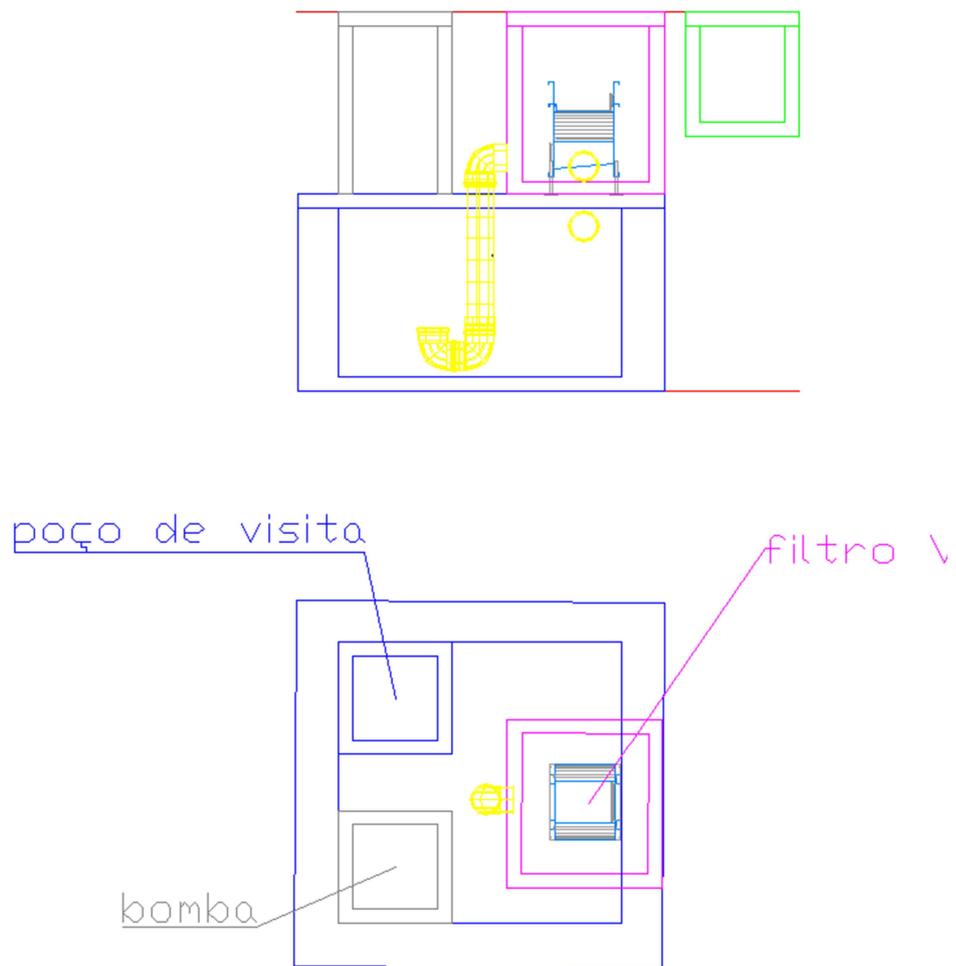
Tabela 29 - Orçamento 2.2 - Lavagem.

| <b>Lavagem de carro</b>                                     |                    |                |                       |                    |
|---|--------------------|----------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Volume</b>   |                    |                |                       |                    |
|   | <b>2997,841379</b> | <b>L</b>       |                       |                    |
| <b>Material</b>   | <b>Quantidade</b>  | <b>Unidade</b> | <b>Custo Unitário</b> | <b>Custo Total</b> |
| Cola para PVC 175g  | 1,00               | UNI.           | R\$ 16,20             | R\$ 16,20          |
| Curva 90° Longa (100mm)                                     | 4,00               | UNI.           | R\$ 31,00             | R\$ 124,00         |
| Joelho 90° (100mm)  | 14,00              | UNI.           | R\$ 5,55              | R\$ 77,70          |
| Joelho 90° (150mm)  | 2,00               | UNI.           | R\$ 33,37             | R\$ 66,74          |
| Lixa 100  | 1,00               | UNI.           | R\$ 1,35              | R\$ 1,35           |
| Luva de correr (100mm)                                      | 1,00               | UNI.           | R\$ 9,32              | R\$ 9,32           |
| Luva Simples (100mm)  | 13,00              | UNI.           | R\$ 3,89              | R\$ 50,57          |
| Luva Simples (150mm)  | 2,00               | UNI.           | R\$ 17,08             | R\$ 34,16          |
| Luva soldável água (20mm)                                   | 1,00               | UNI.           | R\$ 0,43              | R\$ 0,43           |
|   |                    | UNI -          |                       |                    |
| Tubo 100mm  | 3,00               | 3m             | R\$ 27,00             | R\$ 81,00          |
|   |                    | UNI -          |                       |                    |
| Tubo 150mm  | 1,00               | 3m             | R\$ 64,05             | R\$ 64,05          |
|   |                    | UNI -          |                       |                    |
| Tubo soldável (20mm)  | 1,00               | 3m             | R\$ 6,00              | R\$ 6,00           |
| Abraçadeira (metal)   | 8,00               | UNI.           | R\$ 4,69              | R\$ 37,52          |
|   |                    |                |                       | R\$                |
| Filtro VF1  | 1,00               | UNI.           | R\$ 1.250,00          | 1.250,00           |
| Freio D'água  | 1                  | UNI.           | R\$ 94,00             | R\$ 94,00          |
| Sifão ladrão  | 1                  | UNI.           | R\$ 194,00            | R\$ 194,00         |
| Torneira para Jardim Parede Bica Baixa Fosca Cadeado Sensea | 2,00               | UNI.           | R\$ 35,90             | R\$ 71,80          |
| Cadeado   | 1,00               | UNI.           | R\$ 14,00             | R\$ 14,00          |
| Piso cimentado 2 cm   | 5,52               | M2             | R\$ 7,91              | R\$ 43,68          |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"                          | 1,00               | UNI.           | R\$ 139,00            | R\$ 139,00         |
|   |                    |                |                       | R\$                |
| Concreto Armado - e = 10cm                                  | 1,31               | M3             | R\$ 1.883,68          | 2.474,40           |
| Tampa concreto  | 0,40               | M3             | R\$ 1.883,68          | R\$ 759,50         |
| Impermeabilização   | 11,89              | M2             | R\$ 38,74             | R\$ 460,54         |
| Laje gres   | 10,00              | UNI.           | R\$ 10,00             | R\$ 100,00         |
| Pedra gres - 21 x 42 x X                                    | 59,00              | UNI.           | R\$ 5,00              | R\$ 295,00         |
| Argamassa   | 0,34               | M3             | R\$ 290,47            | R\$ 99,01          |
|   |                    |                |                       | R\$                |
|   |                    |                | <b>TOTAL</b>          | <b>6.563,97</b>    |

