

# Trabalho de Conclusão de Curso

Viviane Michels Motta

Análise da viabilidade econômica e de ganhos ambientais de um sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico em uma empresa do setor elétrico

Florianópolis (SC),

Junho 2018

Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Curso de Graduação em Engenharia  
Sanitária e Ambiental

Viviane Michels Motta

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E DE GANHOS  
AMBIENTAIS DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA  
SUBTERRÂNEA COM BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO EM  
UMA EMPRESA DO SETOR ELÉTRICO**

Trabalho submetido à banca  
examinadora como parte dos requisitos  
para Conclusão do Curso em  
Graduação em Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ramon Lucas  
Dalsasso  
Coorientador: Eng. Alessandro  
Viveiros Gomes

Florianópolis (SC),  
Junho 2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Michels Motta, Viviane

Análise da viabilidade econômica e de ganhos ambientais de um sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico em uma empresa do setor elétrico / Viviane Michels Motta ; orientador, Ramon Lucas Dalsasso, coorientador, Alessandro Viveiros Gomes, 2018.  
128 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Abastecimento de água. 3. Água subterrânea. 4. Bombeamento fotovoltaico. I. Dalsasso, Ramon Lucas. II. Gomes, Alessandro Viveiros. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Viviane Michels Motta

**Análise da viabilidade econômica e de ganhos ambientais de um sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico em uma empresa do setor elétrico**

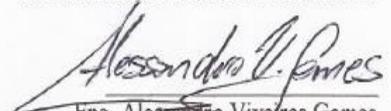
Trabalho submetido à banca examinadora como parte dos requisitos para Conclusão do Curso em  
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II

Florianópolis, 27 de Junho de 2018.

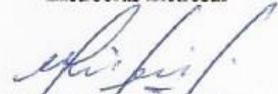
**Banca Examinadora:**



Prof.<sup>a</sup> Ramon Lucas Dalsasso, Dr.<sup>o</sup>  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Eng. Alessandro Viveiros Gomes  
Coorientador  
Eletrobras Eletrosul



Prof. Mauricio Luiz Sons, Dr.<sup>o</sup>  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Membro da Banca



Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Membro da Banca

Este trabalho é dedicado à minha  
querida prima Tayná Dacoregio.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, que sempre me incentivaram e me deram todo o suporte necessário para atingir meus objetivos. Tenho muita sorte de ter pais tão presentes e dedicados. Sem vocês, nada disso seria possível!

Ao meu irmão, que apesar de nossas diferenças, sempre foi meu exemplo de determinação e força de vontade.

A minha cunhada, Raquel, por ser uma grande amiga e irmã por tabela. Obrigada por todo carinho e pelo companheirismo de sempre.

Ao meu sobrinho, Miguel, por me apresentar o amor incondicional e sempre arrancar sorrisos e gargalhadas de mim. Você tornou minha vida muito mais leve, doce e feliz.

Ao Filipe, por todo amor, companheirismo, apoio e incentivo. Seus conselhos foram fundamentais para a conclusão dessa etapa. Sou eternamente grata por ter alguém tão carinhoso e prestativo ao meu lado.

Aos amigos antigos, que se fizeram presentes mesmo com rotinas diferentes e corridas. As amizades que fiz durante a faculdade, por tornarem os finais de semana de projetos mais divertidos. Obrigada por todos os momentos que vivenciamos ao longo desses anos!

Ao Professor Ramon, pelo aprendizado proporcionado durante a graduação, pela oportunidade de ser bolsista em um dos seus projetos de extensão e por aceitar ser meu orientador. Agradeço a paciência, a dedicação e as contribuições valiosas para a idealização desse estudo.

Ao meu coorientador Alessandro pela amizade, pelo entusiasmo ao me ensinar e por sempre estar engajado em proporcionar experiências enriquecedoras aos estagiários da Eletrosul. Obrigada por todo apoio e incentivo!

Ao Vilmar, pela atenção e gentileza ao disponibilizar informações fundamentais para a elaboração desse trabalho.

A Universidade Federal de Santa Catarina, pelo ensino gratuito, de qualidade e pelas experiências de trabalho através das bolsas de pesquisa e extensão.

A Eletrobras Eletrosul pelo excelente período de estágio, onde cresci profissionalmente e pessoalmente, além da oportunidade em realizar meu trabalho de conclusão de curso em uma das unidades regionais da empresa.

A vocês, muito obrigada!



A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.  
(Albert Einstein)



## RESUMO

A água é um bem essencial à vida e ao desenvolvimento das atividades econômicas, cujo fornecimento deve ser oriundo de uma fonte qualitativamente e quantitativamente adequadas. Neste sentido, a captação de água subterrânea associada ao bombeamento fotovoltaico se apresenta como uma fonte de abastecimento renovável e sustentável. Assim sendo, o presente trabalho objetiva analisar a viabilidade econômica e os ganhos ambientais da implantação de um sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico, visando suprir o atual sistema de abastecimento de água da Regional de Manutenção de Santa Catarina, uma unidade regional da empresa Eletrobras Eletrosul. Para tanto, foi realizada a caracterização das instalações hidráulicas, além do detalhamento das demandas de água por setor da empresa. De posse destas informações, foi estimado consumo diário da unidade, sendo igual a 12,82 m<sup>3</sup>/d. Na sequência, foi dimensionado o sistema de captação por intermédio de modelo de simulação, que selecionou a bomba solar mais adequada para a situação proposta. A análise econômica foi baseada em dois cenários: a substituição total do sistema de abastecimento e o suprimento de 70% da demanda hídrica da unidade. No primeiro cenário, foi obtido um VPL de + 279.128,73, enquanto o segundo cenário apresentou um VPL igual a + 162.593,70. Desta forma, o projeto foi considerado viável em ambos os casos, apresentando um payback de 3 anos. Quanto aos ganhos ambientais, foi evitada a emissão de 0,50 tCO<sub>2</sub>/ano. Por fim, foi proposta a implementação de um Programa de Racionalização do Consumo da Água, com destaque para instalação de aeradores convencionais, que apresentam potencial de redução de 50% do consumo em torneiras e chuveiros da unidade.

**Palavras-chave:** Abastecimento de água. Água subterrânea. Bombeamento fotovoltaico.



## ABSTRACT

Water is an essential resource for the life and the economic development activities, whose supply must come from a source that is qualitatively and quantitatively appropriate. In this sense, the groundwater abstraction associated with photovoltaic pumping is a renewable and sustainable supply source. Therefore, the present work aims to analyze the economic viability and the environmental gains of the implantation of a groundwater abstraction system with solar pumping, aiming to supply the current water supply system from Regional de Manutenção de Santa Catarina, that belongs to company Eletrobras Eletrosul. Thus, the characterization of the hydraulic installations was carried out, besides the the water demands detailing by sector of the company. With this information, daily consumption was estimated, being equal to 12,82 m<sup>3</sup>/d. Afterwards, the system was designed by a simulation model, which selected the most suitable solar pump for the proposed situation. The economic analysis was based on two scenarios: the total substitution of the supply system and the supply of 70% of the company's water demand. In the first scenario, a VPL of + 279.128,73 was obtained, while the second scenario presented a VPL equal to + 162.593,70. In this way, the Project was considered viable in both cases, presenting a payback equal to 3 years. In terms of environmental gains, the emission of 0,50 t CO<sub>2</sub>/year was avoided. Finally, it was proposed the implementation of a Water Consumption Rationalization Program, with emphasis on the installation of conventional aerators, which have the potential to reduce consumption from taps and showers in the order by 50%.

**Keywords:** Water supply. Groundwater. Solar pump.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de Abastecimento misto.....	33
Figura 2 - Corte transversal vertical das águas subterrâneas .....	35
Figura 3 - Distribuição da população atendida por poço ou nascente nas unidades federativas do país .....	36
Figura 4 - Domínios Geológicos em Santa Catarina .....	37
Figura 5 - Classificação de aquíferos conforme a geologia do material saturado .....	38
Figura 6 - Desenho esquemático de um poço.....	40
Figura 7 - Esquema do poço tubular antes e após a realização do ensaio de bombeamento .....	41
Figura 8 - Padrão de consumo de água em áreas urbanas .....	43
Figura 9 - Matriz de Produção Energética Brasileira .....	44
Figura 10 - Oferta Interna de Energia no Brasil .....	45
Figura 11 - Total de Sistemas fotovoltaicos instalados nos estados do Brasil .....	46
Figura 12 - Gráfico das DEX referentes as concessionárias de saneamento para o ano de 2016.....	48
Figura 13 - Desenho esquemático de um sistema de bombeamento fotovoltaico .....	49
Figura 14 – Esquema da inclinação dos painéis fotovoltaicos ...	50
Figura 15 – Vista aérea das instalações situadas na RMSC .....	56
Figura 16 – Acesso à RMSC através da Rod. SC 470.....	56
Figura 17 - Localização do poço tubular da unidade.....	57
Figura 18 - Pátio da RMSC .....	61
Figura 19 - Vista do reservatório da unidade, situado abaixo do solo.....	61
Figura 20 - Sistema de bombeamento do reservatório superior .	62
Figura 21 - Instalações hidráulicas referentes ao sistema preventivo de incêndio .....	63
Figura 22 - Torre de abastecimento da RMSC .....	63
Figura 23 - Estrutura interna da torre de abastecimento.....	64
Figura 24 - Bacia sanitária com descarga acoplada.....	65
Figura 25 - Torneira dos lavatórios da RMSC.....	65
Figura 26 - Vidrarias pertencentes ao Laboratório Físico-Químico. ....	67
Figura 27 - Máquina de Lavar vidrarias do Laboratório Físico-Químico.....	67
Figura 28 - Vidrarias na parte interior da máquina de lavar .....	68

Figura 29 - Gráfico da variação do consumo mensal de água na RMSC .....	71
Figura 30 - Gráfico do padrão de consumo diário de água na RMSC .....	78
Figura 31 - Área de vegetação no entorno do poço tubular.....	79
Figura 32 - Estrutura de concreto do poço tubular .....	80
Figura 33 - Poço tubular com tampa lacre .....	80
Figura 34 - Traçado da adução do sistema .....	84
Figura 35 - Dados iniciais inseridos no modelo de simulação ...	85
Figura 36 - Dados de entrada referentes ao reservatório .....	86
Figura 37 - Dados de entrada referente ao poço.....	86
Figura 38 - Dados de entrada referentes a rede de adução do sistema .....	88
Figura 39 - Motobomba SolarPak .....	89
Figura 40 - Porcentagem de enchimento do reservatório de abastecimento.....	90
Figura 41 – Representação esquemática de um clorador de pastilhas .....	91
Figura 42 - Fluxo de caixa para o Cenário 1 .....	95
Figura 43 - Fluxo de caixa para o Cenário 2 .....	95

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Inclinações necessárias aos módulos fotovoltaicos..	50
Quadro 2 - Exemplificação de aspectos ambientais e impactos ambientais .....	53
Quadro 3 - Descrição litológica do poço tubular.....	81



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores de Emissão de Carbono .....	47
Tabela 2- Relação de Prédios e área construída da RMSC.....	55
Tabela 3 - Consumo de água na RMSC, em m <sup>3</sup> /mês. ....	69
Tabela 4 – Consumo mensal após ajustes, em m <sup>3</sup> /mês. ....	70
Tabela 5 - Consumo de água no Setor H (copa).....	72
Tabela 6 - Consumo de água no restaurante.....	73
Tabela 7 - Consumo de água no LAFIQ.....	74
Tabela 8 - Consumo de água na OFCEN.....	75
Tabela 9 - Consumo de água em serviços gerais .....	75
Tabela 10 - Consumo de água nas atividades de higiene pessoal	77
Tabela 11 - Consumo diário de água estimado para a RMSC ....	77
Tabela 12 - Diâmetro de abertura do poço tubular .....	81
Tabela 13 - Qualidade da água do poço tubular .....	82
Tabela 14 - Despesas referentes a tubulação PEAD, em função do diâmetro externo.....	92
Tabela 15 - Resumo dos investimentos necessários ao projeto ..	93
Tabela 16 - Consumo anual de água na RMSC, em m <sup>3</sup> /ano.....	93
Tabela 17 - IPCA acumulado para o período de 2013 a 2017 ....	94



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRALIMP – Associação Brasileira do Mercado Limpeza Profissional  
AMS – Área Mista de Serviços  
ANA – Agência Nacional das Águas  
CEPEL – Centro de Pesquisa de Energia Elétrica  
CASAN – Companhia Catarinense de Águas  
CGH – Central Geradora Elétrica  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CPRM – Serviço Geológico do Brasil  
DEX – Despesas de Exploração  
ETA – Estação de Tratamento de Água  
FoFo – ferro fundido  
GD – Geração Distribuída  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IGS – Indicadores para Gestão da Sustentabilidade nas Empresas  
Eletrobras  
IPCA – Índice de Preços ao Consumidor  
LAFIQ – Laboratório Físico-Químico  
MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações  
MME – Ministério de Minas e Energia  
MS – Ministério da Saúde  
ND – Nível Dinâmico  
NE – Nível Estático  
OFCEN – Oficina Central da RMSC  
OIE – Oferta Interna de Energia  
PCH – Pequena Central Hidrelétrica  
PEAD – Polietileno de Alta Densidade  
PNRH – Política Nacional dos Recursos Hídricos  
PVC – Policloreto de vinila soldável  
RMSC – Regional de Manutenção de Santa Catarina  
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
SDS – Secretaria de Desenvolvimento Sustentável  
SGA – Sistema de Gestão Ambiental  
SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas  
SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil  
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento  
UHE – Usina Hidrelétrica  
VPL – Valor Presente Líquido

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\Delta h$       Perda de carga

