



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ELABORAÇÃO E GERENCIAMENTO DE  
PROJETOS PARA GESTÃO MUNICIPAL DE RECURSOS HÍDRICOS

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

VALÉRIA VERAS BURIGO

JUNHO, 2018

VALÉRIA VERAS BURIGO

**INSTALAÇÃO DA TECNOLOGIA SOCIAL PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA  
DA CHUVA: CISTERNA SUBTERRÂNEA COM RESERVATÓRIO CONTENDO  
AREIA**

Trabalho Conclusão do Curso de  
Especialização a Distância em Elaboração e  
Gerenciamento de Projetos para a Gestão  
Municipal de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Efraim Martins Araújo

Coorientador: Prof. Dr. Maurício Luiz Sens

Florianópolis

2018



#### Ficha de identificação da obra

Búrigo, Valéria Veras

Instalação da Tecnologia Social para aproveitamento de água da chuva : cisterna subterrânea com reservatório contendo areia / Valéria Veras Búrigo ; orientador, Efraim Martins Araújo, 2018.

72 p.

Monografia (especialização) - Curso de Especialização a Distância em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos,

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 3. Tecnologias Sociais para a Gestão da Água. 4. Recursos Hídricos. I. Araújo, Efraim Martins . II. Especialização a Distância em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos. III. Título.

VALÉRIA VERAS BURIGO

**TÍTULO: INSTALAÇÃO DA TECNOLOGIA SOCIAL PARA APROVEITAMENTO  
DE ÁGUA DA CHUVA: CISTERNA SUBTERRÂNEA COM RESERVATÓRIO  
CONTENDO AREIA**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos e aprovado em sua forma final pelo Curso de Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos.

Florianópolis, 28 de junho de 2018.

---

Prof. Dr. Lucas da Silva  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Efraim Martins Araújo (Orientador)  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus Iguatu*

---

Dr. Márcio Claudio Cardoso da Silva (Avaliador)

---

Prof. Dr. Eliakim Martins Araújo (Avaliador)  
Universidade Regional do Cariri – URCA

Este trabalho é dedicado a todos aqueles que reconhecem a água como um bem comum.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos Professores Efraim Araújo e Maurício Sens pelas valiosas contribuições.

Ao Professor Paulo Belli Filho, pelo apoio incondicional às minhas iniciativas.

Ao Engenheiro Márcio Claudio Cardoso da Silva, por aceitar gentilmente o convite para participar da banca de avaliação deste trabalho, oferecendo importantes recomendações.

Aos Engenheiros Caroline e Victor pela dedicação extraordinária que ofereceram à tarefa de construção coletiva da Tecnologia Social “cisterna com reservatório subterrâneo contendo areia” com a Universidade, comunidade e Escola Rio dos Anjos e pelo apoio que ofereceram à realização deste trabalho.

À Professora Edilene, pelo envolvimento e dedicação às tarefas de instalação da Tecnologia Social na escola, pelo trabalho pedagógico realizado valorizando a experiência e pela importante contribuição que prestou à elaboração deste trabalho.

Aos meus queridos filhos Daniel e Rodrigo pela ajuda, estímulo e parceria.

À família, pela compreensão em respeito às minhas ausências e fadiga.

Ao meu companheiro Luiz Verona pelo incentivo e auxílio nas coletas.

A todos e todas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Nunca duvide que um pequeno grupo de pessoas conscientes e engajadas possa mudar o mundo. De fato, sempre foi assim que o mundo mudou”. (Margaret Mead, 1970)*

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma Tecnologia Social (TS) em captação e aproveitamento de água da chuva como opção viável e econômica para minimizar os problemas relacionados com a escassez de água. O sistema apresentado é pioneiro no Brasil por utilizar um reservatório enterrado contendo areia para armazenar a água da chuva. Foi implantado em uma escola da área rural do Município de Araranguá/SC através de um processo de construção coletiva envolvendo a comunidade escolar, poder público, empresas locais e técnicos. O objetivo deste trabalho é possibilitar a disseminação desta TS propondo replicar a experiência em 10 escolas da rede municipal de ensino de Araranguá. Para verificar a viabilidade técnica da proposta, foi realizada uma avaliação geral da funcionalidade do sistema e análises para definir parâmetros básicos qualitativos da água armazenada na cisterna. A viabilidade econômica foi verificada através da comparação custo total da implantação da TS em relação à quantidade de água armazenada durante a sua vida útil. Para orientar a implantação do sistema nas escolas foi elaborado um memorial descritivo detalhado que disponibiliza todas as informações necessárias para sua construção. O trabalho tem a expectativa de contribuir para minimizar a problemática de escassez de água na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá e completar o ciclo pedagógico que envolve a construção de uma TS com a disseminação e replicação da experiência vivenciada.

**Palavras-chave:** Tecnologia Social. Cisterna. Sistema de captação de água da chuva.

## **ABSTRACT**

The present study shows a Social Technology (ST) for rainwater catchment and use. The ST is presented as a viable and profitable option to reduce water scarcity related problems. It is a pioneer system in Brazil, as it uses a buried reservoir with sand to store rainwater. The system has already been implemented in a public primary school in the rural area of Araranguá (SC). Its construction involved the school community, public power, local private initiatives and technicians. The main goal is to spread this ST by replicating the experience in 10 other public schools in the same city. A general evaluation of the system's functionality and definition of basic qualitative parameters related to the stored water have been conducted to verify the technical viability. In addition, the economic viability has been verified by comparing the implantation cost with the amount of water stored during its lifespan. A detailed Descriptive Memorandum has been prepared to guide the implementation of the system in the schools. Overall, the study intends to contribute in minimizing water scarcity in the Araranguá River Basin. Finally, it also completes the pedagogical cycle, which involves the ST construction including dissemination and replication of the lived experience.

**Keywords:** Social Technology. Cistern. Rainwater catchment system.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Vista lateral do piloto.....	21
<b>Figura 2:</b> Localização da região hidrográfica correspondente à área de estudo.....	33
<b>Figura 3:</b> Bacia do Rio Araranguá – Hidrografia e mesobacias.....	34
<b>Figura 4:</b> Esquema do RAECA .....	54
<b>Figura 5:</b> Esquema do pré-filtro .....	60
<b>Figura 6:</b> Esquema de coleta e encaminhamento da água para a cisterna.....	64

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Ilustração 1:</b> Vista frontal Centro TSGA .....	20
<b>Ilustração 2:</b> Coleta na Cisterna para armazenamento de água da chuva do Centro TSGA...	20
<b>Ilustração 3:</b> Piloto do reservatório contendo areia .....	21
<b>Ilustração 4:</b> Escola Rio dos Anjos - telhados e pré-filtro .....	22
<b>Ilustração 5:</b> Coleta da água de saída.....	22
<b>Ilustração 6:</b> Atividade pedagógica - pré-filtro.....	45
<b>Ilustração 7:</b> Escavação da área do reservatório .....	55
<b>Ilustração 8:</b> Regularizaçãodas paredes da escavação .....	55
<b>Ilustração 9:</b> Recobrimento do fundo com geotêxtil.....	56
<b>Ilustração 10:</b> Geomembrana dobrada .....	56
<b>Ilustração 11:</b> Recobrimento com geomembrana .....	56
<b>Ilustração 12:</b> Tubo de drenagem revestido com geotêxtil .....	57
<b>Ilustração 13:</b> Tubo de drenagem conectado .....	57
<b>Ilustração 14:</b> Tubo de drenagem envolvido por brita .....	58
<b>Ilustração 15:</b> Preenchimento do RAECA com areia .....	58
<b>Ilustração 16:</b> Pré-filtro e condutor da água para a cisterna .....	58
<b>Ilustração 17:</b> Tubulação de distribuição da água de entrada instalada .....	59
<b>Ilustração 18:</b> Fechamento superior com geomembrana.....	59
<b>Ilustração 19:</b> Colocação da última camada de areia.....	59
<b>Ilustração 20:</b> Pré-filtro com brita.....	60
<b>Ilustração 21:</b> Pré-filtro coberto com tela plástica .....	61
<b>Ilustração 22:</b> Vista geral pré filtro e calhas coletoras.....	61
<b>Ilustração 23:</b> Campo de vôlei da Escola Rio dos Anjos, Araranguá/SC .....	63

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Parâmetros analisados, seus métodos e equipamentos .....	23
<b>Quadro 2:</b> Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos restritivos não potáveis .....	27
<b>Quadro 3:</b> Orçamento.....	40
<b>Quadro 4:</b> VMPs para os parâmetros verificados segundo a Portaria 2.914/2011 .....	41
<b>Quadro 5:</b> Resultados das análises escola e piloto – coleta 1 .....	41
<b>Quadro 6:</b> Resultado das análises escola e piloto - coleta 2.....	41
<b>Quadro 7:</b> Resultados das análises escola e piloto - coleta 3 .....	42
<b>Quadro 8:</b> Resultados das análises escola e piloto - coleta 4.....	42
<b>Quadro 9:</b> Cronograma .....	47
<b>Quadro 10:</b> Coeficiente de runoff médios.....	51
<b>Quadro 11:</b> Precipitação mensal em Araranguá.....	53

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 PROBLEMA .....	14
1.2 JUSTIFICATIVA .....	16
1.3 OBJETIVOS .....	18
<b>1.3.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
2.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	19
<b>2.1.1 Definição dos Parâmetros Indicadores de Qualidade .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.2 Coleta da Água.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.3 Análises de Água.....</b>	<b>23</b>
2.2 ANÁLISE DA VIABILIDADE DO SISTEMA .....	23
<b>2.2.1 Viabilidade Técnica .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.2 Viabilidade econômica .....</b>	<b>24</b>
2.3 ELABORAÇÃO DE PROPOSTA PARA A DISSEMINAÇÃO DA TS PARA CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA.....	24
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
3.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA .....	25
<b>3.1.1 Histórico .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.2 Qualidade da Água da Chuva .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.3 Parâmetros de qualidade da água.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.4 Legislação .....</b>	<b>30</b>
3.2 TECNOLOGIAS SOCIAIS.....	31
<b>4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>33</b>
<b>5 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO .....</b>	<b>37</b>
5.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	37
5.2 OBJETIVO .....	37
5.3 RESULTADOS ESPERADOS .....	37
5.4 AÇÕES DE INTERVENÇÃO .....	38
5.5 ATORES ENVOLVIDOS.....	38
5.6 RECURSOS NECESSÁRIOS.....	39
5.7 ORÇAMENTO.....	40
5.8 VIABILIDADE .....	40

<b>5.8.1 Viabilidade Técnica</b> .....	<b>40</b>
5.8.1.1 Avaliação da qualidade da água .....	40
5.8.1.2 Funcionalidade do Sistema .....	44
<b>5.8.2 Viabilidade Econômica</b> .....	<b>45</b>
5.9 RISCOS E DIFICULDADES.....	46
5.10 CRONOGRAMA .....	47
5.11 GESTÃO, ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO .....	48
<b>6 MEMORIAL DESCRITIVO</b> .....	<b>50</b>
6.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO.....	50
6.2 COLETA DE ÁGUA .....	50
6.3 RESERVATÓRIO DE ÁGUA ENTERRADO CONTENDO AREIA (RAECA) .....	51
6.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA CONTENDO AREIA (RAECA).....	52
<b>6.4.1 Sequência de Execução do RAECA</b> .....	<b>54</b>
6.5 PRÉ-FILTRO .....	60
6.6 CONSTRUÇÃO DO CAMPO DE VÔLEI.....	62
6.7 BOMBEAMENTO E RESERVATÓRIO DE CONSUMO.....	63
6.8 ESQUEMA DO FUNCIONAMENTO .....	64
6.9 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ADOÇÃO DO SISTEMA .....	64
<b>6.9.1 Vantagens</b> .....	<b>64</b>
<b>6.9.2 Desvantagens</b> .....	<b>65</b>
<b>7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>68</b>
<b>ANEXO A - Planta e corte do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva da Escola Rio dos Anjos</b> .....	<b>72</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PROBLEMA

A água, elemento essencial para a vida está presente de forma abundante em nosso planeta cobrindo cerca de 75% da superfície da terra. Entretanto a água doce não representa mais do que 3% desse total e apenas 0,5% deste percentual encontra-se disponível. O restante está concentrado em geleiras e calotas polares estando em condições desfavoráveis para utilização (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2006).

O Brasil é um dos países que possuem a maior disponibilidade de água do mundo, abrigando cerca de 12% da água doce disponível no globo terrestre . Isso traz um aparente conforto, porém os recursos hídricos estão distribuídos de forma desigual no território, espacial e temporalmente (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017).

Além disso, o uso da água por diferentes atividades econômicas nas bacias hidrográficas brasileiras e os problemas de qualidade de água associados, geram situações de escassez e conflitos cada vez mais acirrados e difíceis de serem equacionados.

No Estado de Santa Catarina, as secas acontecem com mais intensidade no oeste que sofre com períodos de baixa pluviosidade trazendo muitos prejuízos econômicos e sociais para a região. No litoral, apesar da alta pluviosidade, enfrentam-se problemas de falta de água em alguns municípios devido à má distribuição das chuvas e o aumento populacional na época de veraneio.

No sul da Estado, o intenso uso da terra para atividades agrícolas e o recente passado de uma economia extrativista, baseada na exploração de recursos naturais como o carvão mineral desenha marcas visíveis e profundas na paisagem que compõe a Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA).

O crescimento econômico acelerado que vem ocorrendo na região nas últimas décadas, aliado à falta de planejamento adequado, resulta em forte degradação dos recursos naturais sobretudo os recursos hídricos, resultando em sérios conflitos.