(Própria do autor.)

## ANEXO E

Figura 26 - Planta baixa e corte do reservatório 2.3



(Própria do autor.)

Tabela 30 - Orçamento 2.3

| <b>Horta A1+ A2+Carros</b>                |                   |                |                       |                    |
|---|-------------------|----------------|-----------------------|--------------------|
| Volume                                    | 3930,060195       | L              | ->                    | 4000 L             |
| <b>Material</b>                           | <b>Quantidade</b> | <b>Unidade</b> | <b>Custo Unitário</b> | <b>Custo Total</b> |
| Cola para PVC 175g                        | 1,00              | UNI.           | R\$ 16,20             | R\$ 16,20          |
| Joelho 45° (20mm)                         | 3,00              | UNI.           | R\$ 0,55              | R\$ 1,65           |
| Joelho 90° (200mm)                        | 3,00              | UNI.           | R\$ 190,78            | R\$ 572,34         |
| Joelho 90° (20mm)                         | 8,00              | UNI.           | R\$ 0,36              | R\$ 2,88           |
| Luva (20mm)                               | 21,00             | UNI.           | R\$ 0,43              | R\$ 9,03           |
| Luva simples (200mm)                      | 3,00              | UNI.           | R\$ 60,89             | R\$ 182,67         |
| Tê (20mm)                                 | 1,00              | UNI.           | R\$ 0,65              | R\$ 0,65           |
| Tubo (200mm)                              | 1,00              | UNI. -<br>3m   | R\$ 162,90            | R\$ 162,90         |
| Tubo (20mm)                               | 17,00             | UNI. -<br>6m   | R\$ 6,00              | R\$ 204,00         |
| Filtro VF2                                | 1,00              | UNI.           | R\$ 5.999,00          | R\$ 5.999,00       |
| Freio D'água 200 mm                       | 1                 | UNI.           | R\$ 850,00            | R\$ 850,00         |
| Sifão ladrão 200 mm                       | 1                 | UNI.           | R\$ 1.150,00          | R\$ 1.150,00       |
| Concreto Armado                           | 1,49              | M3             | R\$ 1.883,68          | R\$ 2.810,45       |
| Tampa                                     | 0,36              | M3             | R\$ 1.883,68          | R\$ 675,11         |
| Poço de inspeção com tampa                | 3,00              | UNI.           | R\$ 113,93            | R\$ 341,79         |
| Impermeabilização                         | 13,60             | M2             | R\$ 38,74             | R\$ 526,86         |
| Bomba                                     | 1,00              | UNI.           | R\$ 757,24            | R\$ 757,24         |
| Controlador de pressão                    | 1,00              | UNI.           | R\$ 286,00            | R\$ 286,00         |
| Controlador Automático de Água Potável 1" | 1,00              | UNI.           | R\$ 372,00            | R\$ 372,00         |
| Conjunto Flutuante de Sucção de 1"        | 1,00              | UNI.           | R\$ 139,00            | R\$ 139,00         |
| escavação                                 | 14,28             | M3             | R\$ 58,07             | R\$ 829,41         |
|   |                   |                | TOTAL                 | R\$ 15.889,19      |

(Própria do autor.)