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>28</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>28</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>28</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....</b>	<b>31</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Sistemas prediais de abastecimento de água.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2</b>	<b>FONTES DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Águas Subterrâneas .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Panorama das Águas Subterrâneas no Brasil .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3</b>	<b>FORMAÇÕES GEOLÓGICAS .....</b>	<b>36</b>
<b>2.4</b>	<b>AQUÍFEROS.....</b>	<b>37</b>
<b>2.5</b>	<b>POÇOS TUBULARES.....</b>	<b>39</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Desinfecção de poços.....</b>	<b>41</b>
<b>2.6</b>	<b>OUTORGA DE USO .....</b>	<b>42</b>
<b>2.7</b>	<b>PADRÃO DE CONSUMO DE ÁGUA .....</b>	<b>43</b>
<b>2.8</b>	<b>MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....</b>	<b>44</b>
<b>2.8.1</b>	<b>Energias renováveis .....</b>	<b>45</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Fator de Emissão de Carbono.....</b>	<b>47</b>
<b>2.8.3</b>	<b>Despesas de Exploração no Saneamento.....</b>	<b>47</b>
<b>2.9</b>	<b>BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>48</b>
<b>2.9.1</b>	<b>Arranjo dos painéis fotovoltaicos .....</b>	<b>49</b>
<b>2.10</b>	<b>ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA .....</b>	<b>50</b>
<b>2.10.1</b>	<b>Taxa Mínima de Atratividade.....</b>	<b>51</b>
<b>2.11</b>	<b>TARIFAÇÃO DE ÁGUA .....</b>	<b>51</b>
<b>2.12</b>	<b>SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL.....</b>	<b>52</b>
<b>2.12.1</b>	<b>Aspectos ambientais.....</b>	<b>53</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>54</b>

<b>3.1</b>	<b>LOCAL DE ESTUDO .....</b>	<b>54</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Eletronbras Eletrosul.....</b>	<b>54</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Regional de Manutenção de Santa Catarina (RMSC).....</b>	<b>54</b>
<b>3.2</b>	<b>PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS .....</b>	<b>57</b>
<b>3.3</b>	<b>ELABORAÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>58</b>
<b>3.4</b>	<b>CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE.....</b>	<b>59</b>
<b>3.5</b>	<b>SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA .....</b>	<b>60</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>4.1</b>	<b>ARRANJO FÍSICO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS EXTERNAS A UNIDADE .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2</b>	<b>DEMANDAS DE ÁGUA NA EMPRESA.....</b>	<b>66</b>
<b>4.3</b>	<b>HISTÓRICO DE CONSUMO DE ÁGUA.....</b>	<b>68</b>
<b>4.4</b>	<b>ESTIMATIVA DO PADRÃO DIÁRIO DE CONSUMO</b>	<b>72</b>
<b>4.5</b>	<b>PERFIL DO POÇO TUBULAR.....</b>	<b>79</b>
<b>4.6</b>	<b>PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA COM BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>83</b>
<b>4.6.1</b>	<b>Modelo de Simulação.....</b>	<b>84</b>
<b>4.6.1.1</b>	<b>Dados de entrada .....</b>	<b>84</b>
<b>4.6.1.2</b>	<b>Seleção da bomba solar .....</b>	<b>89</b>
<b>4.6.1.3</b>	<b>Enchimento do reservatório.....</b>	<b>90</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Sistema de Desinfecção.....</b>	<b>90</b>
<b>4.7</b>	<b>ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA .....</b>	<b>92</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Fluxo de Caixa.....</b>	<b>92</b>
<b>4.7.2</b>	<b>VPL .....</b>	<b>95</b>
<b>4.7.3</b>	<b>TRC DESCONTADO.....</b>	<b>96</b>
<b>4.8</b>	<b>ANÁLISE DE GANHOS AMBIENTAIS .....</b>	<b>97</b>
<b>4.9</b>	<b>MEDIDAS DE RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA .....</b>	<b>98</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>100</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>103</b>

APÊNDICE A – Planta dos Reservatórios da Unidade.....	111
APÊNDICE B – Esquema dos Pontos de Abastecimento.....	112
APÊNDICE C – Planta de Situação da RMSC.....	113
APÊNDICE D – Planta e Corte do Poço Tubular.....	114
APÊNDICE E – Corte com ND e NE do Poço Tubular....	115
APÊNDICE F – Desenho esquemático dos módulos fotovoltaicos.....	116
APÊNDICE G – Corte dos Módulos Fotovoltaicos.....	117
ANEXO A – Ficha Técnica do Poço Tubular.....	118



## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à vida, além de ser fundamental para diversas atividades econômicas e industriais. Para promover o abastecimento de água, é necessário que a fonte de captação seja de qualidade adequada e esteja presente em quantidade suficiente, de modo a assegurar um fornecimento sem interrupções.

As referidas fontes de captação podem ser provenientes de rios, lagos, lagoas e represas, que correspondem às águas superficiais. Entretanto, a crescente contaminação dos recursos hídricos prejudica este tipo de captação. Neste contexto, as fontes de captação subterrânea apresentam-se como uma alternativa cada vez mais utilizada, visto que se encontram mais protegidas por estarem situadas abaixo do solo (CAPUCCI et al, 2001). Ressalta-se que a utilização das águas subterrâneas não é algo recente na história da sociedade, pois os poços artesianos foram comumente construídos e utilizados ao longo dos séculos.

Por estarem presentes no subsolo, é necessário o emprego de bombas para que as águas subterrâneas se desloquem até a superfície, sendo posteriormente transportadas até determinado ponto de abastecimento. A energia utilizada no sistema de bombeamento pode ser proveniente de uma fonte renovável, como a energia solar. Para tanto, instalam-se painéis fotovoltaicos, estruturas capazes de converter a energia do sol em energia elétrica.

Quando comparada ao sistema de abastecimento convencional, a captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico apresenta como vantagem a não geração de lodo durante o processo de tratamento das águas, a independência de energia elétrica, a não utilização de combustíveis fósseis, além de não haver emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Ao ser aplicada em empresas ou indústrias, esta tecnologia alternativa pode suprir a demanda de água da unidade ou até mesmo substituir o sistema de abastecimento presente, o que implica em redução de custos com tarifação de água. Adicionalmente, a organização irá obter seu abastecimento de uma fonte renovável e sustentável. Para que esta situação se mantenha, faz-se necessário também o uso racional da água, que pode ser incentivado através de campanhas de educação ambiental aos funcionários e utilização de equipamentos que propiciam o consumo reduzido de água, a exemplo das bacias sanitárias com descarga acoplada.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou analisar a viabilidade da implantação de um sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico.

O estudo em questão ocorreu na Regional de Manutenção de Santa Catarina (RMSC), unidade descentralizada da empresa Eletrobras Eletrosul, uma organização pública brasileira subsidiária da Eletrobras e vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Os principais segmentos de atuação envolvem a geração, transmissão e comercialização de energia elétrica (ELETROSUL, 2017). Vale destacar que Sede da Eletrobras Eletrosul está situada no município de Florianópolis/SC, havendo também unidades descentralizadas como a RMSC, que garantem o apoio técnico necessário aos empreendimentos da empresa.

Para a elaboração deste trabalho, foi realizado inicialmente um diagnóstico das instalações hidráulicas, bem como das demandas de água da empresa. Na sequência, avaliou-se o padrão de consumo de água, ou seja, como este varia ao longo do dia. A próxima etapa correspondeu ao dimensionamento do sistema de captação de água subterrânea, com utilização do bombeamento fotovoltaico. De posse deste projeto, foi possível avaliar economicamente a implantação deste sistema de abastecimento e dos ganhos ambientais. Por fim, foram propostas medidas para promover a redução do consumo de água na unidade.

Assim sendo, caso o projeto seja considerado viável, será necessário aquisição de painel fotovoltaico, da bomba com bateria acoplada, do reservatório, de canalizações, de conexões hidráulicas, além da mão-de-obra para tal execução. Ressalta-se a existência de um poço tubular profundo na área da RMSC, construído pela empresa no ano de 1986, porém este não é utilizado atualmente.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade econômica e de ganhos ambientais da implantação de um sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico, visando o abastecimento de água de uma empresa do setor elétrico, localizada no município de São José/SC.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o arranjo físico das instalações hidráulicas e as demandas de água na empresa;

- Projetar um sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico alternativo ao sistema de abastecimento pela concessionária;
- Realizar uma análise de viabilidade econômica e de ganhos ambientais relativos ao sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico;
- Propor medidas para racionalização do consumo de água.



## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

De acordo com a Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, popularmente conhecida como a Política Nacional do Saneamento, o abastecimento de água “é constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição” (BRASIL, 2007). Para a promoção de um sistema de abastecimento eficiente, é fundamental que a fonte de captação seja qualitativamente e quantitativamente satisfatória, o que assegura um fornecimento ininterrupto e com qualidade adequada ao consumo humano.

A legislação supracitada prevê também a regulação dos serviços de água e esgoto, sendo um instrumento fundamental para assegurar a estabilidade durante a realização de investimentos públicos e privados no setor de saneamento (GALVÃO JUNIOR; PAGANINI, 2009). A referida regulação é embasada em quatro objetivos estratégicos, que abrangem:

- I – estabelecer padrões e normas para a adequada prestação dos serviços e para a satisfação dos usuários;
- II – garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas;
- III – prevenir e reprimir o abuso do poder econômico, ressalvada a competência dos órgãos integrantes do sistema nacional da concorrência;
- IV – definir tarifas que assegurem tanto o equilíbrio econômico e financeiro dos contratos como a modicidade tarifária, mediante mecanismos que induzam a eficiência e eficácia dos serviços e que permitam a apropriação social dos ganhos de produtividade. (BRASIL, 2007).

#### **2.1.1 Sistemas prediais de abastecimento de água**

Os sistemas prediais de abastecimento de água consistem nas instalações de água quente e fria, além dos reservatórios para armazenamento de água. O funcionamento adequado das instalações hidráulicas depende da integração deste sistema ao projeto estrutural e arquitetônico, o que evita a ocorrência de patologias após a construção (CARVALHO JR, 2011).

As instalações de água fria devem ser dimensionadas de acordo com as recomendações da NBR 5626:1998 – Instalação predial de água fria. Assim, objetiva-se fornecer água a temperatura ambiente, na qual o padrão de potabilidade deve estar em conformidade com o que preconiza a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (MS), de 28 de setembro de 2017 (ABNT, 1998).

a instalação de água fria compreende os encanamentos, hidrômetro, conexões, válvulas, equipamentos, reservatórios, aparelhos e peças de utilização que permitam o suprimento, a medição, o armazenamento, o comando, o controle e a distribuição de água aos pontos de utilização tais como torneiras, chuveiros, bidês, vasos sanitários, pias, etc (MACINTYRE, 2010).

No que tange as instalações de água quente, a NBR 7198:1993 – Projeto e execução de instalações prediais de água quente estabelece que o referido sistema deva assegurar o fornecimento ininterrupto de água, o controle da temperatura, o nível de conforto apropriado aos usuários, a potabilidade adequada e visando a eficiência energética (ABNT, 1993).

Normalmente, o abastecimento predial ocorre de forma indireta, no qual a água é armazenada em reservatórios inferiores, sendo recalçada posteriormente para reservatórios superiores, por intermédio de um sistema de bombeamento (VIOLANI, 1992). O sistema indireto de abastecimento pode ocorrer também sem bombeamento, posto que a pressão na rede de distribuição costuma ser capaz de abastecer um reservatório, alocado no ponto mais alto de um edifício de até três pavimentos (MACINTYRE, 2010).

Ademais, pode ocorrer o abastecimento direto em alguns pontos, a exemplo das torneiras de serviço. Nesta situação, a água proveniente da rede de distribuição não é encaminhada ao reservatório e está sujeita ao regime de vazões e pressões da rede pública. Desta forma, o abastecimento é comprometido quando houver interrupções no abastecimento de água. Através da Figura 1, pode-se observar a representação de um sistema misto, que engloba o abastecimento direto e indireto.

Figura 1 – Sistema de Abastecimento misto.



Fonte: Aproj Ambiental (2017)

## 2.2 FONTES DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

Dentre os componentes do sistema de abastecimento de água, a fonte de captação pode ser proveniente de um corpo d'água superficial ou subterrâneo. Em relação aos recursos hídricos presentes no planeta, as águas superficiais correspondem a 0,009%, enquanto as águas subterrâneas apresentam um percentual de 0,61% (FETTER, 2001).

Para a seleção adequada da fonte, consideram-se aspectos técnicos, econômicos e ambientais, como a conformidade com o Plano Diretor da bacia hidrográfica, a tratabilidade das águas e as análises físico-químicas, bacteriológicas e toxicológicas (TSUTIYA, 2004).

Dentre as fontes de águas superficiais, podem-se citar córregos, rios, lagos, lagoas, represas e cachoeiras. Na região da grande Florianópolis/SC, utilizam-se córregos e rios, a exemplo do córrego de Meimbipe, no distrito de Saco Grande e rio Cubatão, em Santo Amaro da Imperatriz, bem como a Lagoa do Peri na porção sul da Ilha, para o sistema de abastecimento de água (CASAN, 2017).

As fontes de águas subterrâneas, por sua vez, correspondem à água que ocorre no subsolo, como os aquíferos (REBOUÇAS, BRAGA & TUNDISI, 1999). Em Florianópolis/SC, o sistema de abastecimento do norte da Ilha é composto por poços artesianos, que captam a água do Aquífero Freático dos Ingleses (ZANATTA, PEREIRA & ABDALLA, 2004).

Ressalta-se que as fontes de captação superficial estão mais sujeitas às intervenções antrópicas, como o lançamento de esgotos

clandestinos e contaminação por poluentes emergentes, visto que ocorrem na superfície do solo. Já as águas subterrâneas se encontram mais protegidas, uma vez que estão situadas sob uma zona de material rochoso não saturado ou camadas rochosas pouco permeáveis (REBOUÇAS, BRAGA & TUNDISI, 1999).

### **2.2.1 Águas Subterrâneas**

A água subterrânea é originada a partir da precipitação pluviométrica. Neste processo, uma parte da água evapora ou é interceptada por árvores e plantas, enquanto outra porção escoar pela superfície do solo. Por fim, há uma parcela que se infiltra no solo e forma reservatórios naturais de água subterrânea. Devido a maior sensibilidade das águas superficiais à contaminação e o custo oneroso de sua captação e tratamento, a água subterrânea se destaca como uma alternativa viável, sendo cada vez mais aproveitada através da construção de poços (CAPUCCI et al, 2001).