*Com o desenvolvimento urbano-industrial de alguns municípios da bacia, sobretudo do município de Criciúma, a região tornou-se um importante pólo de desenvolvimento do estado. Nas regiões industrializadas, de exploração mineral e de concentração populacional, existe a degradação dos recursos hídricos estabelecendo conflitos com aqueles usuários que demandam condições qualitativas melhores (KREBS, 2000).*

Em relação ao uso agrícola, a região que compreende a BHRA se destaca como maior produtora de arroz no estado de Santa Catarina, atividade que requer grandes volumes de água para a irrigação, gerando conflitos com outros usos, em especial nas épocas de plantio quando maiores demandas de água são requeridas.

A degradação ambiental gerada por estes fatores desencadeou processos de mobilização social, articulação institucional e desenvolvimento de pesquisa científica na busca de caracterizar a problemática e buscar soluções. De fato, a situação é complexa e exige uma abordagem integrada e interdisciplinar.

*A problemática ambiental analisada na bacia do Araranguá se insere num contexto mais amplo que vai além da escala geográfica que a delimita. Caracteriza-se como resultado, em grande medida, do processo de apropriação e uso dos recursos ambientais e da água com base num modelo de desenvolvimento hegemônico que tem suscitado discussões em diversas áreas do conhecimento, em função da sua complexidade (COMASSETTO,2008).*

Neste contexto, a escassez de água não pode mais ser considerada como um problema exclusivo de regiões secas, pois vem atingindo áreas com recursos hídricos abundantes, porém insuficientes para atender a demandas excessivamente elevadas, gerando conflitos, prejuízos econômicos e afetando a qualidade de vida das pessoas.

Mediante esse cenário, faz-se necessário buscar soluções que contribuam para o uso racional e sustentável da água, visando conservar este bem natural para as atuais e futuras gerações.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Para alcançar uma relação equilibrada entre oferta e demanda de água e promover o uso sustentável deste recurso é necessário o desenvolvimento de tecnologias e métodos alternativos para sua obtenção e utilização.

A captação e aproveitamento da água de chuva, prática milenar de utilização da água pelo homem, desponta neste momento como uma opção viável e econômica para minimizar os problemas relacionados com escassez e inundações.

A água da chuva apresenta qualidade e quantidade suficientes para atender a diversas demandas, principalmente aquelas não-potáveis. Quando o regime pluviométrico local é favorável, a água de chuva pode ser utilizada como um recurso alternativo, complementar ao abastecimento, como é o caso da região sul de Santa Catarina.

Segundo Tomaz (2010), os principais motivos que levam à utilização de água da chuva são:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água;
- Região com disponibilidade hídrica menor que 1200 m<sup>3</sup>/ habitante x ano;
- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas;
- Retorno dos investimentos (*payback*) muito rápido;
- Instabilidade do fornecimento de água pública;
- Exigência de lei específica.

Neste contexto, o projeto Tecnologias Sociais para Gestão da Água (TSGA) desenvolveu, em parceria com comunidades de diversas regiões do Estado de Santa Catarina sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva, em atendimento a demandas locais, adotando a concepção das tecnologias sociais.

Uma Tecnologia Social (TS) compreende a introdução de técnicas replicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social (COSTA, 2013).

No Município de Araranguá, sul do Estado de Santa Catarina, foi implantada, no âmbito do Projeto TSGA, um sistema de aproveitamento de água da chuva que utiliza reservatório subterrâneo contendo areia para o armazenamento da água. Segundo Fachine (2016), a *Association Reseau Expert Environnement Developpement (AREED)*, Organização Não Governamental (ONG) francesa, construiu uma TS que utiliza este tipo de reservatório, pela primeira vez, em Madagascar. A ideia é proteger a água de intempéries e vetores,

mantendo sua qualidade ao longo do tempo, mas ainda não existem estudos científicos comprovando a eficácia do sistema.

Para avaliar a qualidade da água produzida pelo sistema implantado em Araranguá, Fechine desenvolveu um piloto que reproduz a tecnologia em laboratório, instalado no Laboratório de Potabilização da Água (LaPoA) do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), onde foram realizadas as análises da água.

Este trabalho pretende contribuir para dar continuidade ao monitoramento da qualidade da água do piloto contemplando também avaliação em escala real, com análises da água coletada diretamente do sistema implantado. Assim, poderão ser definidas com maior exatidão as características da água produzida pelo sistema e, através de estudo comparativo, a representatividade da simulação através do sistema piloto.

Além do monitoramento da qualidade da água e do estudo da funcionalidade do sistema de Araranguá, será avaliada a viabilidade econômica da sua implantação. Dado o pioneirismo da tecnologia, as avaliações são de suma importância para ampliar o conhecimento sobre o seu funcionamento, permitindo ajustes e correções.

A sistematização do material realizada neste trabalho sobre a tecnologia implantada em Madagascar e no Brasil, é outro aspecto que cabe destacar, uma vez que não existem publicações técnicas ou científicas apresentando este sistema de forma detalhada e ordenada, pela contribuição que oferece ao servir de base para a reprodução de novos sistemas,

Sendo assim, a sistematização do material, o acompanhamento e as avaliações da implantação do sistema na escola de Araranguá, irão subsidiar a elaboração de memorial descritivo que irá fornecer as informações necessárias para construção de sistemas análogos. Estas informações permitirão a disseminação da experiência, oferecendo uma solução simples e econômica para contribuir com a gestão sustentável da água.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

- a) Disseminar a Tecnologia Social de captação e aproveitamento de água da chuva com cisterna subterrânea contendo areia com a implantação do sistema em 10 escolas da rede municipal de ensino do Município de Araranguá-SC.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Monitorar o sistema em relação aos parâmetros referentes à qualidade da água.
- b) Avaliar a viabilidade técnica do sistema.
- c) Avaliar a viabilidade econômica do sistema.
- d) A partir da avaliação do sistema de captação e aproveitamento de água - cisterna subterrânea contendo areia instalado na Escola Rio dos Anjos, disseminar a TS na BHRA implantando o sistema em 10 escolas da rede municipal de ensino do Município de Araranguá-SC.

## 2 METODOLOGIA

Para elaboração do projeto de intervenção proposto neste trabalho foram realizadas as etapas:

### 2.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

#### 2.1.1 Definição dos Parâmetros Indicadores de Qualidade

A necessidade de avaliar a qualidade da água do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, Tecnologia Social instalada na escola rural Rio dos Anjos no município de Araranguá/SC, é devida ao ineditismo do sistema e a ausência de dados sobre as características da água proveniente deste.

A primeira definição foi em relação aos parâmetros mínimos para monitoramento que indiquem como está a qualidade da água coletada e armazenada pelo sistema. Os parâmetros escolhidos foram: pH, turbidez, cor aparente, temperatura, condutividade elétrica, coliformes totais e *Escherichia coli*.

#### 2.1.2 Coleta da Água

Foram realizadas 4 coletas, de agosto a dezembro de 2017, da água de entrada e de saída do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva e de um piloto que reproduz o sistema em laboratório. O método utilizado nas coletas segue orientações do Manual Prático de Análise de Água da FUNASA (BRASIL, 2013).

A realização de coletas na entrada e saída do sistema visa auferir o impacto que o armazenamento da água na cisterna contendo areia produz na qualidade da água.

A entrada do piloto foi coletada na cisterna que armazena a água da chuva no prédio do Centro de Tecnologias Sociais para Gestão da Água (Centro TSGA) localizado no Campus na UFSC/ Florianópolis.

**Ilustração 1:** Vista frontal Centro TSGA



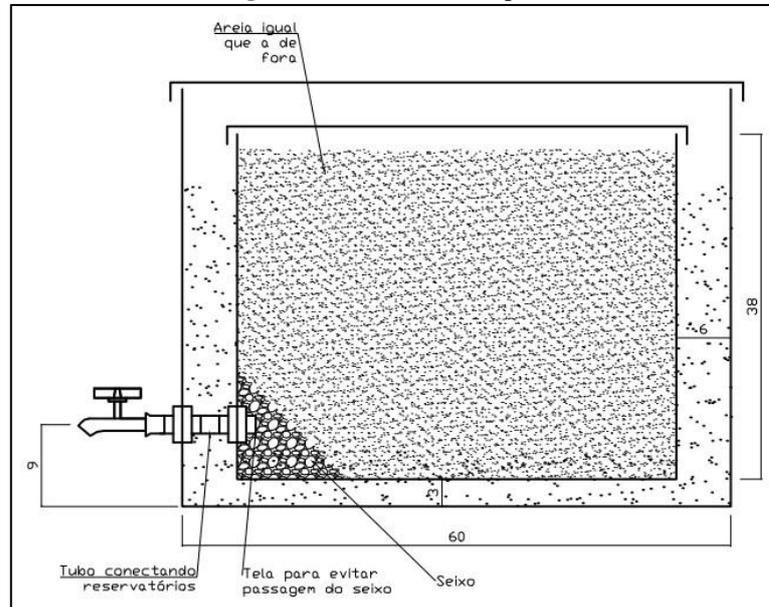
**Fonte:** Acervo da autora (2017).

**Ilustração 2:** Coleta na Cisterna para armazenamento de água da chuva do Centro TSGA



**Fonte:** Acervo da autora (2017).

A água de saída do piloto foi coletada no sistema montado em laboratório utilizando uma caixa plástica de 56 Litros instalada no interior de outra de 90 Litros. O espaço entre as caixas foi preenchido com areia, e para conectá-las utilizou-se tubo de 20 milímetros. Na saída de água, foi utilizado seixo rolado e tela de mosquiteiro de 1 milímetro de abertura para evitar perda de areia durante as coletas (FECHINE, 2016).

**Figura 1: Vista lateral do piloto**

**Fonte:** Fachine (2016)

**Ilustração 3: Piloto do reservatório contendo areia**

**Fonte:** Fachine (2016).

A água de entrada do sistema instalado na Escola Rio dos Anjos foi coletada de um recipiente inserido no pré-filtro para armazenar a água que vem diretamente do telhado.

**Ilustração 4:** Escola Rio dos Anjos - telhados e pré-filtro



**Fonte:** Acervo da autora (2017).

A água de saída do sistema foi coletada da caixa d'água que armazena a água que vai para a distribuição.

**Ilustração 5:** Coleta da água de saída



**Fonte:** Acervo da autora (2017).

### 2.1.3 Análises de Água

As análises da água coletada na entrada e saída do sistema reproduzido no piloto e no sistema implantado na escola, foram realizadas com o apoio do Laboratório de Potabilidade da Água (LAPOA) do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Para a realização das análises, o LAPOA utiliza equipamentos e adota metodologias conforme quadro abaixo:

**Quadro 1:** Parâmetros analisados, seus métodos e equipamentos

<b>Parâmetro (Unidade)</b>	<b>Método</b>	<b>Equipamentos</b>
pH	-	Medidor Multiparâmetros HACH HQ40D; Sonda pH
Cor Aparente (uH)	Espectrofotométrico (2120C)	Espectrofotômetro HACH DR2100
Turbidez (uT)	Nefelométrico (2130B)	Turbidímetro HACH 2100N
Temperatura (°C)	-	Medidor Multiparâmetros HACH HQ40D; Sonda pH
Coliformes Totais (Número Mais Provável (NMP) / 100mL)	Substrato Cromogênico Definido (9223B) COLILERT ®	
E. coli (NMP / 100mL)		

**Fonte:** Adaptado de Souza (2015).

## 2.2 ANÁLISE DA VIABILIDADE DO SISTEMA

### 2.2.1 Viabilidade Técnica

A viabilidade técnica do projeto será definida com base nos resultados do monitoramento da qualidade da água e de análise da funcionalidade geral do sistema, verificada com base nos dados colhidos em inspeção local e depoimento do responsável pela operação.

### 2.2.2 Viabilidade econômica

A viabilidade econômica será determinada a partir do estudo dos custos de implantação do projeto em relação à economia gerada pela utilização da água armazenada durante a vida útil do sistema.

### 2.3 ELABORAÇÃO DE PROPOSTA PARA A DISSEMINAÇÃO DA TS PARA CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

A disseminação de uma TS fecha o ciclo de implementação e constitui etapa fundamental para que a experiência possa gerar desdobramentos, contribuindo para catalisar processos de transformação social e governança local. Este trabalho propõe a replicação da experiência de implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva na Escola Rio dos Anjos em 10 escolas municipais de Araranguá/SC. O processo de disseminação envolverá as etapas:

- Elaboração de Memorial Descritivo detalhado para orientar a implantação de novas unidades do sistema.
- Definição das escolas através de estudo da necessidade e da viabilidade técnica do local de implantação em conjunto com a Secretaria Municipal de Educação.
- Construção do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva com reservatório subterrâneo contendo areia em conjunto com a comunidade escolar e demais parceiros, seguindo as orientações do Memorial Descritivo.
- Disseminação da experiência com as novas escolas através do comitê de bacia e prefeitura municipal.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

##### 3.1.1 Histórico

A coleta para aproveitamento de água da chuva é uma prática milenar que remonta ao período pré-cristão. Segundo Tomaz (2015), uma das inscrições mais antigas do mundo é datada de 830 a.C. e registra que o rei Mesha dos Moabitas no Oriente Médio, sugere que seja feita um reservatório em cada casa, para aproveitamento da água de chuva.

Na ilha de Creta em aproximadamente 2000 a.C. a água de chuva era aproveitada para descarga em bacias sanitárias e são inúmeros os reservatórios escavados em rochas anteriores a 3000 a.C., que aproveitavam a água de chuva para consumo humano (KONIG, 2001 *apud* TOMAZ, 2015).

Na Turquia, Istambul existe um dos maiores reservatórios de água da chuva do mundo denominado de Yerebatan Sarayi, construído durante o governo de César Justinian (a.C. 527-565), com um volume total de 80.000 m<sup>3</sup> (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002 *apud* OLIVEIRA, 2004).

Atualmente, em grande parte devido à crise hídrica, o aproveitamento da água da chuva para diversas finalidades vêm sendo estimulado em diversas partes do mundo.