A água subterrânea é composta pela zona insaturada ou vadosa, pela zona saturada ou freática e pelo lençol freático, conforme consta na

Figura 2. O lençol freático limita as zonas saturada e insaturada, no qual pressão de água porosa se iguala a pressão atmosférica. Por sua vez, a zona insaturada está localizada imediatamente acima do lençol freático, tendo seus poros preenchidos por água e ar. Nessa região, a pressão de água porosa é inferior à pressão atmosférica, visto que a capilaridade exerce uma força de atração sob a água, que irá ascender verticalmente. Já na zona saturada, o meio poroso está completamente preenchido por água e a pressão de água porosa se é superior à pressão atmosférica. Destaca-se que a franja capilar também se encontra saturada, porém é localizada acima do lençol freático (FITTS, 2015).

Figura 2 - Corte transversal vertical das águas subterrâneas



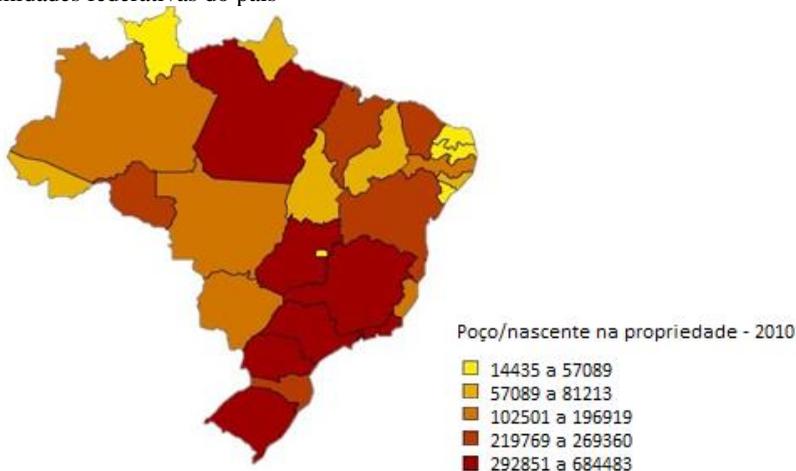
Fonte: Adaptado de Fitts (2013)

## 2.2.2 Panorama das Águas Subterrâneas no Brasil

De acordo com o último Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 82,85% dos domicílios brasileiros são abastecidos por intermédio da rede pública de distribuição, enquanto 10,03% captam água de poços ou nascentes e 7,12% possuem outra fonte de abastecimento. O Estado de Santa Catarina, por sua vez, apresentou um percentual de dependência aos poços e nascentes superior à média nacional, visto que 81,48% dos domicílios são contemplados com rede de abastecimento de água, 13,16% utilizam poço ou nascente e 5,36% declaram possuir outra fonte de abastecimento (IBGE, 2010).

Desta forma, infere-se que 5.750.274 dos domicílios permanentes brasileiros recorrem ao uso de poço ou nascente para captação de água na propriedade. Já o Estado de Santa Catarina tem 262.194 dos seus 1.993.097 de domicílios particulares permanentes nesta situação (IBGE, 2010). A Figura 3 permite observar o total de domicílios atendidos por poços ou nascentes, conforme unidade federativa, onde os Estados do Rio Grande do Sul, do Paraná, de São Paulo, do Rio de Janeiro, de Minas Gerais, de Goiás e do Pará apresentam os maiores valores.

Figura 3 - Distribuição da população atendida por poço ou nascente nas unidades federativas do país



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Em relação aos fatores de competitividade das águas subterrâneas, tem-se o grande volume estocado, que compreende 192.000 km<sup>3</sup> no Brasil, a qualidade superior devido aos processos de filtração e depuração que ocorrem no subsolo, e custos de implantação relativamente baixos quando comparado ao das águas superficiais. Em contrapartida, há uma quantidade expressiva de poços mal localizados e que carecem de manutenção, com vida útil extremamente curta e com possibilidade de contaminação da água subterrânea (CAPUCCI et al, 2001).

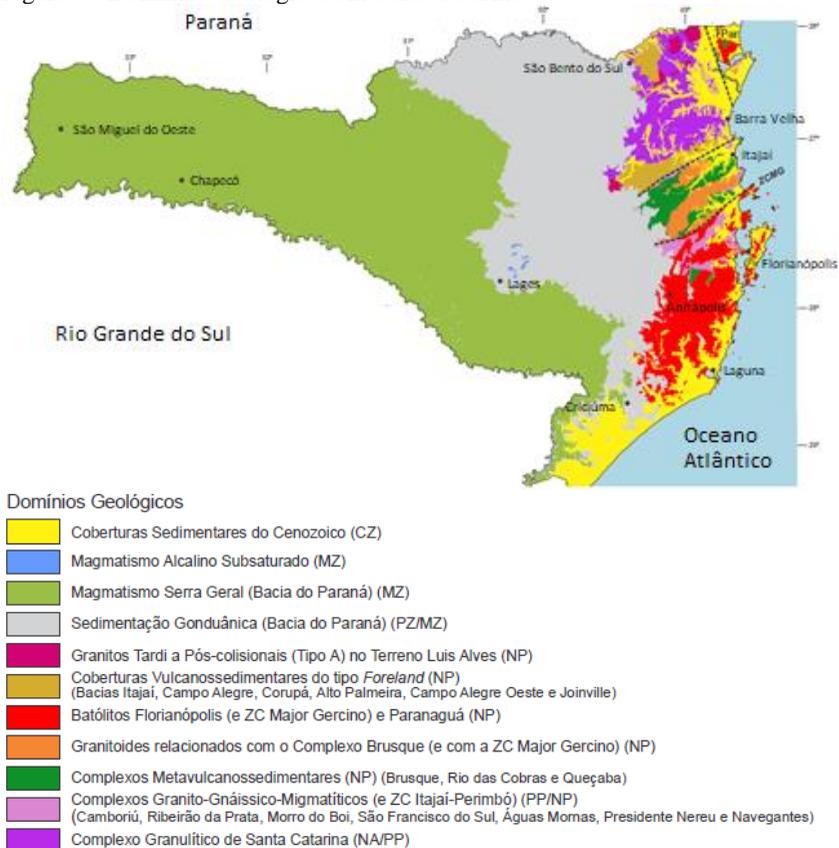
### 2.3 FORMAÇÕES GEOLÓGICAS

O Estado de Santa Catarina abrange onze domínios geológicos, a saber: Coberturas Sedimentares do Cenozoico, Magmatismo Alcalino Subsaturado, Magmatismo Serra Geral, Sedimentação Gonduânica, Granitos Tardi a Pós-consolidados no Terreno Luis Alves, Coberturas Vulcanossedimentares do tipo Foreland, Batólitos Florianópolis e Paranaguá, Granitoides relacionados com o Complexo de Brusque, Complexos Metavulcanossedimentares, Complexos Granito-Gnáissico-Migmatíticos e Complexo Granulítico de Santa Catarina (CPRM, 2014).

Ao observar a Figura 4, constata-se que as regiões do Meio Oeste e Oeste de Santa Catarina, bem como parte do Planalto Serrano pertencem às Coberturas Sedimentares do Cenozoico. A Sedimentação Gonduânica,

por sua vez, abrange porções do Planalto Serrano, do Sul, do Vale do Itajaí e do Norte do estado. As demais formações geológicas estão dispersas entre o leste de Santa Catarina, margeando todo o litoral e adentrando em média 65 km para o interior do estado.

Figura 4 - Domínios Geológicos em Santa Catarina



Fonte: Adaptado de CPRM (2014)

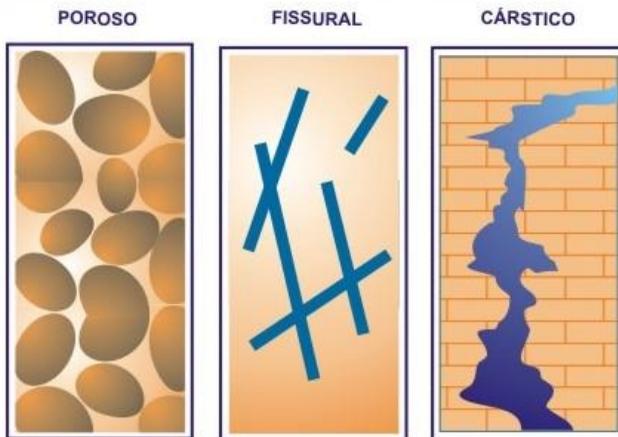
## 2.4 AQUÍFEROS

Os aquíferos consistem em formações geológicas cuja permeabilidade e porosidade permite armazenar e transmitir água, sob gradientes naturais (CLEARY, 1989). Este processo ocorre por intermédio de seus poros, fissuras ou espaços originados da dissolução e carreamento de materiais rochosos (BRASIL, 2008).

De acordo com as características hidráulicas, estas unidades geológicas podem ser classificadas como aquíferos não confinados e aquíferos confinados. Os aquíferos não confinados, também denominados aquíferos livres, são aqueles no qual a superfície freática está sujeita a pressão atmosférica. Já os aquíferos confinados se encontram entre camadas impermeáveis, tendo uma pressão superior à pressão atmosférica (HYPOLITO, ANDRADE & EZAKY, 2011).

No que diz respeito à natureza da formação rochosa, os aquíferos são classificados em granulares ou porosos, fraturados ou fissurais, ou ainda cársticos (Figura 5).

Figura 5 - Classificação de aquíferos conforme a geologia do material saturado



Fonte: ABAS (2017)

Os aquíferos porosos compreendem aqueles no qual a água está armazenada e flui entre os espaços dos grãos, com ocorrência em rochas sedimentares e em sedimentos não consolidados, a exemplo do arenito e aluvião. Devido ao seu potencial de armazenamento e permeabilidade, este tipo de aquífero é capaz de fornecer uma elevada quantidade de água. Nos aquíferos fissurados, a capacidade de armazenamento de água depende da quantidade de fraturas e fendas das rochas cristalinas, visto que é onde a água está presente. A formação geológica típica deste aquífero consiste em granitos, gnaisses e diabásios. Finalmente, os aquíferos cársticos são constituídos pela dissolução de formações geológicas de calcário ao longo dos anos, com formação de cavidades que

podem culminar em canais subterrâneos (CAPUCCI et al, 2001); (HYPOLITO, ANDRADE & EZAKY, 2011).

## 2.5 POÇOS TUBULARES

Um poço tubular caracteriza-se por possuir diâmetros menores, variando normalmente de quatro a oito polegadas. Caso a implantação do poço ocorra em uma formação rochosa consolidada, não haverá necessidade de revestimento. Entretanto, quando ocorrer formações não consolidadas, tais como areias, argilas e pedregulhos, haverá necessidade de revestimento ou filtro para poço tubular (FEITOSA; COSTA FILHO, 1998).

O filtro do poço pode ser conceituado como uma seção permeável de revestimento, a partir do qual a água flui livremente. O material comumente empregado para o filtro consiste no aço inoxidável com ranhuras. O pré-filtro, por sua vez, pode ser constituído de areia ou cascalho. É feito também o preenchimento entre o revestimento sanitário e a parede do furo do poço através de um material selante de baixa permeabilidade, a exemplo da injeção de cimento e do emprego da argila bentonita. Desta forma, há uma proteção contra contaminações superficiais (FITTS, 2015). Por intermédio da Figura 6, é possível observar um corte típico de poço tubular.

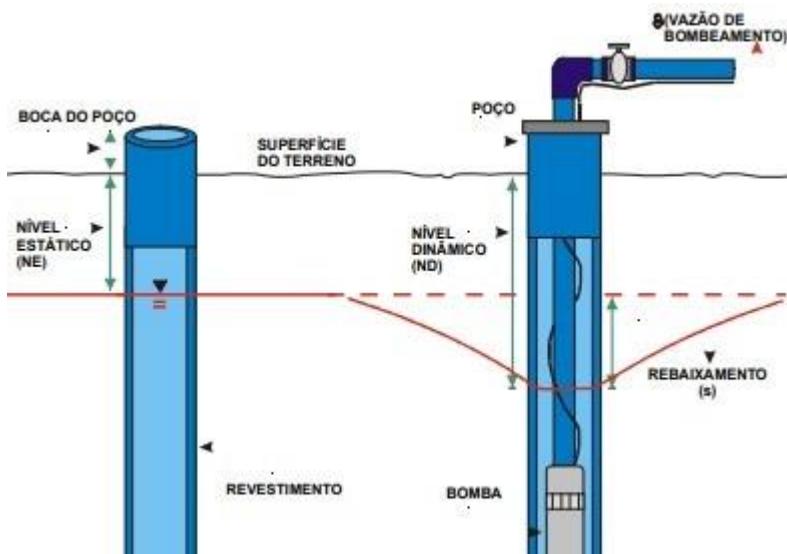
Figura 6 - Desenho esquemático de um poço



Fonte: Adaptado de Fitts (2015)

Os ensaios de bombeamento, por sua vez, são essenciais para determinar a vazão de exploração do poço, que corresponde a vazão ótima de operação para um rebaixamento específico (DRM, 2001). Este rebaixamento, por sua vez, consiste na diferença entre o nível estático (NE) e o nível dinâmico (ND) de um poço, após a execução do teste. Entende-se por NE a distância entre a cota do terreno ao nível d'água, enquanto ND exprime a diferença entre a superfície do terreno e o nível d'água após o bombeamento do poço tubular. Ademais, é possível determinar também a vazão específica do poço, que consiste na razão entre a vazão de exploração e o rebaixamento ((FEITOSA; COSTA FILHO, 1998). A Figura 7 apresenta um esquema desta situação, evidenciando o NE, o ND e o rebaixamento do poço.

Figura 7 - Esquema do poço tubular antes e após a realização do ensaio de bombeamento



Fonte: CPRM (1998)

### 2.5.1 Desinfecção de poços

Conforme preconiza o anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (MS), “toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração.” (BRASIL, 2017). O referido processo de desinfecção corresponde na inativação de microrganismos patogênicos através da aplicação de um desinfetante, cuja ação depende principalmente da concentração e do tempo de contato empregado. A temperatura e a agitação são outros fatores fundamentais neste processo, sendo diretamente proporcionais a ação desinfetante (MEYER, 1994).

Dentre os desinfetantes disponíveis no mercado, o cloro se apresenta como o mais recomendado devido ao custo acessível, ao poder oxidante de matéria orgânica e inorgânica, o potencial germicida, a propriedade residual e a facilidade de monitoramento que possui. Durante a reação com a água, há predominância na formação de ácido hipocloroso em pH ácido, sendo caracterizado como um excelente agente desinfetante. Quando em meio alcalino, com pH acima de 7,5, a reação produz o íon hipoclorito, cujo desempenho é inferior ao ácido hipocloroso supracitado (BRASIL, 2014).

## 2.6 OUTORGA DE USO

Com base nos quatro princípios orientadores estipulados durante a Conferência de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável, a água doce é considerada um recurso finito, vulnerável e dotado de valor econômico, cuja gestão deve ser desenvolvida de forma participativa, com abrangência de todos os setores da sociedade. Ademais, a mulher é considerada fundamental neste processo, visto que muitas são responsáveis por coletar e transportar água à suas famílias, sendo descritas como provedoras, usuárias e guardiãs deste bem (WMO, 1992?).

No Brasil, a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), popularmente conhecida como Lei das Águas, estabelece diretrizes para a gestão adequada dos recursos hídricos, cujo planejamento deverá ser baseado nas bacias hidrográficas. Assim sendo, a PNRH discorre sobre cinco instrumentos, a saber: Plano dos Recursos Hídricos, enquadramento dos corpos d'água em classes, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Quando se trata da utilização dos recursos hídricos, é de suma importância que este uso não coloque em xeque a disponibilidade deste bem. Além disso, a água é vista de diferentes formas e com interesses distintos, o que pode ocasionar conflitos entre empresas, comunidades ou indivíduos. Desta forma, a outorga dos direitos de uso objetiva assegurar o controle quantitativo, qualitativo e o direito de acesso à água, através da determinação de uma vazão máxima de aproveitamento ou de lançamento de efluentes.

Conforme preconiza a PNRH, são classificados cinco tipos de usos subordinados ao requerimento de outorga.

- I – Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- II – Extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- III – Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- IV – Aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

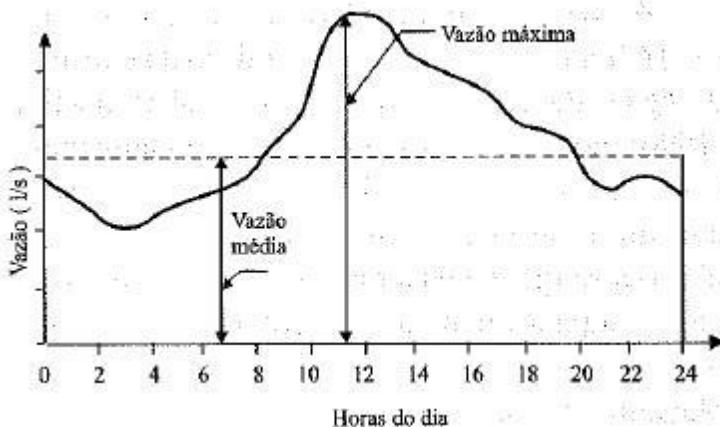
V – Outros usos que alteram o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água (BRASIL, 1997).

Cabe a Agência Nacional das Águas (ANA) expedir o direito a outorga para cursos d'água de domínio da União, ou seja, que atravessam mais de um estado ou que limitam países e/ou estados. No que tange os demais recursos hídricos, a outorga de uso é de competência do órgão estadual ambiental (ANA, 2018).

## 2.7 PADRÃO DE CONSUMO DE ÁGUA

De modo geral, padrão de consumo de água varia conforme a localidade e os hábitos de consumo da população local. Para o meio urbano, tem-se um padrão já definido, com picos de consumo entre onze horas da manhã e uma hora da tarde (Figura 8).

Figura 8 - Padrão de consumo de água em áreas urbanas



Fonte: TISUTIYA (2004)

O estabelecimento de um padrão de consumo está diretamente relacionado ao consumo per capita, que consiste na razão entre o volume de água consumido em um dia e o número total de habitantes servidos.

No ano de 2016, o Brasil apresentou um consumo médio per capita de 154,14 l/hab.dia, ao passo que o Estado de Santa Catarina obteve um valor de 149,80 l/hab.dia, estando abaixo da média nacional. O mesmo

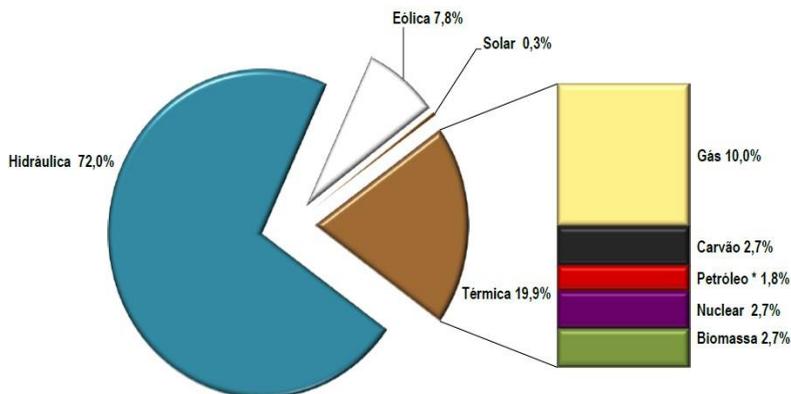
ocorreu para os demais Estados do Sul, onde o Rio Grande do Sul possui um consumo médio per capita igual a 147,66 l/hab.dia e o Paraná corresponde a 137,81 (SNIS, 2018).

Em relação as regiões brasileiras, o Nordeste apresenta um total de 112,45 l/hab.dia, registrando o menor consumo per capita regional do país. Já o Sudeste possui o maior consumo regional, com registro médio de 179,71 l/hab.dia. Ademais, a região Norte obteve um valor de 154,54 l/hab.dia, enquanto o consumo per capita no sul do Brasil corresponde a 144,23 l/hab.dia e no Centro-Oeste a 148,53 l/hab.dia (SNIS, 2016).

## 2.8 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A energia hidráulica corresponde a principal fonte de energia na matriz de produção de energética brasileira, com um percentual de 72%, englobando 220 usinas hidrelétricas (UHE), 1.113 pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e 36 centrais geradoras elétricas (CGH). As energias térmicas totalizam 19,9%, dos quais 10% são provenientes do gás natural, 2,7% do carvão mineral, outros 2,7% de energia nuclear e ainda 2,7% de biomassa, havendo também 1,8% de petróleo, que engloba usinas a óleo diesel, combustível e biocombustível. A energia eólica, por sua vez, apresenta um percentual de 7,8%, com 561 usinas distribuídas no país. A energia solar consiste na fonte menos explorada no Brasil, representando apenas 0,3% da matriz energética do Brasil, com 21.279 usinas de geração distribuída (GD) e 84 usinas não GD (BRASIL, 2018a). Estes resultados podem ser observados através da Figura 9.

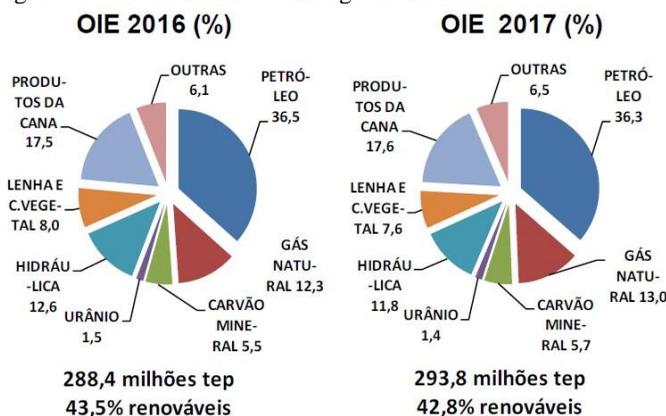
Figura 9 - Matriz de Produção Energética Brasileira



Fonte: Boletim de Monitoramento do Setor Elétrico Brasileiro (2018)

No que tange a Oferta Interna de Energia (OIE) do ano de 2017, indicador que expressa o quanto de energia elétrica é necessário para movimentar a economia do país, o Brasil continua dependente do petróleo, o qual manteve o maior percentual da matriz, com 36,3%. O segundo maior valor de OIE consiste nos produtos da cana, que obteve um ligeiro aumento em comparação ao ano de 2016. A energia hidráulica apresentou uma retração de 0,8%, enquanto a OIE de gás natural no ano de 2017 mostrou uma alta de 0,7% (BRASIL, 2018b). Os demais OIEs podem ser constatados por intermédio da Figura 10.

Figura 10 - Oferta Interna de Energia no Brasil



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2018)

### 2.8.1 Energias renováveis

As energias renováveis, também conhecidas como energias limpas, são provenientes de fontes alternativas de energia. A utilização destes recursos está associada a menor ocorrência de impactos ambientais negativos quando comparado aos combustíveis fósseis, a exemplo da redução ou inexistência da emissão de gases poluentes.

Devido ao grande potencial hídrico, as UHE são mais difundidas no Brasil, sendo consideradas uma tecnologia consolidada e com custos operacionais reduzidos. As PCHs, por sua vez, representam usinas de pequeno porte que incrementam o fornecimento de energia elétrica, com capacidade de geração de energia superior a 3.000 kW e inferior a 30.000 kW, e com até 13 km<sup>2</sup> de área de reservatório (ANEEL, 2015).

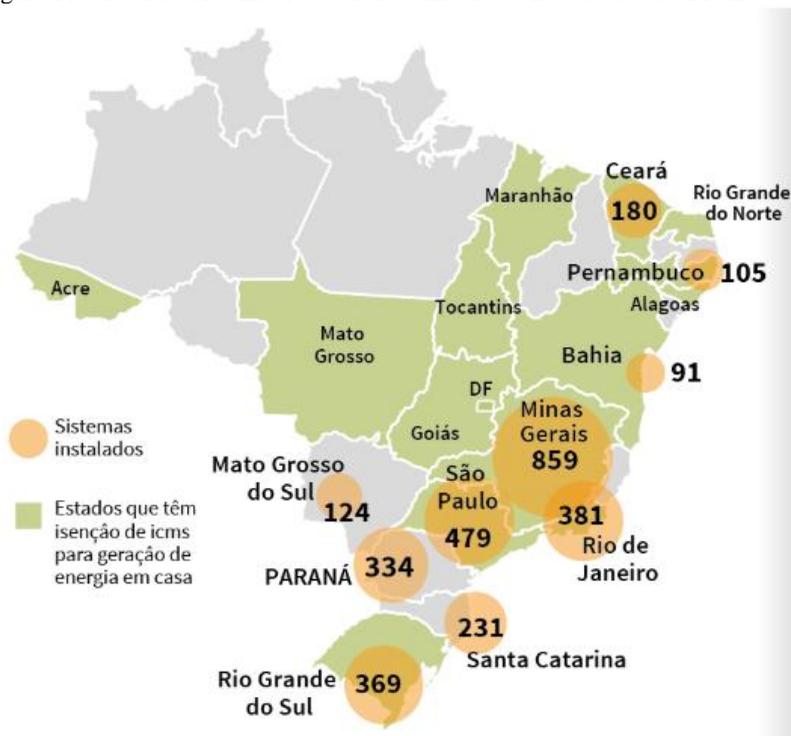
Ao longo dos anos, os complexos eólicos também se destacaram no país, principalmente na região Nordeste. Atualmente, o Brasil ocupa o

sétimo lugar entre os maiores geradores de energia eólica do mundo (BRASIL, 2017). Dentre as principais vantagens desta tecnologia, cita-se a rápida implantação e a baixa necessidade de manutenção, além não impedir a continuidade das atividades produtivas nos arredores das turbinas do parque eólico.

A energia solar, por sua vez, representa uma excelente opção para locais remotos, onde não há atendimento pela concessionária local de energia. Ela ocorre através dos painéis fotovoltaicos, que convertem a energia do sol em energia elétrica. Salienta-se também que este sistema necessita de pouca manutenção e não requer o deslocamento da população para implantação desta tecnologia.

No Brasil, a instalação de módulos fotovoltaicos domiciliares está em constante expansão, onde o estado de Minas Gerais apresenta o maior número de sistemas implantados, seguido por São Paulo e Rio de Janeiro. A Figura 11 exibe uma ilustração desta situação, referente ao ano de 2016.

Figura 11 - Total de Sistemas fotovoltaicos instalados nos estados do Brasil



Fonte: GAZETA DO POVO (2016)

## 2.8.2 Fator de Emissão de Carbono

O fator de emissão do carbono consiste em uma ferramenta proposta pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), em parceria com o Ministério de Minas e Energia (MME). Os fatores são disponibilizados anualmente, resultando em inventários corporativos que podem ser aplicados na quantificação da redução de emissões de CO<sub>2</sub>, em relação a uma determinada geração de energia elétrica (MCTIC, 2018). A Tabela 1 apresenta os fatores de emissão de carbono relativos ao período de 2013 a 2017, em tCO<sub>2</sub>/Mwh.

Tabela 1 - Fatores de Emissão de Carbono

<b>Ano base</b>	<b>Fator médio anual de emissão de carbono (tCO<sub>2</sub>/MWh)</b>
2013	0,0960
2014	0,1355
2015	0,1244
2016	0,0817
2017	0,0927

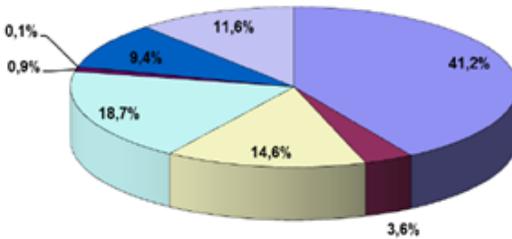
Fonte: MCTIC, 2018.

## 2.8.3 Despesas de Exploração no Saneamento

Os sistemas de abastecimento requerem recursos financeiros para o tratamento e a distribuição de água potável, sendo representado pelas Despesas de Exploração (DEX). De acordo com o Diagnóstico de Água e Esgoto do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), ano-base 2016, os maiores gastos se dão através da contratação de funcionários (41,2%) e da mão-de-obra para a execução dos serviços (18,7%).

Outro gasto significativo consiste na energia elétrica, que representa 14,6% das DEX. Ademais, são necessários recursos fiscais ou tributários (9,4%), investimentos em produtos químicos para o tratamento das águas (3,6%) e para a importação da água (0,9%). São previstas também outras demandas, contabilizadas como 11,6% das DEX. A Figura 12 apresenta os dados supracitados de forma gráfica.