Na Alemanha, o aproveitamento da água de chuva é destinado à irrigação (jardins), descarga de bacias sanitárias, máquinas de lavar roupa, uso comercial e industrial, desde a década de 80, para fins não potáveis (TOMAZ, 2015).

Nos Estados Unidos, Jordânia e Jerusalém existem milhares de reservatórios de água da chuva. Na Califórnia, são oferecidos financiamentos para a construção de captação de água de chuva, o mesmo acontecendo na Alemanha e Japão (TOMAZ, 2015).

Além de uso doméstico, a água de chuva contribui para um melhor balanço hídrico em bacias hidrográficas através da retenção e diminuição do escoamento superficial e direcionamento para a recuperação de aquíferos e poços como é feito, por exemplo, na Índia, Zimbábue e China. Assim, a captação de água da chuva tem melhorado a segurança hídrica e alimentar em várias áreas frágeis, semiáridas (HEIJEN, 2012).

Apesar dos inúmeros benefícios conhecidos, a captação e aproveitamento da água de chuva é uma prática pouco difundida no Brasil. Sabemos que esta prática reduz a necessidade

de utilização de água potável para fins não exigentes, auxilia na redução de alagamentos em áreas urbanas e melhora a segurança hídrica em propriedades rurais.

Observa-se que a escassez de água registrada nas últimas décadas trouxe à tona no Brasil a importância da utilização de água das chuvas, sobretudo em regiões onde existe convivência histórica com a seca como o Nordeste. Sendo assim, em julho de 2003, teve início o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC, com o objetivo de beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas, com água potável (HAGEMANN, 2009).

### **3.1.2 Qualidade da Água da Chuva**

Segundo a NBR 15527/2007, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), água de chuva é aquela resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

A água proveniente diretamente da chuva, por não entrar em contato com o solo ou outra fonte de poluição costuma apresentar qualidade adequada para vários usos, superando muitas vezes a qualidade de águas superficiais ou subterrâneas. A contaminação provém, em geral, da superfície de captação ou outros componentes do sistema de captação, armazenamento e distribuição.

O Manual da ANA/FIESP/Sinduscom-SP (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005), define que em edificações de uso público ou comercial a água da chuva pode ser utilizada em descargas sanitárias, rega de jardins e usos ornamentais. As edificações de uso público englobam escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros. Para esses tipos de ocupação o consumo de água em ambientes sanitários varia de 35% a 50% do consumo total. O referido manual define ainda, as exigências mínimas da água não potável para atividades realizadas nos edifícios, em função dos usos que se propõe. No caso do sistema em estudo neste projeto, os usos são irrigação de hortaliças, lavagem de calçadas e veículos, sendo que a água deve apresentar as seguintes características:

- Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos, não deve: apresentar mau-cheiro, conter componentes que agriam as plantas ou que estimulem o

crescimento de pragas, ser abrasiva, manchar superfícies, propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

- Água para lavagem de veículos, não deve: apresentar mau cheiro, ser abrasiva, manchar superfícies, conter sais ou substâncias remanescentes após secagem, propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

O manual refere que a utilização de águas pluviais, como fonte alternativa ao abastecimento de água requer, da mesma forma que nos casos anteriores, a gestão da qualidade e quantidade. A partir do controle verifica-se a necessidade de tratamento específico, de forma que não comprometa a saúde de seus usuários, nem a vida útil dos equipamentos.

A Norma Brasileira apresenta na ABNT NBR 15527/2007 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) os requisitos para aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis. Segundo a norma, os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Preconiza que, para uso mais restritivos, os parâmetros devem atender aos limites conforme o quadro abaixo:

**Quadro 2:** Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos restritivos não potáveis

<b>Parâmetro (Unidade)</b>	<b>Análise</b>	<b>Valor</b>
Cor Aparente (uH)*	Mensal	<15 uH
Turbidez (uT)**		< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Coliformes Totais (Número Mais Provável (NMP)/100mL)	Semestral	Ausência em 100mL
E. coli (NMP / 100mL)	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre		0,5, a 3,0 mg/L
pH		Entre 6,0 e 8,0
* uH é a unidade Hanzen ** uT é a unidade de turbidez		

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007)

### 3.1.3 Parâmetros de qualidade da água

Segundo TSGA (2014), qualidade de água é um termo utilizado para expressar um conjunto de parâmetros da água que a torna adequada, ou não, para possibilitar vários usos ou processos. Ou seja, a qualidade da água pode ser definida como a variação de um conjunto de parâmetros intrínsecos que limita seu uso. As necessidades em termos de quantidade e

qualidade de água variam de acordo com seus diferentes usos e usuários, e nem sempre são compatíveis.

A qualidade da água pode ser definida por uma única variável ou por uma combinação de variáveis escolhidas de acordo com o objetivo da avaliação. No contexto deste trabalho, a análise da água visa oferecer uma ideia geral para verificar a viabilidade técnica do sistema proposto em relação aos usos pretendidos. Os parâmetros analisados encontram-se discriminados abaixo, conforme a descrição apresentada na apostila de Monitoramento da Qualidade da Água, elaborada pelo Projeto TSGA.

**Turbidez:** é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água (atenuação devido à absorção e espalhamento) em função da presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas (areia, silte e argila), e detritos orgânicos (bactérias, microalgas, plâncton em geral). Uma alta turbidez reduz a fotossíntese dos vegetais submersos e das algas, diminuindo a produtividade local e influenciando nas comunidades biológicas aquáticas.

**Cor aparente:** a cor da água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, que ocorre por absorção de parte da radiação eletromagnética, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos, podemos mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. A turbidez causa interferência na determinação da cor, absorvendo parte da radiação eletromagnética. Esta coloração, dita aparente, é como o ser humano vê, mas na realidade, em parte, é resultado da reflexão e dispersão da luz nas partículas em suspensão.

**Temperatura:** tem influência em diversos parâmetros: quando a temperatura aumenta, diminui a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e solubilidade dos gases. A condutividade térmica e a pressão de vapor também aumentam com a elevação da temperatura. Os organismos presentes na água aumentam seu metabolismo em função do aumento das velocidades de reações químicas e enzimáticas, refletindo em processos fisiológicos e comportamentais, como alimentação, reprodução e migração.

**Condutividade Elétrica:** É a habilidade da água de conduzir eletricidade e depende diretamente da concentração de íons em solução presentes na água e da temperatura. A

condutividade é medida em miliSiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas.

pH (Potencial Hidrogeniônico): é uma grandeza físico-química que indica o grau de acidez, alcalinidade ou neutralidade de uma amostra de água. O pH possui influência direta sobre os ecossistemas aquáticos naturais devido a seus efeitos sobre a fisiologia de várias espécies. Seus efeitos indiretos também são importantes, pois contribuem para variações nas taxas de precipitação de elementos químicos, como metais pesados, e também podem afetar a solubilidade de nutrientes e outros compostos químicos. Águas muito ácidas são corrosivas, ao passo que águas muito alcalinas são incrustantes. A desinfecção por cloro é um processo de tratamento da água que é totalmente dependente do pH. Em meio ácido, a dissociação do ácido hipocloroso que forma o hipoclorito é menor, portanto, o processo é mais eficiente.

Indicadores microbiológicos: a transmissão via fecal-oral é a principal rota de contaminação pela qual as bactérias patogênicas causam doenças. As bactérias coliformes são o principal grupo indicador de contaminação microbiológica de origem fecal. As células são capazes de sobreviver fora do corpo hospedeiro por um tempo limitado, sendo assim, indicadores ideais para testar a contaminação fecal de amostras ambientais.

Coliformes totais: esse termo se refere a um grande grupo de bactérias Gram negativas que possuem a forma de bastonetes. Inclui todos os coliformes termotolerantes, as bactérias de origem fecal e algumas bactérias que podem ser isoladas do ambiente. Portanto, a presença de coliforme total em uma amostra pode ou não indicar contaminação fecal. Mesmo concentrações massivas de coliformes totais não indicam necessariamente a presença de bactéria fecal, pois podem ter origem no carreamento da matéria orgânica para a água.

*Escherichia coli* (E. coli): é uma bactéria coliforme, facultativamente anaeróbia, e normalmente encontrada no intestino grosso de animais endotérmicos, ou seja, de sangue quente. As E. coli são organismos termotolerantes por crescerem em condições de cultivo entre  $44^{\circ}\text{C}$  e  $44,5^{\circ}\text{C}$  e fermentarem a lactose, produzindo ácido e gás. Essa temperatura é o fator de diferenciação entre os grupos fecais (termotolerantes) e não fecais (termosensíveis). A maioria das cepas existentes de E. coli não é patogênica ao ser humano, e faz parte da flora intestinal normal dos indivíduos, podendo inclusive ser benéfica, produzindo vitamina K2 e ocupando o espaço e, conseqüentemente, prevenindo a colonização intestinal por organismos patogênicos. Porém alguns sorotipos podem causar intoxicação. É um indicador confiável (96 a 99% de confiabilidade em águas superficiais) na utilização como parâmetro de definição de poluição fecal e risco sanitário para uso de fontes e corpos d'água.

### 3.1.4 Legislação

Até o ano de 2017, a Legislação do Brasil, em âmbito federal, não fazia nenhuma referência ao aproveitamento de água da chuva. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2018), as águas de chuva eram encaradas pela legislação brasileira como esgoto, pois usualmente vai dos telhados e dos pisos para as bocas de lobo carreando todo tipo de impurezas, dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente.

No Dia 30 de outubro de 2017, foi sancionada a Lei Federal 13.501 que altera o art. 2º da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. A Lei das águas passa então a incorporar o objetivo de *incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais* (BRASIL, 2017)

Em nível de Estados e Municípios, já vem ocorrendo o debate sobre a normatização do uso da água da chuva, sendo que em alguns casos foram publicadas normas estabelecendo alguns critérios.

No Estado de São Paulo, foi sancionada a Lei Nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007, (SÃO PAULO, 2007) que estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais, tornando obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados).

Em Santa Catarina, a Lei Nº 14.675, de 13 de abril de 2009 que institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências, em seu Art. 218 determina:

As atividades/empreendimentos licenciáveis, quando usuários de recursos hídricos, devem prever sistemas para coleta de água de chuva para usos diversos. (SANTA CATARINA, 2009).

Dentre os Municípios catarinenses que estabeleceram normas sobre o aproveitamento de água da chuva podemos citar Joinville que em 2006 publicou a Lei Complementar nº 220 que em seu Artigo 1º determina que:

As águas pluviais provenientes dos telhados, sacadas, terraços, marquises e outros espaços abertos existentes em edificações destinadas a residências, estabelecimentos industriais, comerciais e de prestação de serviços, públicos ou privados, condomínios residências horizontais e/ou verticais, que tenham área total construída igual ou superior a 250 m<sup>2</sup> (duzentos e cinquenta metros quadrados), deverão ser canalizadas para reservatório específico (JOINVILLE, 2006).

Em Florianópolis, a Lei Complementar Nº 567, de 04 de Julho de 2016 (FLORIANÓPOLIS, 2016) determina a obrigatoriedade de instalação de sistema de aproveitamento de água da chuva em postos de combustíveis que possuem sistema de lavagem de automóveis que utilizem água, nos demais estabelecimentos comerciais que possuam sistema de lavagem de automóveis e/ou similares. Não existe norma que faça referência à obrigatoriedade de instalação do sistema em outros tipos de estabelecimentos ou residências.

Em fevereiro de 2016, A Câmara Municipal de Florianópolis aprovou, um projeto de lei complementar que determina que todas as edificações comerciais e residenciais com área acima de 200m<sup>2</sup> construídas no município deverão ter captação de água das chuvas para reuso. O PL nº 1.231/2013 (FLORIANÓPOLIS, 2013) que altera o Código de Obras e Edificações e torna a prática obrigatória ainda não foi sancionado. Em dezembro de 2016, a Secretaria Municipal de Saúde de Florianópolis, lançou a publicação “Orientação Técnica para Aproveitamento de Águas Pluviais”.

O Código de Obras de Araranguá instituído pela Lei Complementar Nº 146/2012 (ARARANGUÁ, 2012), em seu Art. 288, determina que as instalações para lavagem de veículos e lava-rápidos deverão utilizar captação de água da chuva ou subterrânea para lavagem de veículos e pátio, sendo proibido o uso de água da rede pública de abastecimento para lavagem comercial de veículos. Ainda não existe referência no Código de Obras ou outra lei do município que mencione o aproveitamento de águas pluviais para outras finalidades.

### 3.2 TECNOLOGIAS SOCIAIS

O marco conceitual da Tecnologia Social (TS) tem sua construção a partir do movimento da Tecnologia Apropriada (TA) que surgiu na Índia no final do século XIX, liderado por Ghandi, reconhecendo a importância do fortalecimento das tecnologias tradicionais como estratégia de luta pela emancipação política social, cultural e econômica de seu povo. (DAGINO, 2004).

O conceito de TA foi introduzido no mundo ocidental pelo economista alemão Schumacher adquirindo diversas outras denominações que denotam seu caráter de oposição às Tecnologias Convencionais (TC) que se mostravam inadequadas e até mesmo agravantes de problemas sociais e ambientais (DAGINO, 2004).

Os avanços que o movimento da TA propôs são extremamente positivos e inspiram em muitos níveis as práticas atuais relacionadas à Tecnologia Social (TS). Porém, a

experiência da TA mostrou que gerar um produto adequado a um cenário desejável torna-se irrealista quando pouco conectado ao contexto socioeconômico e político inicial e à sua própria evolução (DAGINO, 2004).

De acordo com Dagino (2004) e Talamini (2009), foi a partir de meados da década de 1990 que ocorreu um resgate dos temas relacionados à expressão Tecnologia Social (TS), contextualizados pelo cenário político de globalização que favorece os detentores de capital em detrimento dos países periféricos adotando um estilo de desenvolvimento econômico que aprofunda as desigualdades sociais e a crise ambiental. Na retomada, a TS valoriza o processo participativo e a dimensão pedagógica.