Figura 12 - Gráfico das DEX referentes as concessionárias de saneamento para o ano de 2016



Fonte: Adaptado do Diagnóstico de Água e Esgoto do SNIS (2018)

## 2.9 BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO

As águas subterrâneas são extraídas de poços tubulares por intermédio do sistema de bombeamento, o qual pode ser constituído por uma bomba submersa (ELETROBRAS, 2005). Quanto a energia elétrica necessária para o funcionamento desta bomba, é possível utilizar uma fonte alternativa, como a energia solar.

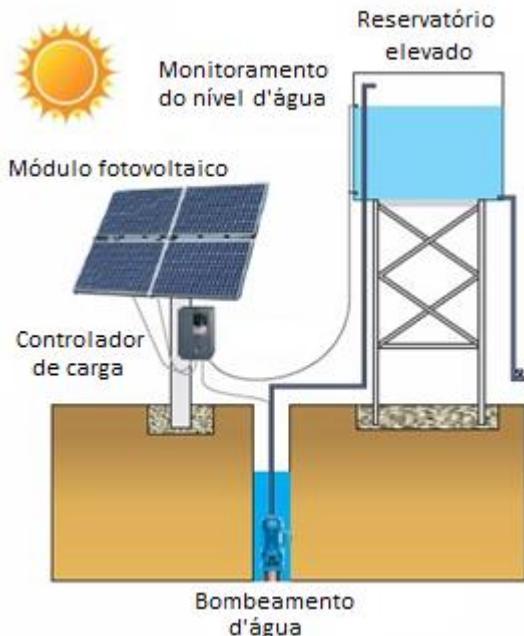
A célula fotovoltaica é o componente responsável pela conversão da energia solar em energia elétrica. Dá-se o nome de painel fotovoltaico ao conjunto destas células, onde o potencial de geração de energia varia conforme o arranjo dos painéis supracitados e do padrão de radiação solar da localidade (KOLLING et al, 2004).

Assim, o sistema de bombeamento fotovoltaico é composto por módulos fotovoltaicos, que fornecem energia ao motor elétrico, este que está diretamente acoplado a uma bomba (LOXSOM & DURONGKAVEROJ, 1994). Destaca-se ainda que, em casos específicos, haverá um inversor de frequência. Este dispositivo é responsável por converter a corrente contínua dos painéis em corrente alternada, a ser enviada à bomba. Por fim, a água bombeada é armazenada em reservatórios.

Dentre as vantagens do sistema de bombeamento fotovoltaico, tem-se o baixo custo de operação, a facilidade de operação e pouca

necessidade de manutenção, a operação autônoma e o longo ciclo de vida (GHONEIM, 2005). Através da Figura 13, pode-se observar um esquema de funcionamento do bombeamento fotovoltaico, onde há um controlador de carga conectado ao painel e a bomba solar, esta última que transporta a água para um reservatório de armazenamento.

Figura 13 - Desenho esquemático de um sistema de bombeamento fotovoltaico

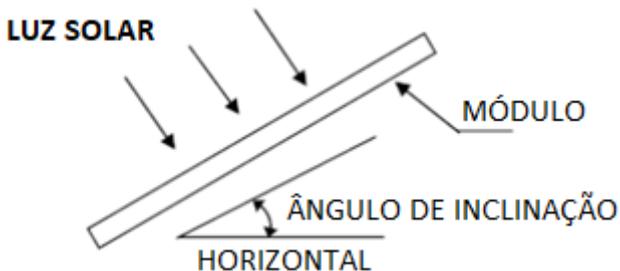


Fonte: Adaptado de Solar Pumps (2018)

### 2.9.1 Arranjo dos painéis fotovoltaicos

O arranjo dos painéis fotovoltaicos é fundamental para a otimização do sistema de bombeamento solar. Assim sendo, deve-se locar o painel no sentido do norte verdadeiro, em casos onde este está situado no hemisfério sul. A inclinação do módulo fotovoltaico, por sua vez, varia de acordo com a latitude da localidade, o que potencializa a produção média anual (CARVALHO, 2016). Por intermédio da Figura 14 e do Quadro 1, pode-se observar as variações de inclinação com a superfície horizontal do solo, em função da latitude.

Figura 14 – Esquema da inclinação dos painéis fotovoltaicos



Fonte: Adaptado de Solar Jinko (2018)

Quadro 1 - Inclinações necessárias aos módulos fotovoltaicos

<b>Variação da latitude</b>	<b>Ângulo de inclinação com a horizontal</b>
0 a 4 graus	10 graus
5 a 20 graus	Latitude + 5 graus
21 a 45 graus	Latitude + 10 graus

Fonte: Solar Terra (2018)

No que tange ao aspecto econômico, o sistema de bombeamento fotovoltaico se mostra mais econômico em comparação aos métodos bombeamento tradicionais quando o produto entre a vazão diária de consumo e a altura manométrica do sistema são inferiores a  $6000 \text{ m}^4$  (FEDRIZZI, 2003)

## 2.10 ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA

Para avaliar a viabilidade de uma obra, é fundamental que seja realizada uma análise econômica e financeira, com intuito de comprovar que o investimento em questão é vantajoso. Para tanto, aplica-se dois parâmetros principais, sendo eles o Valor Presente Líquido (VPL) e o Tempo de Recuperação do Capital (TRC), também conhecido como Payback.

O VPL expõe a riqueza de determinado investimento, trazido para o valor presente. Para tanto, faz-se o desconto entre os valores das entradas de um fluxo de caixa e os valores de saída, a uma certa taxa de desconto (REBELATTO, 2004). Para ser considerado viável, o empreendimento deve ter uma VPL igual ou superior a zero.

O Tempo de Retorno do Capital consiste no período em que os resultados líquidos acumulados equivalem ao investimento, ou seja,

estima o tempo necessário para recuperação do capital investido (CALDEIRA, 2016).

### **2.10.1 Taxa Mínima de Atratividade**

A taxa mínima de atratividade (TMA) representa a taxa de juros, a partir da qual o investidor passa a ter ganhos financeiros com o projeto ou empreendimento em análise. Assim sendo, a TMA é estabelecida com base na remuneração dos capitais investidos, tendo a função de exprimir o retorno de um investimento de baixo risco para o investidor (CASAROTTO; KOPITTKE, 1994).

No Brasil, o Índice de Preços ao Consumidor (IPCA) exprime a inflação do país com base nas despesas dos setores de moradia, alimentação e bebidas, saúde e higiene pessoal, artigos para casa, despesas pessoais, educação, comunicação, transporte e vestuário. Destaca-se que o IPCA é medido pelo IBGE, sendo utilizado pelo Banco Central para medir a inflação acumulada. Desta forma, as variações no referido índice se refletem através do reajuste de preços nos produtos e serviços (TORORADAR, 2018).

### **2.11 TARIFAÇÃO DE ÁGUA**

As tarifas de água são estabelecidas pelas concessionárias de abastecimento local, sendo reajustadas periodicamente. Conforme a Lei nº 13.673/2018, é obrigatório a divulgação de tabela, onde deve constar a evolução dos reajustes tarifários supracitados. De modo geral, há uma taxa fixa a ser cobrada quando o usuário consome até determinado volume de água, sendo que este limite de consumo é estipulado pela concessionária. Ao exceder essa quantidade, é determinada uma tarifação a ser cobrada em função do volume total consumido no período.

Em Santa Catarina, a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) é a principal concessionária de abastecimento do estado, onde o último reajuste nos valores das tarifas se deu em agosto de 2017, na ordem de 6,08%. Em relação a estrutura tarifária, constam oito categorias de consumidores, descritas abaixo:

- Social: voltada para famílias de no máximo quatro indivíduos, com renda familiar até dois salários mínimos ou renda per capita de 0,5 salários mínimos, com imóveis inferiores a 70 m<sup>3</sup> e desprovidos de automóveis. Para eles, há quatro faixas de cobrança;

- Residencial: designada a imóveis com fins restritamente residenciais, cujas tarifas variam entre cinco faixas possíveis;
- Comercial: para imóveis onde são realizadas atividades comerciais, com três faixas de cobrança;
- Micro e Pequeno Comércio: para imóveis do Programa Isenção do ICMS de Santa Catarina classificados como micro ou pequeno comércio, cadastrados na Prefeitura Municipal com alvará e registro na Junta Comercial, registrados na CASAN com até duas economias, cujo consumo médio nos últimos seis meses é de no máximo 10 m<sup>3</sup> por economia e que não possua débitos. A eles, tem-se duas faixas tarifárias;
- Industrial: destinado a imóveis que desempenham atividades industriais. Há duas faixas de tarifa possíveis;
- Contrato Especial: para imóveis com consumo superior a 5.000 m<sup>3</sup>, há possibilidade de acordos com a CASAN para obtenção de tarifas especiais, sendo exigido a viabilidade econômica e técnica como condição;
- Pública: imóveis com atividades inerentes ao setor público, para as quais há duas faixas tarifárias;
- Pública Especial: voltada para entidades sem fins lucrativos com utilidade pública, desde que devidamente cadastrada na CASAN e aprovadas pela Diretoria Executiva. Para esta categoria, há também duas faixas de cobrança.

## 2.12 SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL

Ao longo dos anos, as questões ambientais vêm se tornando uma preocupação cada vez mais constante na sociedade. Como resposta a esta tendência, foram promulgadas legislações ambientais, além de haver uma mudança por parte de empresas no que tange esta temática.

Conforme preconiza a Resolução CONAMA n<sup>o</sup> 306/2002, a Gestão Ambiental consiste em:

condução, direção e controle do uso dos recursos naturais, dos riscos ambientais e das emissões para o meio ambiente, por intermédio da implantação de um sistema de gestão ambiental (BRASIL, 2002).

O referido SGA pode ser definido como um conjunto de técnicas e procedimentos visando à adoção de uma produção mais limpa, com ações

voltadas para a prevenção de perdas e da poluição. Assim, torna-se necessária a elaboração de uma política ambiental da empresa, o planejamento de melhorias nos processos produtivos, a comunicação e o aprendizado tanto na empresa como também fora dela, a realização de auditorias internas e externas, a revisão da metodologia executada promover a melhoria contínua das atividades (CHRISTIE et al, 1995).

### 2.12.1 Aspectos ambientais

A Resolução CONAMA nº 306/2002 define um aspecto ambiental como todo “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”, que por vezes pode culminar em impactos ambientais negativos.

Desta forma, a identificação dos aspectos ambientais é de suma importância para o planejamento de um SGA. Com base neste levantamento, pode-se avaliar cada aspecto e propor medidas para minimizar os impactos negativos inerentes a ele, a exemplo da implementação de indicadores de desempenho ambiental e metas a serem atingidas. O Quadro 2 apresenta uma série de exemplos relacionados aos aspectos ambientais e possíveis impactos ambientais correlatos.

Quadro 2 - Exemplificação de aspectos ambientais e impactos ambientais

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
Consumo de água	Redução da disponibilidade dos recursos hídricos
Geração de efluentes líquidos	Contaminação do solo e de cursos d'água
Descarte de resíduos sólidos	Contaminação do solo e das águas subterrâneas
Supressão de vegetação	Aceleração dos processos erosivos e afugentamento da fauna
Ruído ambiental	Interferência na saúde e na qualidade de vida da população local
Emissão de materiais particulados	Interferência na saúde e na qualidade de vida da população local, poluição atmosférica

Fonte: O autor (2018).

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 LOCAL DE ESTUDO**

O sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico foi projetado para abastecer a Regional de Manutenção de Santa Catarina (RMSC), uma unidade descentralizada da empresa Eletrobras Eletrosul.

##### **3.1.1 Eletrobras Eletrosul**

A Eletrobras Eletrosul é uma empresa pública brasileira criada em 23 de dezembro de 1968, sendo subsidiária da Eletrobras e vinculada ao Ministério de Minas e Energia. A empresa consiste em uma sociedade de economia mista de capital fechado, atuando no segmento de geração, transmissão e comercialização de energia elétrica. Desta forma, a Eletrosul investe em empreendimentos como UHês, PCHs, linhas de transmissão, complexos eólicos e usina solar, o que contabiliza 24 operações próprias, das quais sete são de geração e dezessete correspondem a transmissão de energia. Além disso, também presta serviços de telecomunicação, manutenção e operação (ELETROSUL, 2017)

A área de atuação da Eletrobras Eletrosul abrange os Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Pará e Rondônia. O edifício-sede, por sua vez, está locado no município de Florianópolis/SC (ELETROSUL, 2016). Para assegurar o apoio técnico necessário à manutenção dos diversos empreendimentos, a empresa conta com unidades descentralizadas.

Dentre as premissas básicas, a empresa é comprometida com a sustentabilidade, apoiando pesquisas relacionadas ao uso de fontes alternativas de energia. Além disso, possui dez etiquetas de eficiência energética para edificações emitida pelo Inmetro, presentes em cinco unidades da empresa. Destaca-se também o Troféu Onda Verde, adquirido no ano de 2016 na categoria de gestão ambiental. (ELETROSUL, 2016)

##### **3.1.2 Regional de Manutenção de Santa Catarina (RMSC)**

Fundada em março de 2000, a RMSC é uma unidade descentralizada vinculada a Diretoria de Operação da Eletrosul, localizada no município de São José/SC, no distrito de Sertão do Maruim,

às margens da Rodovia SC 470, km 4. Nas áreas circundantes da unidade, constitui-se o Rio Imaruí no sentido norte, enquanto é possível verificar a presença de um núcleo populacional na porção oeste das instalações. Estendendo-se ao leste, registra-se a presença de duas empresas, sendo uma indústria de tubos plástico e uma metalúrgica. Na direção sul, a RMSC é limitada por uma área de vegetação.

A Figura 15 apresenta a vista aérea da RMSC, enquanto a Figura 16 exhibe a estruturação dos prédios, com suas instalações distribuídas ao longo de uma área construída correspondente a 11.840,76 m<sup>2</sup>, divididas em 17 blocos, os quais estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2- Relação de Prédios e área construída da RMSC.