A partir deste cenário ocorre uma evolução sobre a aplicação e o entendimento das Tecnologias Sociais, sobretudo nos países periféricos, incluindo o Brasil, onde as TSs vieram a ser entendidas como:

Conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida (INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL, 2004, p. 26).

Tecnologia Social compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformações sociais (REDE DE TECNOLOGIAS SOCIAIS, 2004).

Tecnologias Sociais são todas aquelas tecnologias e metodologias que facilitam a inclusão social das pessoas, famílias e comunidades em processos de desenvolvimento sustentável local. Devem ser:

- Simples - podendo ser trabalhadas pedagogicamente e disseminadas para uma ampla compreensão e utilização das comunidades;
- Viáveis - sendo adequadas às realidades culturais, sociais, econômicas e ecológicas das comunidades locais; e
- Efetivas: eficientes energeticamente com respeito aos resultados esperados de inserções sociais, econômicas e política (TSGA, 2008).

No entendimento do Projeto TSGA, adotado no presente trabalho, as TS estão associadas à existência de políticas públicas, para as quais busca-se o empoderamento das comunidades para sua efetivação local. Este empoderamento ocorre pelo aumento da capacidade de governança local envolvendo organizações públicas e sociais.

#### 4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região de interesse deste estudo situa-se no Município de Araranguá, Bacia do Rio Araranguá, região hidrográfica 10, extremo sul catarinense. O local onde foi desenvolvido o trabalho é uma escola municipal da área rural, a Escola Rio dos Anjos, situada a poucos metros do rio principal, na mesobacia da Foz do Rio Araranguá.



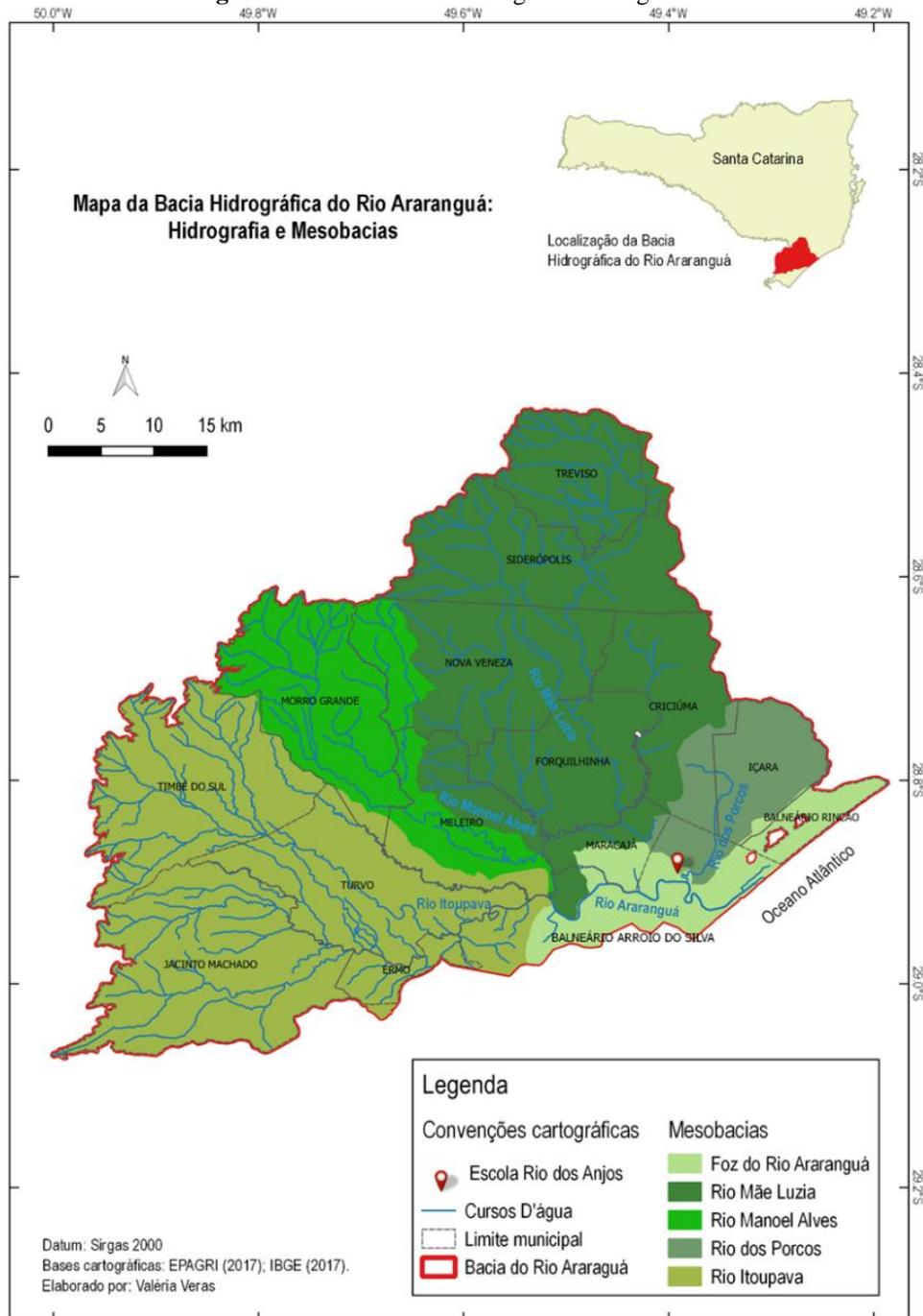
Fonte: Santa Catarina (2014).

A Bacia hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA) abrange uma área de 3.089 km<sup>2</sup> atingindo o território de 16 municípios, são eles: Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Ermo, Jacinto Machado, Maracajá, Meleiro, Morro Grande, Timbé do Sul, Turvo, Criciúma, Forquilha, Içara, Nova Veneza, Siderópolis, Treviso e Balneário Rincão.

Os principais formadores do Rio Araranguá são: Mãe Luzia, Itoupava, Amola Faca, Jundiá, Cachorrinho, Engenho Velho, Figueira, Rocinha, Manoel Alves, Sanga do Coqueiro, Turvo, Sangão, Fiorita, São Bento, Criciúma e dos Porcos.

O rio principal da bacia deságua no Oceano Atlântico e as nascentes estão localizadas na Serra Geral. O comprimento total dos cursos d'água da bacia é de 5.916 km e vazão média na foz de 116 m<sup>3</sup>/s. A vazão neste mesmo ponto, em época de seca, chega a 23,4 m<sup>3</sup>/s (com 90% de permanência).

**Figura 3:** Bacia do Rio Araranguá – Hidrografia e mesobacias



**Fonte:** Elaborado pela autora.

A BHRA situa-se em um dos pontos mais críticos do Estado de Santa Catarina em termos de qualidade e disponibilidade de água. O desenvolvimento urbano e industrial desordenado, caracterizado por atividades extremamente poluidoras como a exploração mineral, levaram a uma situação de alto nível de degradação ambiental, especialmente dos recursos hídricos gerando situações de escassez e conflitos entre os usuários.

Do ponto de vista socioeconômico, a bacia possui destaque no cenário estadual sendo a região com maior produção de arroz irrigado com cerca de 56.000 ha de lavoura irrigada. O município de Criciúma abriga o segundo maior polo cerâmico do mundo em revestimentos de alta classe, e sua região, devido à posição geográfica e ao desenvolvimento industrial e econômico, constitui um polo abastecedor do comércio, da indústria e dos serviços de toda porção sul de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2015).

Com relação à qualidade da água existem rios localizados nas regiões mais altas da bacia que se enquadram nas classes 1 e 2. Porém a maioria dos pontos monitorados mostrou que predominam na bacia águas que correspondem às classes 3 e 4, conforme classificação apresentada na resolução CONAMA nº 375/2005 (BRASIL, 2005).

O Município de Araranguá foi desmembrado de Laguna e elevado à categoria de município em 3 de abril de 1880. Localizado a uma latitude 28°56'05", sul e a uma longitude 49°29'09" oeste, encontra-se a uma altitude de 13 metros. Possui uma área de 298,42 km<sup>2</sup> e, segundo dados do IBGE, uma população estimada para 2017 de 67.110 habitantes com densidade demográfica de 202, 14 hab/km<sup>2</sup>.

Araranguá possui 77.5% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 36.2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 29.7% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Fazendo parte da 9ª região turística do Estado de Santa Catarina, Araranguá é chamada de Cidade das Avenidas pelo seu traçado urbanístico de amplas ruas e avenidas estabelecidas no século XIX pelo idealizador da planta da cidade, o engenheiro Antonio Lopes de Mesquita.

Possui uma localização privilegiada, às margens da BR 101, pois se encontra entre as capitais Florianópolis-SC e Porto Alegre - RS, a uma distância de 200 km de cada uma delas. A cidade se destaca nesta região, por seus altos índices de crescimento populacional e pelo desenvolvimento econômico que vem apresentando nos últimos anos.

A economia de Araranguá tem como principais atividades o comércio, indústria, agricultura e turismo. O comércio e a prestação de serviços públicos e privados se destaca como a principal atividade econômica do município, fazendo de Araranguá uma cidade-polo regional. O setor industrial representa uma parcela significativa na economia local, destacando-se a indústria de móveis, metalúrgica e têxtil.

A agricultura se faz presente no cultivo de arroz, milho, fumo, feijão e mandioca, sendo esta atividade uma das principais fontes de renda dos moradores das áreas rurais do município que é o maior exportar de mel do Brasil.

O turismo também constitui uma atividade econômica muito importante no município de Araranguá que recebe muitos turistas no verão, tanto brasileiros, quanto estrangeiros. O principal destino turístico da cidade é o Balneário Morro dos Conventos banhado pelo Oceano Atlântico, que recebe este nome pela presença do geomunumento em forma de falésia composto por rochas sedimentares da formação Rio do Rastro, que pode ser avistado da praia.

Outro atrativo do Balneário Morro dos Conventos é um farol de navegação instalado no topo do Morro que possui um mirante com vista privilegiada para a foz do Rio Araranguá e o oceano. Neste local, entre os meses de julho a novembro, é possível observar as baleias Franca que migram para a costa sul- brasileira nos períodos de procriação.

## **5 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO**

### **5.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA**

Dados do Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA) apontam que em todos os cenários simulados para o ano de 2010, ocorrem déficits hídricos nas sub-bacias dos rios Mãe Luzia, Manuel Alves, dos Porcos e Itoupava. Nestas sub-bacias, há áreas com conflitos quantitativos nos quais a demanda cadastrada supera a oferta de água.

Pela ocupação desordenada e aumento significativo de áreas destinadas à rizicultura observada, sobretudo na última década, verifica-se que o problema vem se agravando cada vez mais, estendendo-se à todas mesobacias (ou sub-bacias).

Neste cenário, em que necessitamos adotar soluções capazes de contribuir para preservação ambiental sem comprometer atividades econômicas, o uso de água da chuva apresenta-se como solução viável pois, além de representar uma economia significativa no consumo de água tratada, evita-se seu uso para fins menos nobres.

### **5.2 OBJETIVO**

O objetivo desta Proposta de Intervenção é implantar a Tecnologia Social de captação e aproveitamento de água da chuva - cisterna subterrânea contendo areia em 10 escolas da rede municipal de ensino de Araranguá-SC.

### **5.3 RESULTADOS ESPERADOS**

- Definição das características da água coletada e armazenada pelo sistema implantado na Escola Rio dos Anjos e dos usos adequados.
- Verificação da viabilidade técnica e econômica do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva.
- Implantação da TS para coleta e aproveitamento de água da chuva com reservatório contendo areia em 10 escolas da rede municipal em Araranguá/SC;
- Disseminação da TS de aproveitamento de água da chuva com reservatório no contexto da BHRA.

#### 5.4 AÇÕES DE INTERVENÇÃO

Para que a TS implantada na escola Rio dos Anjos seja trabalhada pedagogicamente, ou seja, possa ser ensinada, aprendida, aplicada e reaplicada por outros usuários constituindo fator de transformação social e contribuindo para a sustentabilidade ambiental é necessário que a experiência seja disseminada na BHRA.

Para tanto, propõe-se a construção de sistemas semelhantes em 10 escolas municipais através das seguintes ações:

- Definição das escolas onde serão implantadas as cisternas através de estudo da necessidade e da viabilidade técnica do local de implantação em conjunto com a Secretaria Municipal de Educação;
- Análise dos resultados do monitoramento e da avaliação de viabilidade para possíveis correções e adaptações;
- Construção do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva com reservatório subterrâneo contendo areia em conjunto com a comunidade escolar seguindo as orientações do memorial descritivo;
- Disseminação da experiência através do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá e Prefeitura Municipal de Araranguá.

#### 5.5 ATORES ENVOLVIDOS

A Tecnologia Social, por definição, envolve um processo de construção coletiva onde todos os atores que serão beneficiados pela experiência devem se envolver e definir suas responsabilidades. Sendo assim, além do resultado material do processo, colhe-se a resposta pedagógica e transformadora que qualifica os envolvidos para processos participativos e influência na tomada de decisão. A Tecnologia Social, se bem sucedida em todas suas dimensões, resulta no empoderamento das comunidades para o protagonismo em processos participativos, resultando em transformação social.

Neste sentido, os atores envolvidos são:

- A Prefeitura Municipal, com o aporte técnico e material.
- A Secretaria Municipal de Educação com a definição e articulação das escolas

- A Universidade Federal de Santa Catarina com aporte técnico, pedagógico e como articuladora do processo de construção coletiva.
- A comunidade Escolar composta por seus alunos, professores e funcionários, com aporte pedagógico e acompanhamento da execução.
- A comunidade do entorno da Escola, com acompanhamento e contribuição na execução.