Prédio	Bloco	Área (m <sup>2</sup> )
Auditório	A	412,12
Almoxarifado	B	668,39
RMSC/Gerência	C	539,04
Arquivo de Segurança	D	62,13
Garagem	E	598,43
Carpintaria (Apoio à OFCEN)	F	508,62
OFCEN/LALTE	G	2399,33
Prédio H de Madeira	H	1.016,11
Galpão de Inflamáveis	I	56,44
DPCA	J	2236,63
Cabine Primária	K	21,52
SMCSC/RMSC	L	1.540,36
Restaurante	M	392,71
DEME	N	894,08
Casa Amarela	O	150,00
Subestação/TRAFO	P	318,55
Portaria	Q	26,30
<b>Total</b>		<b>11.840,76</b>

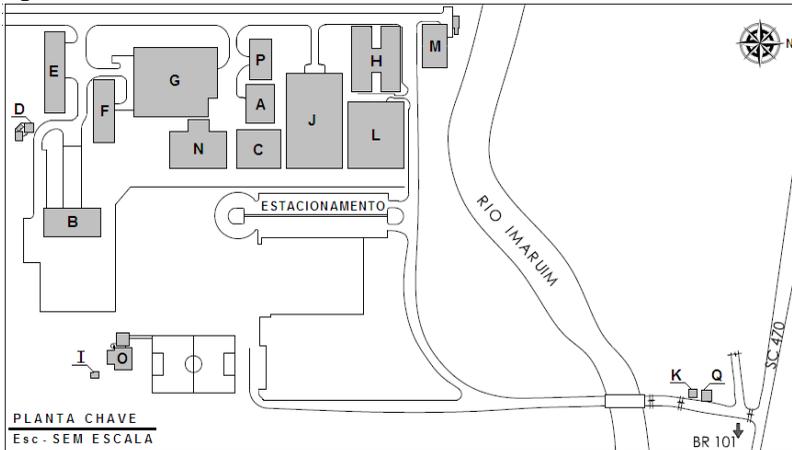
Fonte: Pereira (2017).

Figura 15 – Vista aérea das instalações situadas na RMSC



Fonte: Google Earth (2017).

Figura 16 – Acesso à RMSC através da Rod. SC 470



Fonte: Pereira (2017).

Cabe destacar a existência de um poço tubular profundo, que dista num raio de aproximadamente 600 metros das instalações da RMSC, não sendo utilizado atualmente. A Figura 17 exhibe a localização do poço supracitado, cujas coordenadas de referência são: Latitude  $27^{\circ}36'29''$  e Longitude  $48^{\circ}40'50''$ , enquanto a RMSC está situada nas seguintes

coordenadas: Latitude 27° 36' 4,84" e Longitude 48° 40' 47", ambas no sistema de referência Datum WGS84.

Figura 17 - Localização do poço tubular da unidade



Fonte: Google Earth (2018)

### 3.2 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Para caracterizar a estrutura física das instalações hidráulicas da unidade, fez-se necessária à coleta de dados primários e secundários. Estas informações foram obtidas junto à gerência da RMSC durante as visitas em campo, e através da análise das plantas de projeto da regional. Assim, foi possível identificar onde estão situados e quantos são os reservatórios de água, a localização dos hidrômetros da unidade, como foi traçada a rede hidráulica da área externa até o ponto de entrada nos prédios, além do número de dispositivos hidráulicos como bacias sanitárias, lavatórios, chuveiros e tanques de serviço.

A identificação e a descrição das demandas de água por setor de atuação da RMSC foram respaldadas na coleta de dados primários por meio de entrevistas com empregados e funcionários terceirizados.

Ademais, coletou-se dados secundários a partir do sistema Indicadores para Gestão da Sustentabilidade nas Empresas Eletrobras (IGS), sendo estes o consumo total de água a partir da rede de abastecimento da concessionária de saneamento nas atividades administrativas.

De posse destes dados, foram descritas as principais atividades que envolvem o consumo de água por setor e, a partir delas, estimou-se o padrão de consumo diário na unidade, apresentado em forma gráfica.

### 3.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO

A elaboração do projeto de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico teve como base as normas técnicas e a literatura atual. Destaca-se que as informações relativas às instalações hidráulicas na RMSC, levantadas na etapa de coleta de dados, auxiliaram na definição do projeto. Além disso, foi necessária a coleta de dados secundários referentes ao perfil do poço tubular na unidade. A partir do levantamento destas informações, foi decidido o ponto de locação do painel fotovoltaico, o material a ser empregado na tubulação de adução, o traçado para promover o abastecimento na unidade e a tecnologia para desinfecção da água proveniente do poço.

A seleção da bomba solar utilizada, que engloba o conjunto bomba e controlador de carga (driver), ocorreu conforme o modelo de simulação descrito por Carvalho (2016). Para tanto, foi necessária a inserção de dados de entrada, obtidos através do levantamento de dados secundários. São eles:

- A região brasileira e a cidade, que influencia diretamente nos dados de irradiância solar;
- O número de consumidores e vazão per capita;
- O padrão de consumo diário de água;
- O volume nominal e diâmetro do reservatório;
- A profundidade e vazão máxima do poço;
- O material empregado na adução e respectivo comprimento;
- A altura geométrica do poço (Hg).

Ressalta-se que modelo de simulação em questão determinou também o diâmetro nominal (Dn) da adutora, a vazão média de bombeamento (Qb), as perdas de carga do sistema ( $\Delta h$ ), a altura manométrica (Hm) e a porcentagem de enchimento do reservatório.

### 3.4 CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE

Para a análise da viabilidade econômica, foram listados todos os gastos previstos para a execução do projeto, com base nas informações obtidas na fase de elaboração do estudo. Ressalta-se que o modelo de simulação já fornece uma estimativa de custos referentes ao bombeamento solar, porém esta informação foi averiguada diretamente com o fabricante. Os demais custos foram extraídos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), da Caixa Econômica Federal.

Assim sendo, a análise econômico-financeira se deu através do cálculo do VPL, conforme Equação (1). O total de custos foi considerado como o investimento no fluxo de caixa, enquanto as saídas foram iguais à atual tarifa mensal de água, obtidas junto à gerência da RMSC. Se o VPL for maior ou igual a zero, o projeto é considerado viável.

$$VPL = P + \sum \left[ \frac{F}{(1+i)^n} \right]$$

$$\rightarrow VPL = P + A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

VPL = Valor presente líquido;

P = Investimento inicial (R\$);

A = Lucro anual, descontando os custos anuais de operação e manutenção com o lucro anual proporcionado pelo projeto (R\$/ano);

n = vida útil do projeto (ano);

i = TMA do IPCA (%)

Outro método a ser considerado consiste no TRC, sendo determinado através da Equação (2). Com ele, foi possível realizar uma avaliação de risco referente ao projeto. De modo geral, indica-se que o tempo de retorno supracitado seja inferior que a metade da vida útil do projeto.

$$TRCt = TRC(t - 1) + \frac{F}{(1+i)^t} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

TRC = Tempo de Recuperação do Capital (anos)

F = Lucro anual (R\$)

t = período analisado (ano)

i = TMA do IPCA (%)

Por fim, a análise dos ganhos ambientais se deu por intermédio do fator de emissão de carbono, no âmbito das emissões de CO<sub>2</sub> evitadas devido a escolha de um sistema de captação que englobe a alternativa do bombeamento fotovoltaico.

### 3.5 SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

A última etapa consistiu numa análise de alternativas a partir dos dados levantados sobre as instalações hidráulicas e demandas de água por setor. Elencou-se todas as possibilidades para redução do consumo de água, que incluíram a adição de peças, a realização de pesquisas e a sugestão de mudança de hábitos por parte dos funcionários.

Para tanto, foi necessário consultar a literatura atual com intuito de se obter informações referentes às tecnologias empregadas para a racionalização do consumo de água.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ARRANJO FÍSICO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS EXTERNAS A UNIDADE

A partir da rede pública, a tubulação de policloreto de vinila (PVC) rígido com 32 mm adentra na RMSC e abastece de forma direta a portaria da unidade. Na sequência, atravessa o pátio e abastece duas cisternas, sendo um para abastecimento de água e outro para combate a incêndio, ambos com volume nominal de 56,54 m<sup>3</sup>, diâmetro de 6 m e altura igual a 2 m, situados abaixo do nível do solo. A Figura 18 apresenta a vista de uma parte do pátio, enquanto a Figura 19 exibe um dos reservatórios da RMSC.

Figura 18 - Pátio da RMSC



Fonte: O autor (2017).

Figura 19 - Vista do reservatório da unidade, situado abaixo do solo



Fonte: O autor (2017).

Os hidrômetros, as bombas e quadros de distribuição de energia da RMSC estão situadas em um abrigo no subsolo, cujo acesso se dá por meio de uma escada. A partir da cisterna de abastecimento, a água é bombeada por intermédio de duas bombas modelo Weg Motores, de 5 cv cada, através de uma tubulação de ferro fundido (FoFo) com 50 mm de diâmetro, até atingir um reservatório elevado, situado na altura de 5,5 m de uma torre, cuja altura total corresponde a aproximadamente 12 m, com volume de 19 m<sup>3</sup>. Cabe salientar que a torre de abastecimento supracitada se encontra nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude 27° 36' 9"S e Longitude 48° 40' 47"O.

A Figura 20 apresenta o bombeamento referente ao reservatório superior de abastecimento, enquanto a Figura 21 apresenta as instalações hidráulicas referentes ao sistema preventivo de combate a incêndio, que se encontram um ao lado do outro. Já a Figura 22 apresenta a torre de abastecimento e a Figura 23 exhibe o interior da mesma. Por intermédio do Apêndice A, pode-se observar o desenho esquemático dos reservatórios supracitados.

Figura 20 - Sistema de bombeamento do reservatório superior



Fonte: O autor (2017).

Figura 21 - Instalações hidráulicas referentes ao sistema preventivo de incêndio



Fonte: O autor (2017).

Figura 22 - Torre de abastecimento da RMSC



Fonte: O autor (2017).

Figura 23 - Estrutura interna da torre de abastecimento



Fonte: O autor (2017).

Na sequência, a água armazenada neste reservatório superior desce por gravidade, por meio de uma tubulação de PVC rígido com 32 mm de diâmetro. A canalização segue até atingir a denominada tubulação mestre, onde há um registro instalado. Esta tubulação se estende por cerca de 200 m, havendo derivações responsáveis por abastecer os setores da regional, com um registro individual por prédio. Paralela à tubulação mestre, tem-se uma canalização que abastece exclusivamente o restaurante da RMSC, com um hidrômetro individualizado. O Apêndice B apresenta um desenho esquemático dos pontos de abastecimento da RMSC, a partir do reservatório elevado.

Quanto as instalações hidrossanitárias, a RMSC conta com 58 bacias sanitárias com descarga reduzida de 6 L e 30 mictórios, distribuídas nos 17 setores da unidade (Figura 24). Em relação as torneiras, tem-se um total de 56 lavatórios nos banheiros com dispositivo de acionamento temporizado, além de seis tanques de serviço (Figura 25). Ademais, a regional possui onze chuveiros, localizados em três prédios da RMSC.

Figura 24 - Bacia sanitária com descarga acoplada



Fonte: O autor (2017).

Figura 25 - Torneira dos lavatórios da RMSC



Fonte: O autor (2017).

Visando a minimização de perdas no abastecimento de água, a RMSC realizou manutenções no ramal de distribuição da unidade, no segundo semestre de 2017. Na ocasião, foram substituídas as canalizações até a entrada do reservatório de abastecimento, além do trecho entre o reservatório elevado até os prédios da RMSC.

#### 4.2 DEMANDAS DE ÁGUA NA EMPRESA

A RMSC possui um fluxo diário de 200 indivíduos, dos quais 129 são empregados e 58 consistem em funcionários terceirizados, enquanto o restante compõe a estimativa do número de visitantes na unidade. O expediente de trabalho da RMSC se dá nos períodos matutino e vespertino, com horário núcleo das 8 horas até meio dia e às 13 horas até 17 horas, de segunda a sexta feira. Ademais, a portaria da unidade funciona ininterruptamente, ou seja, durante 24 horas e em todos os dias da semana, tendo um vigia por turno.

Quanto ao restaurante da RMSC, há quatro funcionários responsáveis por servir refeições a partir das 11 horas da manhã e até às 14 horas da tarde. Em média, o restaurante atende 50 pessoas no período do almoço. Ressalta-se que não são servidas outras refeições ou lanches nos demais períodos do dia. Assim sendo, as principais atividades demandadas consistem no preparo de alimentos e lavagem de louças.

Verificou-se também que aproximadamente sete funcionários utilizam a copa da RMSC para as refeições do café da manhã e do lanche da tarde, enquanto 20 indivíduos almoçam no local. De modo geral, lavam-se os utensílios utilizados durante as refeições com torneira aberta. Ademais, infere-se que a lavagem de louças na copa ocorre com uma frequência de três vezes ao dia.

No que tange ao Laboratório Físico-Químico (LAFIQ), realizam-se análises de óleo transformador, o que totaliza cerca de 250 análises mensais. Destaca-se que o laboratório dispõe de três tanques de serviço, sendo um para as atividades da unidade e outras duas para a limpeza de vidrarias. De modo geral, é realizada a limpeza diária de frascos de 1 litro e seringas de 50 ml, porém sem horário exato para a execução desta atividade (Figura 26).

Figura 26 - Vidrarias pertencentes ao Laboratório Físico-Químico.



Fonte: O autor (2017).

Usa-se também uma lavadora de vários ciclos Netzsch Belimed Cleaning+Desinfection para auxílio da limpeza de vidrarias (Figura 27). Na Figura 28, obtida no final do expediente do laboratório, observou-se aproximadamente dez frascos de tamanho pequeno e outros dez maiores na lavadora.

Figura 27 - Máquina de Lavar vidrarias do Laboratório Físico-Químico



Fonte: O autor (2017).

Figura 28 - Vidrarias na parte interior da máquina de lavar



Fonte: O autor (2017).

Quando a Oficina Central da RMSC (OFCEN), realiza-se a lavagem de equipamentos de porcelana por intermédio de máquina lavadora de alta pressão. Assim como ocorre no laboratório, esta atividade não possui horário nem frequência de realização definida, pois varia conforme necessidades da empresa.

Outra atividade que requer uso de água consiste na limpeza dos banheiros, na qual é utilizada meio balde de água para cada um deles. Esta atividade é realizada com uma frequência de duas vezes ao dia, ocorrendo entre 08 e 10 horas da manhã, bem como na faixa das 15 horas até 15h30 da tarde, variando conforme cada banheiro. É feita também a limpeza dos pisos da RMSC, cuja frequência corresponde a uma vez por semana, realizada no período matutino. Conforme relatado pelos auxiliares de serviços gerais, estima-se a utilização de dois a três baldes de água para a limpeza de quatro a seis salas. Ademais, os chuveiros situados na unidade são utilizados por seis jardineiros após a jornada de trabalho.