## 5.6 RECURSOS NECESSÁRIOS

Os materiais necessários para a execução dos serviços são:

- Pré-Filtro - recipiente plástico, com volume de 220 litros.
- Peneira ou tela plástica para reter material grosseiro (folhas e outros).
- Tubulação para dreno, com diâmetro de 65 mm.
- Reservatório de distribuição com volume de 1.000 litros.
- Areia de rio com granulometria média (aproximadamente 2,0 mm) para proteção do fundo e preenchimento do Reservatório de Água Enterrado Cheio de Areia (RAECA).
- Geotêxtil para proteção da geomembrana do RAECA com espessura mínima de 300 g/m<sup>2</sup>.
- Geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) de qualidade agrícola ou para edifícios e obras públicas. Utilizar membrana UV tratada e de cor preta com espessura mínima de 0,25 mm e espessura máxima: 0,50 mm.
- Tubos em PVC para entrada, com diâmetro de 100 mm;
- Tubo em PVC para distribuição, perfurado com diâmetro de 100 mm;
- Tubo em PVC para o dreno, perfurado com diâmetro de 100 mm;
- Tubos em PVC para saída, com diâmetro de 100 mm;
- Tubos em PVC para aeração, perfurados com diâmetro de 100 mm;
- Cotovelos de PVC com diâmetro de 100 mm;
- Conexões diversas (joelho, tê);
- Adesivo plástico para tubos / conexões;
- bomba elétrica de 1 CV de potência;
- Sensores;
- Brita.

## 5.7 ORÇAMENTO

O orçamento apresentado é uma estimativa baseada nos custos da implantação do sistema na Escola Rio dos Anjos em Araranguá. e poderão variar de acordo com as particularidades de cada sistema., principalmente em relação às quantidades de tubos e conexões. Entretanto, considera-se que tais alterações não serão significativas no cálculo do valor total.

**Quadro 3:** Orçamento

ITEM	PREÇO
216,25 m <sup>2</sup> Geomembrana	R\$ 2.724,75
170,00 m <sup>2</sup> Geotêxtil	R\$ 901,00
Mão de obra para instalação das membranas	R\$ 950,000
Bomba 1CV	R\$ 1040,00
37, 5 m Calhas	R\$ 600,00
Tubos e conexões	R\$ 772,00
Sensores	R\$ 200,00
Recipiente pré-filtro	R\$ 145,00
Peneira	R\$ 15,00
Brita	R\$ 20,00
Caixa de água 1500 l	R\$ 400,00
Mão de Obra	R\$ 1.200,00
63,75 m <sup>3</sup> Escavações (retroescavadeira)	R\$ 800,00
65 m <sup>3</sup> de areia média	R\$ 1820,00
Transporte areia	R\$ 100,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$11.687,00</b>

**Fonte:** Elaborado pela autora.

## 5.8 VIABILIDADE

### 5.8.1 Viabilidade Técnica

A viabilidade técnica do projeto é definida com base nos resultados do monitoramento da qualidade da água e de análise da funcionalidade geral do sistema.

#### 5.8.1.1 Avaliação da qualidade da água

A qualidade da água foi avaliada com base nos resultados das análises realizadas com água coletada na entrada e saída do sistema e do piloto. Por limitações de ordem técnica, nas 1ª e 2ª coletas, não foi coletada água na entrada do sistema na escola.

A utilização da água armazenada no reservatório da Escola Rio dos Anjos, atualmente é irrigação de hortaliças e lavagem de veículos e calçadas. Entretanto é oportuno comparar os parâmetros analisados com os padrões preconizados na Portaria 2.914/2011/MS (BRASIL, 2011) que são mais restritivos, na falta de norma específica. Os valores máximos permitidos para os parâmetros analisados e os resultados das análises são apresentados a seguir:

**Quadro 4:** VMPs para os parâmetros verificados segundo a Portaria 2.914/2011

Parâmetro (Unidade)	VMP
pH	6,0 - 9,5
Cor Aparente (uH)	15
Turbidez (uT)	5,0
Temperatura (°C)	x
Condutividade Elétrica (µS/cm)	x
Coliformes Totais (Número Mais Provável (NMP)/100mL)	ausência
E. coli (NMP / 100mL)	ausência

VPM – Valor Máximo Permitido/ x- Valores não definidos pela norma

**Fonte:** Adaptado de Brasil (2011)

**Quadro 5:** Resultados das análises escola e piloto – coleta 1

<b>1ª Coleta: 21/08/2017</b>				
Parâmetro (Unidade)	Entrada Escola	Saída Escola	Entrada Piloto	Saída Piloto
pH	-	6,84	7,15	6,83
Cor Aparente (uH)	-	19	8	141
Turbidez (uT)	-	1,86	0,824	16,6
Temperatura (°C)	-	19,8	18,3	20,1
Condutividade Elétrica (µS/cm)	-	143,2	30,3	292,0
Coliformes Totais (Número Mais Provável (NMP)/100mL)	-	1203,3	344,0	3,0
E. coli (NMP / 100mL)	-	ausência	ausência	ausência

**Fonte:** Elaborado pela autora

**Quadro 6:** Resultado das análises escola e piloto -coleta 2

<b>2ª Coleta: 11/09/2017</b>				
Parâmetro (Unidade)	Entrada Escola	Saída Escola	Entrada Piloto	Saída Piloto
pH	-	6,96	7,52	6,44
Cor Aparente (uH)	-	25	8	50
Turbidez (uT)	-	2,54	0,628	5,79
Temperatura (°C)	-	25,2	24,3	24,7
Condutividade Elétrica (µS/cm)	-	342	327,0	380,0
Coliformes Totais (Número Mais Provável - (NMP)/100mL)	-	>2419,2	26,3	ausência
E. coli (NMP/100mL)	-	ausência	ausência	ausência

**Fonte:** Elaborado pela autora

**Quadro 7:** Resultados das análises escola e piloto - coleta 3

<b>3ª Coleta: 20/11/2017</b>				
Parâmetro(Unidade)	Entrada Escola	Saída Escola	Entrada Piloto	Saída Piloto
pH	7,71	7,27	7,95	6,75
Cor Aparente (uH)	55	28	8	32
Turbidez (uT)	3,4	3,72	1,19	4,60
Temperatura (°C)	25,6	24,8	25,1	24,6
Condutividade Elétrica (µS/cm)	-	-	-	-
Coliformes Totais (Número Mais Provável (NMP)/100mL)	>2419,2	28,6	>2419,2	ausência
E. coli (NMP/100mL)	1553,1	10,6	34,5	ausência

**Fonte:** Elaborado pela autora

**Quadro 8:** Resultados das análises escola e piloto - coleta 4

<b>4ª Coleta: 11/12/2017</b>				
Parâmetro(Unidade)	Entrada Escola	Saída Escola	Entrada Piloto	Saída Piloto
pH	7,50	7,55	7,14	6,63
Cor Aparente (uH)	59	31	18	29
Turbidez (uT)	1,71	2,66	0,461	2,29
Temperatura (°C)	23,0	23,6	27,3	24,1
Condutividade Elétrica (µS/cm)	124,8	156,6	41,8	288,0
Coliformes Totais (Número Mais Provável (NMP)/100mL)	>2419,2	40,8	>2419,2	ausência
E. coli (NMP/100mL)	1720,1	11,5	38,7	ausência

**Fonte:** Elaborado pela autora

Segundo Tomaz (2003), a composição da água da chuva varia de acordo com a localização onde se realiza a amostragem, as condições meteorológicas, a existência ou não de vegetação e carga poluidora. Com relação ao pH, a água da chuva tende a ser levemente ácida, com valores variando em torno de 5 e ,6, devido à interação com o CO<sub>2</sub> atmosférico, podendo chegar a valores mais baixos em locais muito poluídos. A passagem pela superfície de captação entrando em contato com elementos presentes no telhado e calhas como limo, bactérias e materiais das telhas e calhas, faz com que o pH se eleve.

Segundo estudo apresentado por May (2004) a média do pH da água da chuva antes do contato com a superfície de captação é de 4,9, atingindo chegando a um pH de 7,6 após a passagem pelo telhado da edificação. Nesta avaliação não foi coletada água antes de passar no telhado. As análises da água coletada antes e depois de passar pelo sistema de aproveitamento da água da chuva apresentaram valores de PH variando entre 6,44 e 7,95, faixa que se encontra dentro do limite (6,0 – 9,5) preconizado pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). É importante que o pH não apresente valores extremos para evitar

danos aos equipamentos pois águas muito ácidas são corrosivas e as águas muito alcalinas são incrustantes, podendo causar problemas ao longo do tempo. Se em algum momento a água for destinada a algum uso mais exigente necessitando passar por desinfecção por cloro, este é um processo de tratamento da água que depende do pH para que seja eficiente.

A cor aparente, turbidez e condutividade elétrica são parâmetros que possuem relação direta entre si, pois dependem da presença de substâncias dissolvidas e em suspensão na água. Os resultados obtidos, em geral, revelam esta relação. Ocorreu tanto no piloto como na cisterna aumento nos valores destes parâmetros na água coletada na saída em relação a água de entrada. Isto se deve, provavelmente, ao contato da água com matéria orgânica e minerais presentes na areia. No piloto, os valores apresentam incrementos maiores devidos, provavelmente, à diferença entre a extensão das camadas filtrantes (piloto com tamanho reduzido).

Na terceira e quarta coletas houve redução da cor da água de saída em relação à entrada, quando se esperava elevação, seguindo a mesma tendência da turbidez e condutividade elétrica. Este fato poderá ser melhor analisado com a continuidade do monitoramento.

Os valores do parâmetro cor extrapolaram o VMP de 15 uH preconizados pelas normativas (Portaria nº 2.914/2011 e NBR 15527/2007) na água de entrada na cisterna da escola nas coletas 3 e 4; na água de saída da cisterna da escola, em todas coletas; na água de entrada no piloto, na coleta 4 e na saída do pilotos em todas coletas.

Os valores de turbidez extrapolaram o VPM de 5,0 uT preconizado nas normas observadas na água de saída do piloto das coletas 1 e 2.

Devido a estes fatores é necessário um acompanhamento por tempo mais prolongado dos sistemas (piloto e cisterna), pois a tendência é que, com o passar do tempo, a remoção destas impurezas com a filtração resulte em melhora nos padrões de cor e turbidez da água de saída.

Ao introduzir a avaliação dos resultados referentes às análises microbiológicas, cabe salientar que a água não sofreu tratamento com cloro ou qualquer outro desinfetante.

Valores altos, muitas vezes acima dos limites de detecção nos coliformes totais e E. coli da entrada dos sistemas (piloto e cisterna) são devidos à contaminação da água da chuva ao passar pelo telhado e calhas. A presença de limo, folhas, fezes de animais presentes nestas superfícies resultam no carreamento de matéria orgânica para a água.

Apesar da redução significativa nos índices de coliformes totais e *E. coli* nas análises da água coletada na saída da cisterna da escola em relação à entrada, as análises referentes às coletas 3 e 4 (*E. coli*) apresentam valores acima do VPM preconizado pelas normas consultadas que é ausência (0,0) como o número mais provável (NMP)/100mL. Este fator deve ser monitorado por tempo mais prolongado, pois com a maturidade biológica do sistema, a tendência é o desenvolvimento de um biofilme entre os grãos de areia da cisterna que irá desempenhar papel mais efetivo na remoção de indicadores microbiológicos e agentes patogênicos associados.

No caso do sistema piloto, as análises indicam que houve remoção total dos indicadores microbiológicos com a passagem da água pelo sistema, fator que deve estar relacionado ao alcance da maturidade biológica com formação de biofilme.

#### 5.8.1.2 Funcionalidade do Sistema

A simplicidade na operação e manutenção é uma característica essencial da TS para que possa ser trabalhada pedagogicamente e disseminada para uma ampla compreensão e utilização das comunidades. Com esta perspectiva, foi realizada inspeção no sistema implantado na Escola Rio dos Anjos. Constatou-se que, de modo geral, o sistema é de fácil operação que consiste basicamente em ligar a bomba, caso não exista sensor instalado, sempre que o reservatório de distribuição estiver com o nível de água baixo. A manutenção é feita com a limpeza da tela do pré-filtro a cada chuva e a regularização da areia da quadra de vôlei sempre que necessário. A manutenção da bomba é semestral e deve ser feita por técnico especializado. Isto pode ser um fator limitante, pois requer recursos e depende da existência de profissional habilitado na região.

A professora Edilene Figueiredo Valeriano, diretora da escola e responsável pela operação do sistema relata que desde a implantação do sistema, em março de 2015 encontrou poucas dificuldades para realizar a tarefa. Os problemas encontrados estão relacionados com a bomba de recalque que apresentou falhas no funcionamento entre os períodos de manutenção e necessitou de assistência técnica especializada.

Com relação ao trabalho pedagógico na escola e a compreensão do sistema pelos alunos e comunidade foi realizado pela equipe técnica do projeto TSGA e professores um trabalho de Educação Ambiental e capacitação com elaboração de cartilha e realização de atividades pedagógicas na escola. Os resultados demonstram que houve uma boa assimilação

da experiência pelos alunos e comunidade escolar que podem ser constatados através de reportagens realizadas por mídias locais e regionais, como a matéria veiculada no jornal “A Tribuna” intitulada “Dia Mundial da Água - Escola mostra na prática a necessidade de economizar”, veiculada no dia 22/03/2015, da qual destacamos alguns trechos e uma imagem, apresentada na ilustração 6.

**Ilustração 6:** Atividade pedagógica - pré-filtro



Fonte: Jornal A Tribuna

Discutindo o assunto (da cisterna), muitos colegas se questionavam sobre uma possível implantação em suas casas e explicavam orgulhosos sobre a forma como cada um faz a economia de água com sua família.

Para Miguel, a cisterna é importante "[...] acho que, agora que já a temos, poderemos levá-la para outras escolas da região, pois, aqui no Sul, ainda não temos problemas com racionamento, mas podemos colaborar com o meio ambiente e evitar que, no futuro, falte água aqui também", comenta.