#### 4.3 HISTÓRICO DE CONSUMO DE ÁGUA

A Eletrosul registra dados como consumo de água, consumo de energia elétrica e geração de resíduos sólidos em todas as unidades da empresa, por intermédio do sistema IGS, desenvolvido pelo Centro de

Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL). Através do IGS, foi utilizado o indicador CTAA, referente ao consumo total de água a partir da rede de abastecimento da concessionária local em atividades administrativas, o que permite visualizar o histórico de consumo de água na RMSC durante o período de 2013 a 2016, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Consumo de água na RMSC, em m<sup>3</sup>/mês.

	2013	2014	2015	2016
Janeiro	208,00	127,00	166,00	301,00
Fevereiro	291,00	299,00	166,00	464,00
Março	246,00	449,00	144,00	213,00
Abril	349,00	338,00	147,00	187,00
Maiο	131,00	383,00	144,00	295,00
Junho	215,00	<b>1278,00</b>	193,00	320,00
Julho	<b>657,00</b>	<b>641,00</b>	405,00	368,00
Agosto	<b>595,00</b>	338,00	<b>677,00</b>	486,00
Setembro	<b>722,00</b>	295,00	298,00	414,00
Outubro	201,00	277,00	198,00	169,00
Novembro	243,00	325,00	407,00	497,00
Dezembro	233,00	sem dados	<b>625,00</b>	<b>650,00</b>

Fonte: IGS (2013, 2014, 2015, 2016).

Salienta-se que houve registro de vazamento na RMSC durante o mês de junho/2014, desta forma o consumo de 1.278,00 m<sup>3</sup>/mês foi desconsiderado, sendo substituído pela média aritmética entre os consumos dos meses de maio/2014 e agosto/2014, correspondendo a 360,50 m<sup>3</sup>/mês. O mesmo processo foi realizado para o mês de agosto/2014, haja vista a possibilidade de influência do vazamento. Quanto aos meses de julho/2013, agosto/2013, setembro/2013, agosto/2015, dezembro/2015 e dezembro/2016, observou-se um valor acima do esperado quando comparado aos demais períodos, assim procedeu-se o mesmo critério adotado para o mês de junho/2014.

Destaca-se que as atividades que envolvem o consumo de água na RMSC são executadas conforme a demanda de serviços ao longo do dia, não havendo grandes oscilações de consumo durante o mês nem sofrendo influências de fatores externos, a exemplo das estações do ano. Por fim, não houve registro de informações no mês de dezembro/2014, dessa

forma se optou por calcular a média aritmética entre os meses de novembro/2014 e janeiro/2015.

Feito estes ajustes, obteve-se o histórico de consumo apresentado na Tabela 4. Cabe frisar que a média global consiste na média aritmética entre as médias mensais de consumo, que abrange os meses de janeiro a dezembro.

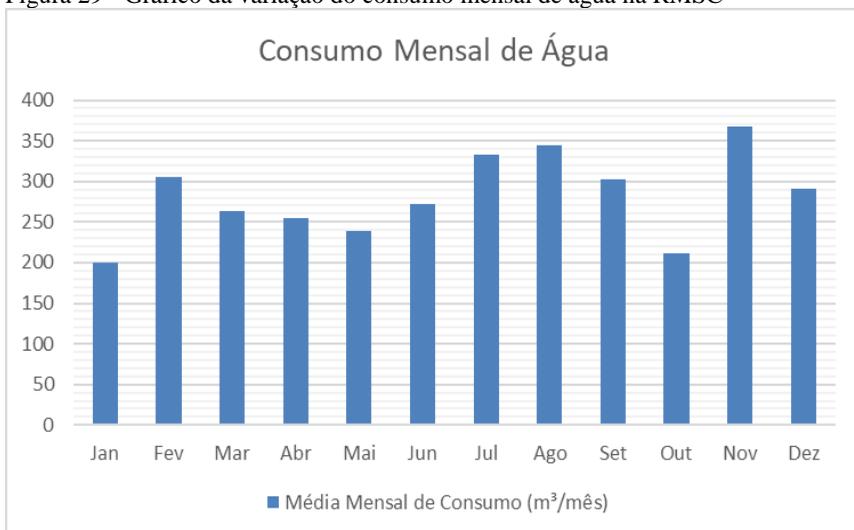
Tabela 4 – Consumo mensal após ajustes, em m<sup>3</sup>/mês.

	2013	2014	2015	2016	Média
Janeiro	208,00	127,00	166,00	301,00	200,50
Fevereiro	291,00	299,00	166,00	464,00	305,00
Março	246,00	449,00	144,00	213,00	263,00
Abril	349,00	338,00	147,00	187,00	255,25
Maiο	131,00	383,00	144,00	295,00	238,25
Junho	215,00	<b>360,50</b>	193,00	320,00	272,13
Julho	<b>208,00</b>	<b>349,25</b>	405,00	368,00	332,56
Agosto	<b>204,50</b>	338,00	<b>351,50</b>	486,00	345,00
Setembro	<b>202,75</b>	295,00	298,00	414,00	302,44
Outubro	201,00	277,00	198,00	169,00	211,25
Novembro	243,00	325,00	407,00	497,00	368,00
Dezembro	233,00	<b>245,50</b>	<b>354,00</b>	<b>333,00</b>	291,38
			Média global		282,06

Fonte: O autor (2018).

Através da Figura 29, observa-se as variações no consumo de água correspondente as médias mensais ao longo dos meses de janeiro a dezembro, no período de 2013 a 2016. Constatou-se também que a média global, referente a todos os meses do período avaliado, corresponde a 282,06 m<sup>3</sup>/mês.

Figura 29 - Gráfico da variação do consumo mensal de água na RMSC



Fonte: O autor (2018)

Os dados adquiridos embasam a determinação da vazão média de projeto ( $Q_p$ ) de  $12,82 \text{ m}^3/\text{d}$ , que consiste na razão entre a média global e um mês de trabalho. Para tanto, considerou-se um mês com 22 dias, visto que há em média quatro finais de semana mensalmente, o que totaliza oito dias sem atividades na RMSC (Equação 3).

$$Q_p = \frac{Q_{\text{méd}}}{\text{dias}} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

$Q_p$  = Vazão de projeto ( $\text{m}^3/\text{dia}$ )

$Q_{\text{méd}}$  = Vazão média global ( $\text{m}^3/\text{mês}$ )

Dias = Total de dias trabalhados em um mês (dia)

Assim sendo, tem-se:

$$Q_p = \frac{282,06}{22} = 12,82 \text{ m}^3/\text{d}$$

#### 4.4 ESTIMATIVA DO PADRÃO DIÁRIO DE CONSUMO

Por intermédio de entrevistas e visitas técnicas, foi estimado o padrão diário de consumo de água na unidade, conforme período de realização. Para tanto, optou-se pela setorização do consumo nas áreas onde há demandas de água, a saber: setor H (copa), restaurante, LAFIQ, OFCEN e banheiros.

Conforme relatado por funcionários, oito indivíduos realizam as refeições de café da manhã e lanche da tarde na copa da RMSC, situada no setor H da unidade. Já durante o almoço, aproximadamente 20 funcionários se fazem presentes no local. A principal atividade consiste na lavagem de louças após as refeições, que é feita com a torneira aberta. Conforme Tisutyia (2004), o consumo per capita de água para lavagem de utensílios varia de 2 a 9 L/hab.dia. Assim, considerou-se o consumo de 2 L/hab.dia, visto que são lavados apenas copos, talheres e potes de armazenamento dos alimentos. Para obtenção do volume total consumido, procedeu-se a multiplicação entre o número de funcionários e o volume per capita, conforme Equação (4).

$$Vt = NF * Vpc \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

Vt = Volume diário total (L)

NF = Número de funcionários que lavam louças (unidade de funcionários)

Vpc = Volume per capita (L/hab.dia)

Os resultados podem ser observados na Tabela 5, através da qual é possível concluir que são consumidos 16 L para a lavagem de louças no café da manhã (8h) e no lanche da tarde (15h), bem como 40 L no período do almoço (12h).

Tabela 5 - Consumo de água no Setor H (copa)

<b>Número de funcionários</b>	<b>Atividade</b>	<b>Horários</b>	<b>Volume per capita (L/hab.dia)</b>	<b>Volume total diário (L)</b>
8	Lavar louça	8h	2	16
20	Lavar louça	12h	2	40
8	Lavar louça	15h	2	16

Fonte: O autor (2018)

A estimativa do consumo de água no restaurante da RMSC também foi baseada em Tisutya (2004), o qual estipula a Equação (5):

$$Cm = 7,5NF + 8,4 NBS \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

$Cm$  = Consumo mensal de água no restaurante ( $m^3/mês$ )

$NF$  = Número de funcionários do restaurante (unidade de funcionários)

$NBS$  = Número de bacias sanitárias no restaurante (unidade de bacias)

De acordo com os empregados da RMSC, o restaurante conta com quatro funcionários e possui uma bacia sanitária. Ao proceder-se a Equação (5), infere-se que o consumo mensal corresponde a 38,40  $m^3/mês$  ou ainda 1,75  $m^3/dia$ , considerando 22 dias de trabalho. Ressalta-se também que, como o horário de funcionamento do restaurante é das 11h às 14h, foi considerado que as atividades se iniciam às 9h e perduram até às 15h. A Tabela 6 apresenta um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 6 - Consumo de água no restaurante

<b>Número de funcionários</b>	<b>Atividade</b>	<b>Horários</b>	<b>Número de bacias sanitárias</b>	<b>Volume total diário (L)</b>
4	Refeição e limpeza	9h - 15h	1	1745,45

Fonte: O autor (2018)

Em relação ao LAFIQ, é previsto o consumo de água na lavagem de vidrarias, feita manualmente com torneira aberta ou com máquina de lavar, esta que promove limpeza e desinfecção. Para a limpeza manual, foi considerado que a atividade possui 15 minutos de duração, ocorrendo em dois períodos: no final da manhã, às 11 horas, e durante a tarde, às 15 horas. Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), lavar utensílios com a torneira aberta durante 15 minutos consome, em média, 117 L de água (G1 SÃO PAULO, 2014). Assim sendo, o volume total requerido nesta atividade foi de 117 L para cada período de realização.

Quanto ao consumo de água na máquina lavadora, partiu-se do pressuposto que a atividade ocorre às 15h, visto que durante as visitas técnicas, esta demanda já estava concluída às 16h. Com base no consumo médio de máquinas lavadores de vários ciclos, presentes nos catálogos de

modelos similares ao disponível na RMSC, foi adotado um volume de 50 L para esta atividade, conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Consumo de água no LAFIQ

<b>Atividade</b>	<b>Horários</b>	<b>Duração</b>	<b>Volume total diário (L)</b>	<b>Observação</b>
Lavagem de frascos	11h 15h	15 min	117	Torneira aberta
Lavagem de frascos	15h	Lavação em ciclos	50	Máquina de lavar

Fonte: O autor (2018)

O gasto de água na OFCEN é representado pela lavagem de equipamentos com máquina lavadora de alta pressão. Destaca-se que, de acordo com a Associação Brasileira do Mercado Limpeza Profissional (Abralimp), o uso desse equipamento proporciona uma economia de 80% no consumo de água em comparação as mangueiras tradicionais, representando um consumo médio de 5 L por minuto (EXAME, 2015). Para a estimativa de consumo, considerou-se dois períodos de uso: das 10h ao meio dia e das 13h até 16h. Para cada período, foi estipulado que o uso efetivo da máquina corresponde a 30 minutos. Ou seja, durante uma hora de atividades, a mesma fica ligada por um tempo total de 30 minutos. Como as atividades de limpeza ocorrem em cinco períodos de horas e para cada hora a máquina lavadora de alta pressão é acionada por 30 minutos, infere-se que o tempo total de uso corresponde a 150 minutos. A Equação (6) apresenta o método de cálculo utilizado para a situação supracitada:

$$Vt = Cm * t \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

Vt = Volume total (L/dia)

Cm = Consumo médio da máquina lavadora de alta pressão (L/min)

t = Tempo total de uso (min)

Diante do exposto, tem-se que o consumo diário total corresponde a 750 L (Tabela 8). No que se refere ao padrão diário de consumo, esse volume foi distribuído ao longo das cinco horas de uso da máquina lavadora, visto que consiste no período total de realização da atividade.

Tabela 8 - Consumo de água na OFCEN

<b>Atividade</b>	<b>Horários</b>	<b>Consumo (L/min)</b>	<b>Volume total diário (L)</b>	<b>Observação</b>
Lavagem de equipamentos	10h - 12h 13h - 16h	5	750	Máquina VAP

Fonte: O autor (2018)

No que tange ao consumo para serviços gerais, utiliza-se meio balde de água para a limpeza dos banheiros diariamente. Para a estimativa, foi adotado o uso de um balde inteiro de 10 L, visto que semanalmente ocorre também a limpeza nos pisos da unidade, o que requer um volume maior de água. Através da Equação (7), determinou-se o volume total de 160 L para esta atividade, que é realizada em dois períodos: das 8h às 10h e das 15h às 16h. A Tabela 9 apresenta um resumo dos resultados obtidos.

$$Vt = NB * Vu \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

Vt = Volume total (L/dia)

NB = Número de banheiros na unidade (unidade de banheiros)

Vu = Volume unitário de um balde (L)

Tabela 9 - Consumo de água em serviços gerais

<b>Número de banheiros</b>	<b>Atividade</b>	<b>Horários</b>	<b>Consumo (L/balde)</b>	<b>Volume total diário (L)</b>
16	Lavação do banheiro	8h - 10h 15h - 16h	10	160

Fonte: O autor (2018)

Há também o consumo de água em atividades de higiene pessoal, que são representadas pelo uso sanitário, o ato de lavar as mãos, além do banho tomado pelos jardineiros no término do expediente. Conforme Tisutyia (2004), uma pessoa gasta em média 9 L de água para lavar as mãos durante um dia. Assim, a Equação (8) exprime o cálculo utilizado para a obtenção do gasto correspondente a 1800 L diários desta atividade. Este consumo foi distribuído dentro do horário núcleo de funcionamento da RMSC, visto que não há um horário exato de realização.

$$Vt = NF * Vpc \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

Vt = Volume total (L/dia)

NF = Número de funcionários na unidade (unidade de funcionários)

Vpc = Volume per capita gasto para a atividade (L/hab.dia)

Quanto ao volume gasto com o uso sanitário, Tomaz (2003) indica que a estimativa seja feita considerando a frequência de uso igual a quatro vezes por dia, para cada funcionário da unidade. Como a RMSC possui descargas com bacia acoplada, foi estipulado o consumo de 6 L para cada descarga acionada. Através da Equação (9), pode-se constatar como o cálculo foi realizado. Da mesma forma que o consumo para a lavagem das mãos, o volume gasto supracitado foi distribuído dentro do horário núcleo de funcionamento da RMSC.

$$Vt = NF * Vu \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

Vt = Volume total (L/dia)

NF = Número de funcionários na unidade (unidade de funcionários)

Vu = Volume unitário de uma descarga (L)

Por fim, considerou-se também o consumo proveniente da atividade de tomar banho, necessária ao final do expediente para os seis funcionários da jardinagem, cujo provável horário de realização é das 16h às 17h. Para tanto, Tisutyia (2004) recomenda a adoção do consumo per capita de 60 L por banho. A Equação (10) mostra o procedimento de cálculo para a situação exposta.

$$Vt = NF * Vpc \quad \text{Equação (10)}$$

Onde:

Vt = Volume total (L/dia)

NF = Número de funcionários na unidade (unidade de funcionários)

Vpc = Volume per capita gasto para a atividade (L/hab.dia)

Assim sendo, a Tabela 10 exibe um resumo dos cálculos utilizados para as atividades de uso sanitário, lavar as mãos e banho.