### **5.8.2 Viabilidade Econômica**

A viabilidade econômica é determinada a partir do estudo dos custos de implantação do projeto em relação à economia gerada pelo montante de água tratada que deixa de ser consumido através de fornecimento do Serviço Municipal de Água e Esgoto, o SAMAE/Araranguá.

Para um reservatório com capacidade mensal de armazenamento de 20 m<sup>3</sup>, estima-se que o sistema irá fornecer 9.600 m<sup>3</sup> de água durante seus 40 anos de vida útil.

Segundo o SAMAE Araranguá, o valor  $m^3$  de água cobrado foi determinado pelo Decreto nº 6460/2014, sendo de R\$ 7,40 / $m^3$  para a categoria C de consumidor (Poder Público) utilizando entre 10 a 20  $m^3$  de água mês (ARARANGUÁ, 2014). Considerando este valor, nos 40 anos de vida útil o sistema de captação e armazenamento de água da chuva representaria uma economia de R\$ 71040,00. O custo de R\$ 11.687,00 orçado para implantação do sistema é amortizado em aproximadamente 6 anos e meio.

## 5.9 RISCOS E DIFICULDADES

As principais dificuldades para a construção do sistema proposto são inerentes à metodologia participativa adotada. O processo de construção coletiva exige mobilização social e comprometimento de todos atores envolvidos, condição difícil de ser trabalhada e indispensável para que a iniciativa tenha sucesso.

Não apenas a comunidade, mas o poder público, instituições da sociedade civil e técnicos devem estar engajados no processo para garantir o alcance dos objetivos.

A experiência do Projeto TSGA na implementação de Tecnologias Sociais demonstra que, apesar das dificuldades apontadas acima, os resultados alcançados vão além dos benefícios diretos da implementação do sistema, pois as decisões coletivas, o envolvimento e articulação de diversos atores, a autonomia, a troca de saberes e experiências que ocorre durante o processo de construção tem como resultado, muitas vezes, o empoderamento e a inclusão social.

## 5.10 CRONOGRAMA

Abaixo estão apresentadas as etapas de desenvolvimento do trabalho, que dão forma ao cronograma de execução da proposta de intervenção.

**Quadro 9:** Cronograma

Etapa do Projeto	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
Monitoramento da qualidade da água do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva da Escola Rio dos Anjos e piloto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Avaliação da viabilidade técnica e econômica do sistema						X	X					
Definição de possíveis correções e adaptações no sistema						X	X					
Elaboração de memorial descritivo do sistema							X	X				
Definição das escolas onde serão implantados os novos sistemas									X			
Mobilização e identificação dos atores sociais participantes									X	X		
Execução da obra										X	X	
Disseminação da experiência através do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá e Prefeitura											X	
Monitoramento e acompanhamento											X	X

**Fonte:** Elaborado pela autora.

## 5.11 GESTÃO, ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO

O sistema de captação e aproveitamento de água da chuva a ser implantado nas escolas é de simples operação que pode ser realizada por qualquer pessoa uma vez que não exige conhecimento técnico especializado. Em cada escola deve ser indicado um responsável para a realização dessa tarefa. Consiste em ligar a bomba periodicamente para levar a água armazenada no reservatório de areia até o reservatório elevado de distribuição. Caso sensores de nível sejam instalados, esta operação não é necessária.

O operador também deve realizar a limpeza periódica da peneira do pré-filtro a cada chuva e acompanhar a manutenção periódica da bomba requisitando revisão especializada de acordo com as recomendações do fabricante.

Conforme o uso que se dará a água, recomenda-se avaliação periódica da qualidade para verificar se os padrões estão adequados.

Dado o caráter pedagógico da Tecnologia Social, é de fundamental importância que os sistemas implantados nas escolas sirvam como vetores de disseminação das ideias trabalhadas, desenvolvendo consciência sobre os valores éticos e sociais que envolvem a gestão sustentável da água. A experiência deve ir para além das escolas buscando o apoio do comitê de bacia para disseminar o conhecimento através de palestras, ações de comunicação e Educação Ambiental.

Metodologias apropriadas para avaliação de tecnologias sociais vêm sendo desenvolvidas para permitir vislumbrar a dimensão do alcance multidimensional que a experiência de implantação de uma TS promove em uma comunidade ou região.

Para o projeto TSGA, foram desenvolvidas duas pesquisas propondo a utilização de indicadores para avaliar Tecnologias Sociais implantadas.

A primeira foi realizada com o objetivo de desenvolver uma proposta de avaliação a partir do acompanhamento do processo de governança da água associado à implantação de tecnologias sociais no município de Urubici, SC (Talamini, 2009). A pesquisa mais recente propõe a utilização de uma matriz de indicadores para avaliar sistemas de captação de água da chuva em unidades de usos múltiplos numa perspectiva agroecológica. Segundo a pesquisadora, para que se possa fazer essa avaliação é necessária uma abordagem interdisciplinar para que os aspectos tecnológicos, ambientais, sociais e econômicos, desta Tecnologia Social, possam ser contemplados (Machado, 2016).

O processo de acompanhamento e avaliação das experiências de implantação das TS nas escolas municipais deve ser realizado com a utilização de indicadores, definidos em conjunto com as comunidades, que sejam representativos destes contextos e reflitam sua complexidade multidimensional, através da utilização de metodologias apropriadas.

## 6 MEMORIAL DESCRITIVO

### 6.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO

O presente memorial descritivo foi elaborado para oferecer todas as informações e orientações necessárias para executar serviços relativos à implantação de sistemas para captação e aproveitamento de água da chuva com cisterna subterrânea contendo areia (a ser utilizado como quadra de vôlei) em dez escolas da rede de ensino municipal em Araranguá/SC.

### 6.2 COLETA DE ÁGUA

A água é coletada por meio de calhas acopladas ao telhado de uma edificação. As calhas, em sua maioria, são feitas de alumínio ou em aço galvanizado e existem empresas especializadas ou metalúrgicas que fazem o serviço de montagem e instalação. Com calhas instaladas, a água pode ser direcionada, por meio de uma tubulação, até o pré-filtro, e posteriormente, do pré-filtro até a cisterna.

O volume a ser coletado deverá ser definido a partir dos usos que serão destinados à água coletada e da área de telhado disponível para coleta. O cálculo do volume de água de chuva aproveitável ( $V$ ) em metros cúbicos ( $m^3$ ) depende da precipitação média mensal do local ( $P$ ) em milímetros ( $mm$ ), da área de captação do telhado ( $A$ ) na projeção horizontal, dada em metros quadrados ( $m^2$ ), do coeficiente de escoamento superficial do telhado ( $C$ ), e do coeficiente de perdas ( $\eta$ ), caso haja descarte da primeira água da chuva, que possui valor entre 0,8 e 1,0 sendo que o valor de 1,0 corresponde a nenhuma perda:

$$V_{coletado} = \frac{P \cdot A \cdot C \cdot \eta}{1000}$$

O coeficiente de escoamento superficial ( $C$ ) também é chamado de coeficiente de *runoff* e expressa a relação entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada. A perda de água de chuva que será considerada é devida à limpeza do telhado e perda por evaporação, entre outras.

Os valores de  $C$  dependem do material utilizado para a construção do telhado, conforme apresentado abaixo:

**Quadro 10:** Coeficiente de runoff médios

MATERIAL	Coeficiente de RUNOFF
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz, 2003

### 6.3 RESERVATÓRIO DE ÁGUA ENTERRADO CONTENDO AREIA (RAECA)

O tipo de reservatório utilizado foi desenvolvido na França onde foi batizado de Reservatório de Água Enterrado Cheio de Areia (RAECA), ou *Réservoir d'Eau Enterré Plein de Sable* ( REEPS ), em francês.

O RAECA é um compartimento fechado, abastecido com água coletada de um telhado próximo através de calhas, que passa antes de alimentar o reservatório, por pré-filtro para reter a sujeira grosseira que vêm dos telhados.

O RAECA faz a função de cisterna, que terá sua área dimensionada com base no volume de água a ser coletado e no período em que se pretende armazená-la. Se a região apresentar períodos de estiagem prolongada, aconselha-se prever o armazenamento de uma quantidade maior de água no período de chuvas para que não ocorra falta de água no período seco. Entretanto, se o local apresentar uma distribuição de chuvas mais uniforme durante o ano, o volume armazenado pode ser menor.

A obtenção do volume a ser armazenado será o produto do volume coletado menos o volume utilizado mensalmente pelo tempo (em meses) que se pretende deixar a água armazenada.

$$V_{armazenado} = (V_{coletado} - V_{utilizado}) * t_{armzenamento}$$

$$V_{armazenado} = (V_{coletado} - V_{utilizado}) * t_{armzenamento}$$

Para a implantação da cisterna, a área escavada deverá ter seus taludes revestidos com manta geotêxtil e geomembrana, de modo que fiquem impermeáveis e protegidos. Antes de fazer a colocação, devem-se retirar pedras, raízes e outros que possam vir a perfurar a manta. Todo o espaço interno deve ser preenchido por areia, sendo que a água armazenada

ocupará os vazios entre os grãos. Segundo testes feitos em planta piloto, para areia utilizada de granulometria média e previamente lavada, a proporção de preenchimento do volume total será de 60-65% de areia e 35-40% de água. Para maior precisão, deve ser feito teste com a areia a ser utilizada em cada reservatório.

O volume total da cisterna, para armazenar o volume de água necessário, terá de ser tal que o volume de água armazenada represente 35-40% do volume da cisterna, calculado pela equação:

$$V_{cisterna} = \frac{V_{armazenado}}{0,35 - 0,40}$$

A alimentação de água do reservatório deve ser feita ao lado oposto da coleta para distribuição, para que a percolação, e em consequência a filtração, seja o mais eficiente possível. Uma camada de microrganismos formará uma espécie de biofilme na superfície dos grãos de areia que e auxiliarão na filtração e na eliminação de microrganismos patogênicos. Ao chegar ao ponto de distribuição, a água terá sofrido tratamento (filtração) de modo que, apenas com uma simples desinfecção, poderá ser considerada própria para consumo humano. Esta condição deverá ser verificada com análises de água em cada sistema implantado.

#### 6.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA CONTENDO AREIA (RAECA)

O dimensionamento do RAECA é feito com base na área de captação, usos da água a ser armazenada e índices pluviométricos do local de implantação do sistema.

Com os dados colhidos da estação de Araranguá, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foi possível fazer uma média do nível mensal de precipitações de 2009 a 2013, conforme apresentado no Quadro 11.

Para estabelecer um valor representativo da precipitação mensal do Município de Araranguá, com base nos dados disponíveis, calculou-se a diferença entre os maiores valores e a média para cada ano, e depois a média dessas diferenças. Com isso chegou-se a um valor de 193 mm. Considerando que ocorrem níveis de precipitação maiores que a média, acrescentou-se 20% ao valor calculado, resultando em um valor final de 230 mm.

**Quadro 11:** Precipitação mensal em Araranguá

Mês	PRECIPITAÇÃO (mm) Mensal				
	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Janeiro</b>	97	181	233	188	18
<b>Fevereiro</b>	81	140	194	31	122
<b>Março</b>	99	340	153	7	181
<b>Abril</b>	90	152	97	37	49
<b>Mai</b>	62	297	74	76	90
<b>Junho</b>	51	77	127	61	68
<b>Julho</b>	110	142	125	117	73
<b>Agosto</b>	188	32	222	48	364
<b>Setembro</b>	434	88	122	127	167
<b>Outubro</b>	73	72	14	145	60
<b>Novembro</b>	177	242	39	35	36
<b>Dezembro</b>	81	39	229	19	87

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2014).

Sendo assim, o volume coletado para o sistema da Escola Rio dos Anjos de Araranguá/SC foi definido adotando-se:

Precipitação média anual (P) = 230,0 mm

Área de captação (A) = 120,00 m<sup>2</sup>

Coefficiente de escoamento (C) = 0,8 (telha cerâmica)

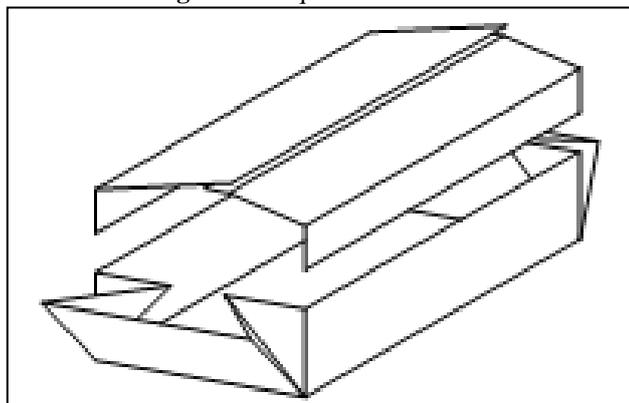
Coefficiente de perda ( $\eta$ ) = 0,9

$$V_{coletado} = \frac{P \cdot A \cdot C \cdot \eta}{1000}$$

$$V_{coletado} = \frac{230 \cdot 120 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{1000} \cong 20 \text{ m}^3$$

Para cálculo do volume total do reservatório multiplica-se o volume coletado por um fator igual a 3 ou 4, dependendo da granulometria da areia a ser utilizada no seu preenchimento.

Ainda deve-se considerar o acréscimo de 50 cm de aterro da parte superior do RAECA que deve ser isolado com geomembrana para proteger a área de armazenamento.

**Figura 4:** Esquema do RAECA

Fonte: Projeto TSGA

#### 6.4.1 Sequência de Execução do RAECA

A sequência de passos apresentada a seguir baseia-se na experiência de implantação do sistema na Escola Rio dos Anjos, Araranguá. A planta e corte correspondentes constam no ANEXO A.

Antes de iniciar as escavações para construção do RAECA, é recomendado escavar previamente os quatro cantos da área do reservatório para verificar a presença de cabos de redes elétricas, rochas ou lençol freático. Após a verificação, instalam-se estacas com fios de nylon delimitando a área da obra como se faz na construção de uma edificação residencial, por exemplo.

As escavações devem ser feitas de modo a criar um declive no fundo do reservatório com inclinação de 1 até 3 % para que após, seja instalada a drenagem na mais parte baixa.

Com o auxílio de máquina retroescavadeira retirar o material (terra) da área do reservatório e depositar em local adequado (Ilustração 7).

As paredes da área escavada devem ser regularizadas e retirado todo material que possa perfurar as membranas como galhos, pedras e raízes (Ilustração 8).

Cobrir o fundo e as paredes com geotêxtil de proteção (Ilustração 9).

Desenrolar e dobrar a geomembrana na largura de 50 cm para facilitar a instalação (Ilustração 10).

Cobrir o fundo do reservatório que se encontra revestido pelo geotêxtil, com a geomembrana (Ilustração 11).

Revestir o tubo de drenagem com geotêxtil (Ilustração 12).

Colocar o tubo de drenagem revestido com geotêxtil na parte baixa do reservatório e conectar ao tubo vertical que serve como poço de inspeção e sucção da bomba. (Ilustração 13).

Preencher com brita a área de entorno do tubo de drenagem (Ilustração 14).

Encher cuidadosamente o reservatório com areia do meio para as extremidades (Ilustração 15).

Instalar a tubulação de entrada da água vinda do pré-filtro de modo a ocupar toda a extensão do lado oposto ao dreno de captação de água para aumentar a percolação. (Ilustrações 16 e 17)

Fechar a parte superior da cisterna com a geomembrana. (Ilustração 18)

Cobrir os 50 cm restantes com terra ou areia de modo a nivelar o terreno (Ilustração 19).

**Ilustração 7:** Escavação da área do reservatório



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 8:** Regularização das paredes da escavação



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 9:** Recobrimento do fundo com geotêxtil



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 10:** Geomembrana dobrada



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 11:** Recobrimento com geomembrana



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 12:** Tubo de drenagem revestido com geotêxtil



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 13:** Tubo de drenagem conectado



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 14:** Tubo de drenagem envolvido por brita



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 15:** Preenchimento do RAECA com areia



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 16:** Pré-filtro e condutor da água para a cisterna



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 17:** Tubulação de distribuição da água de entrada instalada



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 18:** Fechamento superior com geomembrana



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 19:** Colocação da última camada de areia

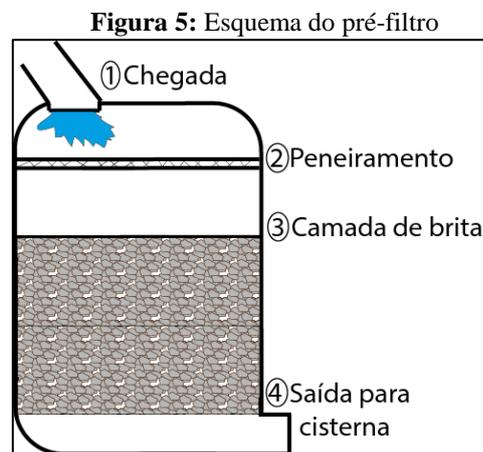


**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

## 6.5 PRÉ-FILTRO

Folhas, galhos, penas, defecação animal e outros materiais podem estar presentes no telhado e/ou calhas e serem transportados com a água da chuva. O pré-filtro tem a finalidade de reter este material grosseiro e evitar o entupimento das canalizações e comaltação da areia da cisterna.

Este filtro pode ser confeccionado utilizando-se um barril de plástico preenchido por brita de diferentes granulometrias sendo depositadas as maiores no fundo e as menores na parte superior. Uma tela ou peneira plástica deve ser colocada sobre a brita, devendo ser retirada e limpa a cada chuva.



Fonte: TSGA (2015).

**Ilustração 20:** Pré-filtro com brita



Fonte: Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 21:** Pré-filtro coberto com tela plástica



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

**Ilustração 22:** Vista geral – pré-filtro e calhas coletoras



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

## 6.6 CONSTRUÇÃO DO CAMPO DE VÔLEI

Para ter uma ideia das dimensões da quadra a ser construída, considerou-se o padrão adotado pela Federação Internacional de Voleibol (FIVB) para o campo de vôlei de praia. O padrão estabelecido é uma área retangular, medindo 16 metros de comprimento por 8 metros de largura circundada por uma borda livre de 3 m de largura. O campo é atravessado por uma rede central paralela que o divide em duas partes. As linhas externas de delimitação da quadra têm dimensões que variam entre cinco e oito centímetros de largura feitas com faixas coloridas de material flexível, não sendo necessário delimitar a linha central. O aterro deve ser constituído com areia nivelada, de forma mais lisa e uniforme possível, livre de pedras, ou qualquer outro material que possa representar riscos ou lesões aos jogadores.

Devido ao espaço reduzido disponível na escola e a utilização da quadra por público infantil, para fins recreativos, o campo de vôlei da Escola Rio dos Anjos foi construído no tamanho de 7,5m x 13m. Para que o RAECA fique bem protegido é necessário que a espessura da camada de areia que compõe o campo de vôlei seja de, no mínimo, 40 cm.

A rede é feita de material sintético, medindo 8,50 m (+/- 3cm) de comprimento, instalada a uma altura de 2,43 metros para homens ou 2,24 metros para mulheres. No caso de competições juvenis, infanto-juvenis e mirins, as alturas são diferentes: 2 metros até 12 anos, 2,12 até 14 anos e 2,24 até 16 anos.

Para evitar que a areia que compõe a quadra se misture com a areia do RAECA instala-se uma manta geotêxtil entre as camadas. Conforme a situação, é necessário providenciar algum sistema de drenagem de água da chuva para manter o campo seco.

No caso da Escola Rio dos Anjos, o terreno no entorno do campo é mais baixo que o campo de voleibol tornando a drenagem desnecessária.

Para manutenção da quadra é recomendável a adoção de algum sistema mecânico ou manual que revolva e possa aplainar a areia após a chuva.

Se o campo for permanente, as traves que mantêm a rede podem ser de pinho tratado, aço galvanizado ou outros materiais, enterrados a 1,20 metros. Caso as redes e as traves não sejam permanentes, há traves removíveis cujos suportes podem ser enterrados em uma média de 35 centímetros no solo.

**Ilustração 23:** Campo de vôlei da Escola Rio dos Anjos, Araranguá/SC



**Fonte:** Acervo Projeto TSGA

## 6.7 BOMBEAMENTO E RESERVATÓRIO DE CONSUMO

Para que a água armazenada na cisterna possa ser distribuída por gravidade aos pontos de consumo, é necessária a utilização de uma bomba que fará o recalque até um reservatório elevado.

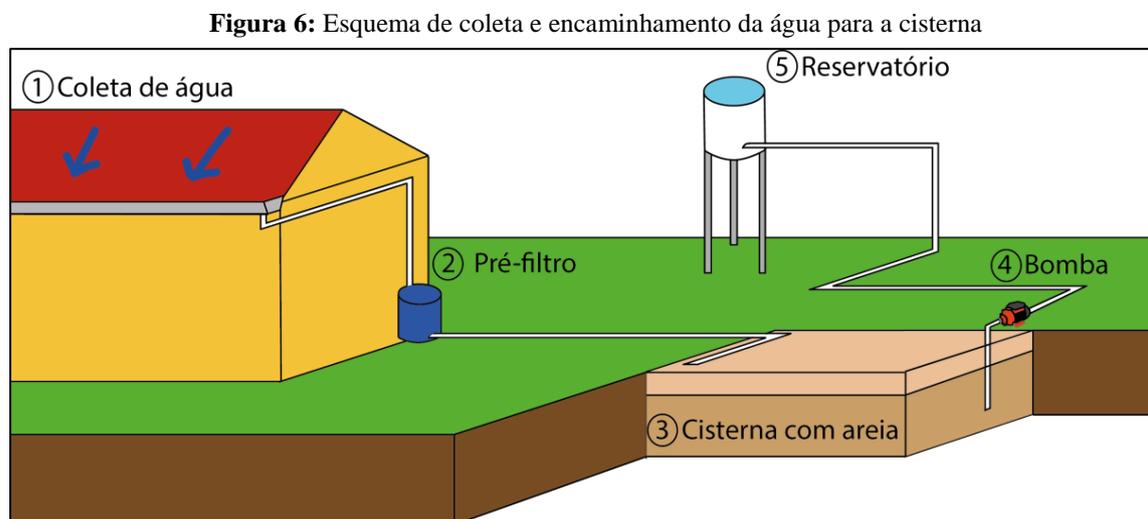
Para melhor funcionamento do sistema, deve-se instalar uma tubulação de drenagem, que levará a água da cisterna para um poço de sucção/inspeção. Essa tubulação deve ser instalada em um leito de brita com média granulometria para facilitar a passagem de água para o poço de sucção, evitando que a bomba trabalhe a seco, o que pode ocasionar danos. O poço de inspeção também é útil para a observação do nível de água na cisterna ou a automatização do sistema, com auxílio de sensores de nível.

A bomba deverá ter diâmetro exterior menor que 90 mm para que possa ser inserida nos tubos de PVC do RAECA. Uma bomba submersa elétrica ou solar é recomendada e deverá ter capacidade de captar a água em 2 m de profundidade e elevar a água em até 15 m de altura, assegurando uma pressão mínima de 1 bar necessária para o bom funcionamento do sistema.

A partir do reservatório elevado, a água é encaminhada por meio de tubulações e/ou mangueiras até o local onde será utilizada. Caso a água seja destinada para consumo humano, é necessária a realização de análise para verificar se a mesma se encontra dentro dos padrões preconizados pelas normas aplicáveis. De qualquer forma, a aplicação de cloro ou a utilização de outro produto ou processo de desinfecção é obrigatória antes da distribuição.

## 6.8 ESQUEMA DO FUNCIONAMENTO

A água é coletada por meio de calhas acopladas aos telhados da edificação onde é realizada a coleta (1), e em seguida, é canalizada, passando por um pré-filtro (2) para a cisterna de areia onde será armazenada (3). Ao passar pelo reservatório, que se encontra cheio de areia, a água é filtrada e direcionada com a utilização de uma bomba de recalque (4) para um reservatório de consumo elevado de onde se fará a distribuição (5).



Fonte: TSGA (2015).

## 6.9 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ADOÇÃO DO SISTEMA

### 6.9.1 Vantagens

O reservatório enterrado apresenta a vantagem estar protegido de intempéries que poderiam danificá-lo como granizo, chuvas e ventos muito intensos.

O tipo de reservatório fechado e enterrado também traz a vantagem de evitar vandalismo e contaminação (se o pré-filtro estiver bem protegido). O fato de a água estar armazenada entre os grãos de areia a protege contra a ação de vetores como ratos, mosquitos e baratas.

Apesar do volume necessário a ser ocupado pelo reservatório representar de três a quatro vezes a quantidade de água estocada, o custo geral do RAECA, pela simplicidade das instalações e baixo custo dos materiais, ainda é menor que o de outros tipos de reservatório. Além disto, a manutenção regular não tem custos sendo de fácil execução, pois consiste basicamente, em limpar a peneira ou tela do pré-filtro.

Outra questão importante é a durabilidade do sistema. Fabricantes de tubos de PVC garantem que o material pode resistir por mais que 70 anos. Quanto à geomembrana e geotêxtil, a durabilidade depende do material e espessura utilizados, mas em geral os fabricantes oferecem garantia por 20 anos e durabilidade superior a 40 anos.

A água armazenada em reservatórios abertos sofre a ação dos raios solares com perdas por evaporação que podem chegar a dois centímetros por dia no verão. O RAECA fechado vai manter a água como em um aquífero confinado. Um mínimo de perda poderá ocorrer através do tubo de aeração. Em testes realizados, concluiu-se que a redução da perda de água por evaporação é maior que 98% em relação a reservatórios abertos.

Outro diferencial importante se refere às melhorias que o sistema pode oferecer na qualidade da água. Como já citado, a água da chuva coletada desce um trajeto através da areia contida no reservatório. Desta maneira, ocorre a filtração da mesma forma que o processo ocorrido em um filtro clássico de areia. Além disto, o biofilme formado na superfície dos grãos auxilia na eliminação de organismos patogênicos. Estas características propiciam que a água possa ser armazenada no RAECA por meses ou até anos sem prejuízos à qualidade.

Por fim, uma última vantagem que cabe destacar é a questão do reservatório enterrado. Este tipo de reservatório traz a vantagem de liberar a área pra outras finalidades, uma vez que sua superfície pode ser aproveitada e não apresenta incômodos estéticos pois sua presença não é percebida.

### **6.9.2 Desvantagens**

Como este reservatório irá conter cerca de 65% do volume total ocupado por areia, o volume total da cisterna será três a quatro vezes maior do que uma cisterna destinada a armazenar somente água. Contudo, o custo de escavação de uma área pequena poderá ter valores próximos ao de uma maior com tempos similares para escavar e transportar o solo

retirado. Dependendo do tamanho do caminhão utilizado, o transporte nos dois casos se fará em apenas uma carga.

É preferível que o RAECA não fique muito perto de árvores pois, com o tempo e o crescimento, suas raízes podem perfurar a geomembrana ou geotêxtil. Caso seja necessário instalar o RAECA próximo às árvores, pode-se optar por colocar um geotêxtil anti-raízes em torno do reservatório. Esta solução aumentaria os custos da instalação, mas é recomendada por garantir maior durabilidade.

Pelo fato da geomembrana ter uma grande facilidade em ser perfurada durante o assentamento, é necessário tomar precauções e cuidados durante a instalação e oferecer instrução prévia aos trabalhadores que irão realizar o procedimento.

Outro inconveniente seria a colmatação do reservatório. A experiência com os reservatórios já construídos mostra que um RAECA sem pré-filtração iria colmatar em 5 anos, porém a utilização de um pré-filtro fará com que se possa exceder os 40 anos sem colmatar, pois esses pré-filtros podem reter até 95% das partículas e poeiras.

O último problema identificado seria a contaminação pelas aberturas do reservatório caso objetos fossem jogados e a água ficasse por um longo período em contato deles. Esse problema pode ser resolvido com tampas de segurança que devem ser instaladas para se tornarem imperceptíveis.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Tecnologia Social surge da busca de solução para demandas sociais concretas, vividas e identificadas pela população. Promove o encontro entre experiências de pessoas que vivenciam os problemas no dia a dia e o conhecimento gerado em estudos e pesquisas sistematizadas no ambiente acadêmico. Sua implantação através de processos participativos propicia formas democráticas de tomada de decisão, a apropriação e aprendizagem por parte da comunidade e de todos atores envolvidos gerando a produção de novos conhecimentos a partir da prática. O ciclo se completa quando a implantação da TS gera aprendizagens que servem de referência para novas experiências.

Neste sentido, este trabalho pretende contribuir para que o conhecimento gerado com a implantação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva na Escola Rio dos Anjos em Araranguá seja sistematizado e avaliado, permitindo que seja disseminado e aplicado em outros locais gerando novas experiências.

O Memorial Descritivo, elaborado neste trabalho, oferece todas informações necessárias à implantação de novas unidades do sistema.

As análises de viabilidade permitem afirmar que a TS oferece condições técnicas e econômicas satisfatórias para implantação. Como o sistema é pioneiro no Brasil, não existem estudos anteriores que ofereçam dados sobre a operação e funcionamento ao longo do tempo. Recomenda-se a continuidade do monitoramento da qualidade da água e a elaboração de um memorial de controle de operação e manutenção para acompanhar o funcionamento do sistema em um período de tempo mais longo e representativo.

A presença de altos índices de coliformes totais e E. coli nas amostras demonstra a ocorrência de contaminação da água ao passar por telados e calhas, em taxas que a passagem pela areia não é capaz de eliminar totalmente. É preciso monitorar o sistema em relação estes parâmetros para verificar se a maturidade microbiológica com formação de biofilme poderá resolver o problema. Uma solução imediata seria a instalação de sistema de descarte da primeira água da chuva que lava os telhados.

Para uma avaliação mais completa da experiência vivida com a implantação da TS na escola de Araranguá, recomenda-se a aplicação das metodologias que utilizam indicadores que consideram as dimensões social, econômica e ambiental propostas por Talamini (2009) e Machado (2016).

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; Sindicato da Indústria da Construção. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. Brasil, 2005. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 21 maio 2018.

\_\_\_\_\_. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017** : relatório pleno / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em 21 de março de 2018.

\_\_\_\_\_. **No Rumo da Mudança. Fatos e Tendências: Água**. Brasil, 2006. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2006/AguaFatosETendencias.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2018.

ARARANGUÁ. PREFEITURA MUNICIPAL. **Licitações**. Disponível em: <http://www.ararangua.sc.gov.br/licitacoes/index/index/codMapaItem/4608>. Acesso em 22 fevereiro 2018.

ARARANGUÁ. PREFEITURA MUNICIPAL. **Decreto nº 6460, de 19 de março de 2014**. Determina os novos valores da tabela de consumo básico, e dos serviços efetuados pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE). Diário Oficial do Município de Araranguá, SC, 19 de março de 2014. Disponível em: <[http://site.samaeararangua.com.br/fotos/servicos\\_fotos\\_2014\\_06\\_09\\_\\_15\\_12\\_08\\_c5\\_r66q38m32c16n.pdf](http://site.samaeararangua.com.br/fotos/servicos_fotos_2014_06_09__15_12_08_c5_r66q38m32c16n.pdf)>. Acesso em: 21 maio 2018.

ARARANGUÁ. PREFEITURA MUNICIPAL. **Lei Complementar Nº 146/2012. Dispõe Sobre o Código de Obras de Araranguá e Dá Outras Providências**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/a/ararangua/lei-complementar/2012/14/146/lei-complementar-n-146-2012-dispoe-sobre-o-codigo-de-obras-de-ararangua-e-da-outras-providencias>. Acesso em 20 de fevereiro de 2018.

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

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS (CONAMA). **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 21 maio 2018.

\_\_\_\_\_. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual Prático de Análise de água. Brasília: FUNASA, 2013. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/wp->

content/files\_mf/manual\_pratico\_de\_analise\_de\_agua\_2.pdf >. Acesso em: Acesso em: 21 maio 2018.

\_\_\_\_\_. **MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria N° 2.914, de 12 de dezembro de 2011.**

Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 dez. 2011. Disponível em:

<[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 21 maio 2018.

\_\_\_\_\_. **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei n° 13.501, de 30 de outubro de 2017.**

Altera o art. 2o da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 out. 2017. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/L13501.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13501.htm). Acesso em: 21 maio 2018.

CETESB (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO). Águas interiores: reuso da água. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>>. Acesso em: 21 maio 2018.

COMASSETTO, V. **Água, Meio Ambiente e Desenvolvimento na Bacia do Araranguá (SC)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

COSTA, A. B. (Org.). **Tecnologia Social e Políticas Públicas**. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013. 232 p.

DAGINO, R. A tecnologia social e seus desafios. In: FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. p. 187-209.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia Social**. Disponível em:

<<http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/o-que-e/tecnologia-social/o-que-e-tecnologia-social.htm>>. Acesso em: 21 maio 2018.

FECHINE, V. Y. **Estudo da Conservação da Água de Chuva em Três Tipos de**

**Reservatórios:** Convencional, Convencional Enterrado, Enterrado Contendo Areia. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

FLORIANÓPOLIS. PREFEITURA MUNICIPAL. **Lei Complementar N° 567, de 04 de**

**Julho de 2016**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/sc/f/florianopolis/lei-complementar/2016/56/567/lei-complementar-n-567-2016-inclui-os-arts-188a-ao-188d-na-lei-complementar-n-60-de-2000>. Acesso em: 25 de março de 2018.

FLORIANÓPOLIS. PREFEITURA MUNICIPAL. Projeto de Lei n° 1231, do vereador Pedro de Assis Silvestre. 2013. Disponível em:

<[http://www.cmf.sc.gov.br/sites/default/files/plc\\_1.231-13.pdf](http://www.cmf.sc.gov.br/sites/default/files/plc_1.231-13.pdf)>. Acesso em: 21 maio 2018.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2009. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7715/HAGEMANN,%20SABRINA%20ELICKER.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2018.

HEIJNEN. H. A Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012. Campina Grande. **Anais...** Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva Campina Grande – PB, 2012. Disponível em: <<http://www2.al.rs.gov.br/forumdemocratico/LinkClick.aspx?fileticket=Zv8iFiAtyTk%3D>>. Acesso em: 21 maio 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS:** gráficos. Precipitação Mensal em Araranguá. 2014. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf)>. Acesso em: 21 maio 2018.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL. **Caderno de Debate – Tecnologia Social no Brasil.** São Paulo: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004.

JOINVILLE. PREFEITURA MUNICIPAL. Lei Complementar nº 220, de 03 de Outubro de 2006. **Dispõe Sobre o Aproveitamento de Águas Pluviais e Dá Outras Providências.** Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/j/joinville/lei-complementar/2006/22/220/lei-complementar-n-220-2006-dispoe-sobre-o-reaproveitamento-das-aguas-pluviais-nos-casos-que-especifica-e-da-outras-providencias-2017-12-08-versao-compilada>. Acesso em 25 de março de 2018.

JORNAL A TRIBUNA. Dia mundial da Água: escola mostra na prática a necessidade de economizar. Jornal A Tribuna, Criciúma, 22 mar. 2015. Caderno Geral. Disponível em: <<http://www.clicatribuna.com/noticia/geral/dia-mundial-da-agua-escola-mostra-na-pratica-a-necessidade-de-economizar-13751>>. Acesso em: 21 maio. 2018.

KREBS, A. S. J. **Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC.** Florianópolis: UFSC - Departamento de Geociências (Tese de Doutorado), 2004.

MACHADO, R. B. C. S. **Avaliação de Sistemas de Captação de Água da Chuva em Unidades de Usos Múltiplos em uma Perspectiva Agroecológica.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul, PR, 2016.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações.** – São Paulo, 2004. 159 p.

OLIVEIRA, Y.V. Balanço Hídrico Seriado como base para o Planejamento de Captação de Água de Chuva para Utilização em Propriedades Rurais na Região de Chapecó - SC. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Curso de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

REDE DE TECNOLOGIAS SOCIAIS. Premissa à conformação da Rede de Tecnologia Social. In: **Tecnologia Social – uma estratégia para o desenvolvimento**. FBB, Rio de Janeiro, 2004, p. 211.

SÃO PAULO. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA. **Lei Nº 12.526 de 02 de Janeiro de 2007**. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2 jan. 2007. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/?id=69472>. Acesso em 21 de março de 2018.

SANTA CATARINA. GOVERNO DO ESTADO. LEI Nº 14.675, de 13 de abril de 2009. **Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências**. 2009. Disponível em: [http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20\\_12\\_2013\\_14.30.40.b479cb7a256a963c9e0bbf87bd860d38.pdf](http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_12_2013_14.30.40.b479cb7a256a963c9e0bbf87bd860d38.pdf). Acesso em: 25 de março de 2018.

\_\_\_\_\_. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Araranguá**: zoneamento da disponibilidade e da qualidade dos recursos hídricos. Relatório B1- Consolidação das informações sobre recursos hídricos. Elaborado por Profill Engenharia e Ambiente Ltda. Porto Alegre, 2014. 206 p.

SOUZA, F. H. **Tratamento de água para abastecimento por meio de filtros lentos de fluxo ascendente com limpeza por retrolavagem e descarga de fundo**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <http://tede.ufsc.br/teses/PGEA0520-D.pdf>. Acesso em: 12 fevereiro 2018.

TALAMINI, G. C. **Avaliação de Processo de Governança da Água Associado à Tecnologias Sociais no Município de Urubici, SC, no Contexto do Projeto TSGA**. Trabalho De Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva – para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003. 180p. Disponível em: [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo%2005.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2005.pdf). Acesso em 19 de abril de 2018.

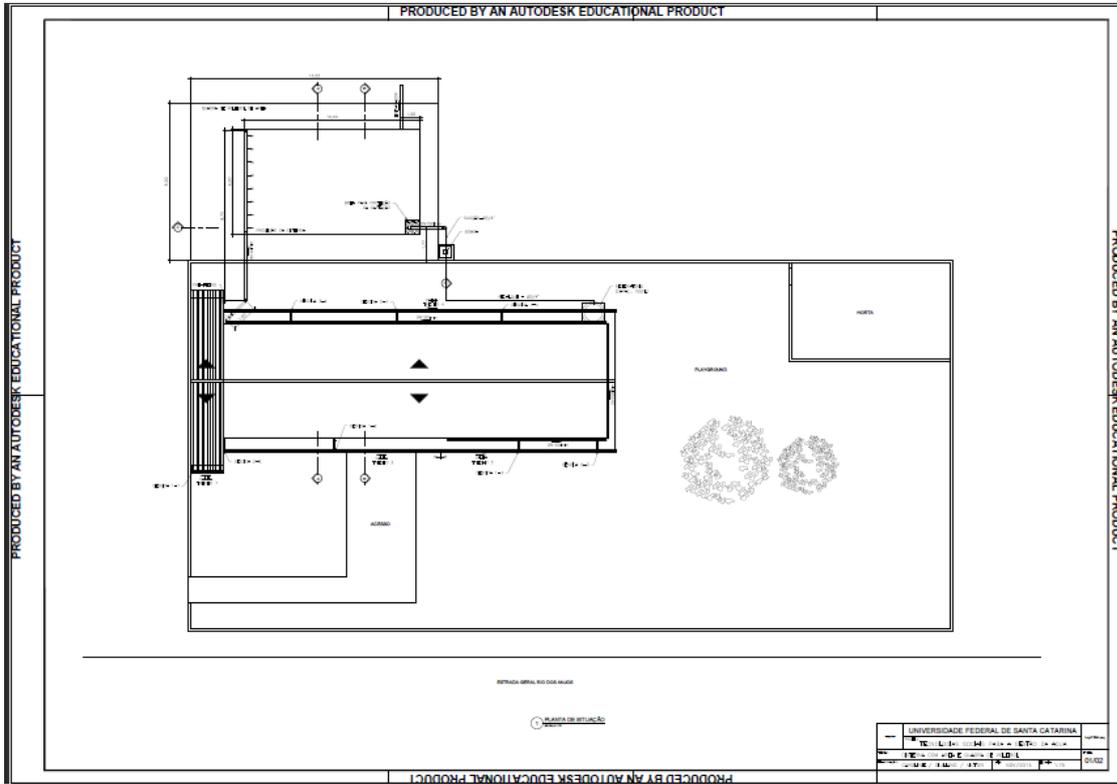
TSGA. Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água. **Dossiê dos Objetivos, Metodologias e Ciclos de Aprendizagem**. 2008. Disponível em: <http://www.tsga.ufsc.br/>. Acesso em: janeiro 2018.

\_\_\_\_\_. Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água. **Material Pedagógico. Cartilhas**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/135712/Folder%20cisterna%20areaia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 fevereiro 2018.

\_\_\_\_\_. Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água. **Monitoramento e Diagnóstico da Qualidade da Água Superficial**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014. 127 p. Disponível em: <http://www.tsga.ufsc.br/>. Acesso em: 21 janeiro 2018.

## 8 ANEXO A - Planta e corte do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva da Escola Rio dos Anjos

### PLANTA



### CORTE