Tabela 10 - Consumo de água nas atividades de higiene pessoal

<b>Número de funcionários</b>	<b>Atividade</b>	<b>Frequência (nº de vezes)</b>	<b>Volume per capita (L/hab.dia)</b>	<b>Volume total diário (L)</b>
200	Lavar as mãos	-	9	1800
200	Uso sanitário	4	6	4800
6	Tomar banho	1	60	360

Fonte: O autor (2018)

Diante do exposto, foi possível a estruturação da Tabela 11, que apresenta o volume de água consumido em função do horário estimado de realização das atividades, além da vazão média por intervalo de horas.

Tabela 11 - Consumo diário de água estimado para a RMSC

<b>Hora (h)</b>	<b>Volume (L)</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Vazão média horária (L/h)</b>
0	0	0h-1h	0
1	0	1h-2h	0
2	0	2h-3h	0
3	0	3h-4h	0
4	0	4h-5h	0
5	0	5h-6h	0
6	0	6h-7h	403,33
7	807	7h-8h	894,67
8	983	8h-9h	1120,12
9	1258	9h-10h	1252,58
10	1248	10h-11h	1306,08
11	1365	11h-12h	1251,08
12	1138	12h-13h	1192,58
13	1248	13h-14h	1247,58
14	1248	14h-15h	1273,62
15	1300	15h-16h	1233,17

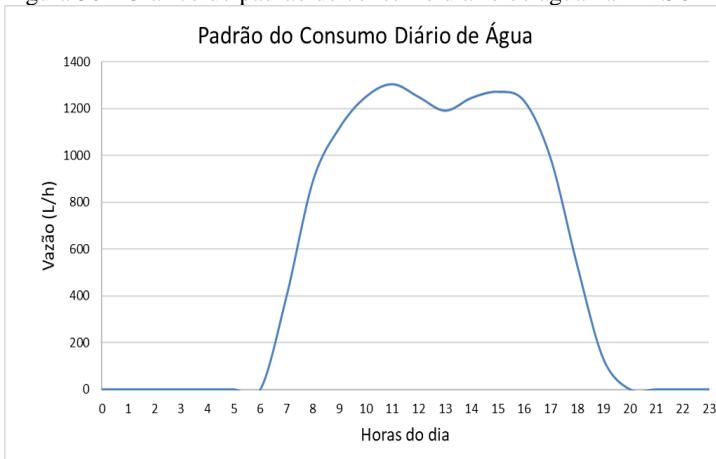
16	1167	16h-17h	986,67
17	807	17h-18h	531,67
18	257	18h-19h	128,33
19	0	19h-20h	0
20	0	20h-21h	0
21	0	21h-22h	0
22	0	22h-23h	0
23	0	23h-00h	0

Fonte: O autor (2018)

Salienta-se que o volume diário estimado correspondeu a 9,74 L/dia. Como a média de consumo diário na RMSC é de 12,82 L/dia, o consumo pendente de 3,08 L/dia foi distribuído ao longo do horário núcleo da RMSC, para então totalizar a demanda diária de água. O referido consumo pendente pode ser proveniente das atividades de jardinagem e devido a perdas de água por vazamentos, ou ainda ocasionado por uma subestimação do volume consumido nas atividades listadas.

Desta forma, obteve-se o padrão de consumo diário, apresentado de forma gráfica na Figura 30. Destaca-se que há uma diminuição do consumo das 11h às 13h, visto que consiste no horário de almoço dos funcionários, onde de modo geral não há atividades dentro da unidade.

Figura 30 - Gráfico do padrão de consumo diário de água na RMSC



Fonte: O autor (2018)

#### 4.5 PERFIL DO POÇO TUBULAR

O poço tubular da Eletrosul está cadastrado no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), pertencente ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), conforme é exibido no Anexo 1. Situado na cota de 13 m, foi perfurado através do método de percussão em agosto de 1986, tendo uma profundidade total de 123,70 m. O referido poço está locado em uma área de vegetação, tendo uma estrutura de concreto em volta do mesmo (Figura 31 e Figura 32). Ademais, há uma tampa lacre na boca do poço, com altura de 58 cm e diâmetro de 6 polegadas (Figura 33). Cabe salientar que, atualmente, o poço se encontra desativado.

Figura 31 - Área de vegetação no entorno do poço tubular



Fonte: O autor (2017)

Figura 32 - Estrutura de concreto do poço tubular



Fonte: O autor (2017)

Figura 33 - Poço tubular com tampa lacre



Fonte: O autor (2017)

A fim de verificar possíveis obstruções no poço, oriundas de cepos de madeira, pedras ou outros materiais que porventura adentraram no mesmo, atou-se um fio de nylon a uma porca. Assim, este foi baixado até a profundidade de 100 m, que corresponde ao comprimento total do fio utilizado, não sendo detectada nenhuma obstrução.

O diâmetro de abertura do poço tubular corresponde a 12” nos primeiros 12 m de profundidade, havendo uma redução para 8” entre as profundidades de 12 a 13 m. O restante possui um diâmetro de abertura igual a 6”. Estas informações se encontram resumidas na Tabela 12. O revestimento do poço, por sua vez, ocorreu apenas entre as profundidades de 0 a 13 m, onde o preenchimento do espaço anular foi realizado por intermédio da cimentação.

Tabela 12 - Diâmetro de abertura do poço tubular

<b>Profundidade (m)</b>		<b>Diâmetro (pol)</b>
<b>De</b>	<b>Até</b>	
0,0	12,0	12”
12,0	13,0	8”
13,0	123,70	6”

Fonte: SIAGAS (2018)

Em termos hidrogeológicos, a localidade está inserida na bacia hidrográfica Atlântico Sul-Sudeste e nas sub bacias dos rios Tubarão e Araranguá. O aquífero no ponto é classificado como fissural e confinado, enquanto o domínio geológico consiste no Complexo granito-gnáissico. Conforme consta no mapa hidrológico de Santa Catarina, esta formação pertence a Unidade Hidroestratigráfica Embasamento Cristalino, com aquíferos restritos as zonas fraturadas e de boa potabilidade, cujas altitudes se encontram na faixa de 200 m a 1.000 m (MACHADO, 2013). O Quadro 3 exibe a descrição litológica do solo, de acordo com a profundidade. Ressalta-se também que a água flui para dentro do poço tubular nas seguintes profundidades: 29 m, 42 m e 86 m.

Quadro 3 - Descrição litológica do poço tubular

<b>Profundidade (m)</b>		<b>Litologia</b>
<b>De</b>	<b>Até</b>	
0,0	12,0	Argila cinza amarelado
12,0	123,70	granito

Fonte: SIAGAS (2018)

Em relação ao último ensaio de bombeamento realizado, o nível estático estava situado a 8,02 m ou na cota de 4,98 m em relação a boca do poço. Iniciado o teste, foi registrado um nível dinâmico de 97,15 m, o que corresponde a cota de - 84,15 m, com uma vazão de exploração igual a 19,31 m<sup>3</sup>/h. A vazão específica, por sua vez, obteve um valor de 0,217 m<sup>3</sup>/h/m. Desta forma, infere-se que o rebaixamento do poço tubular foi de 89,13 m, visto que este consiste entre a diferença do ND e do NE.

Quanto a qualidade da água, os resultados das últimas análises químicas realizadas no poço podem ser observadas através da Tabela 13. Ao comparar com os padrões de potabilidade contidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação (PRC) nº 5/2017, do MS, infere-se que a água subterrânea atende ao limite estipulado para turbidez, cloreto, dureza total e ferro total, mesmo sem ocorrência de desinfecção com cloro.

No tocante a Resolução CONAMA 396/2008, os valores de cloreto e ferro total estão em conformidade com a norma vigente, em relação ao uso para consumo humano. Entretanto, a concentração de fluoretos se encontra superior ao que preconiza ambas as resoluções, apresentando 1,80 mg/L enquanto o máximo tolerado é de 1,50 mg/L. Salienta-se que o flúor é empregado nas águas de abastecimento como prevenção à cárie dentária, entretanto, a exposição em concentrações elevadas pode culminar na fluorose, que consiste em manchas esbranquiçadas nos dentes e pode evoluir para graus de deformação (BRASIL, 2012). Para remoção do flúor, encontra-se o desfluoretador como tecnologia disponível no mercado, que consiste num filtro para remoção de flúor (CEA DO BRASIL, 2018).

Tabela 13 - Qualidade da água do poço tubular

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Concentração Poço</b>	<b>PRC nº 5/2017</b>	<b>CONAMA nº 396/2008</b>
<b>Condutividade elétrica</b>	µS/cm	344,25	-	-
<b>Turbidez</b>	NTU	0,8	1,0 em 95% das amostras*	-
<b>pH</b>		7,50	-	-
<b>Cálcio</b>	mg/L	29,26	-	-
<b>Cloreto</b>	mg/L	30,0	250,0	250,0

<b>Dureza total</b>	mg/L	114,81	500,0	-
<b>Fluoretos</b>	mg/L	1,80	1,50	1,50
<b>Ferro total</b>	mg/L	0,25	0,30	0,30
<b>Magnésio</b>	mg/L	9,99	-	-
<b>Alcalinidade e total</b>	mg/L	152,0	-	-

\*Em águas subterrâneas, após desinfecção.

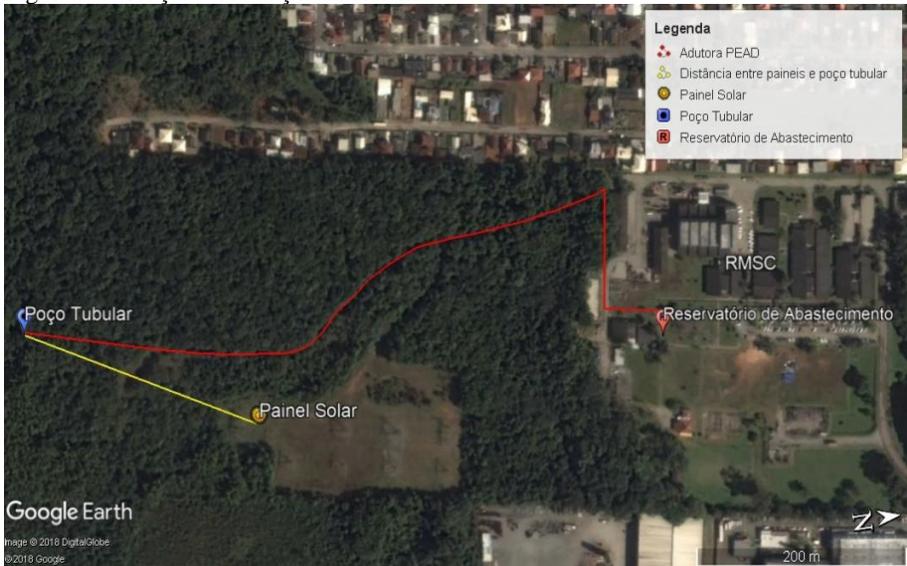
Fonte: SIAGAS (2018)

#### 4.6 PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA COM BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO

O poço tubular está localizado numa área cujo terreno apresenta uma declividade máxima de 5,4%, com vegetação no entorno e riscos de queda de árvores durante situações de tempestade. Desta forma, o material selecionado para compor a tubulação consiste no Polietileno de Alta Densidade (PEAD), a ser enterrado no solo durante o trajeto até o reservatório de abastecimento da unidade, com recobrimento de 30 cm. Através da Figura 34, observa-se o traçado da tubulação de adução, que se justifica por ser um trajeto aberto, desprovido de vegetação, para permitir a passagem de automóveis e o acesso de funcionários da RMSC. Ademais, as tubulações de PEAD são leves e flexíveis, dispensando o uso de conexões para realização de curvas ao longo da adutora. O esquema desta situação pode ser observado por intermédio do Apêndice C.

Os módulos fotovoltaicos, por sua vez, estão localizados numa área de clareira onde são realizados treinamentos de manutenção em torres de transmissão. Cabe salientar que os painéis estão a um raio de aproximadamente 245 m de distância do poço tubular.

Figura 34 - Traçado da adução do sistema



Fonte: Google Earth (2018)

## 4.6.1 Modelo de Simulação

### 4.6.1.1 Dados de entrada

Inicialmente, utilizou-se os dados de radiação provenientes de Florianópolis/SC. Esta última escolha é justificada por se tratar do município mais próximo ao local de realização do estudo, cujos dados de radiação se encontravam disponíveis no modelo de simulação. Cabe enfatizar que os dados de radiação do modelo são embasados em coletas realizadas ao longo de 92 dias, durante o período de inverno, considerados mais críticos em termos de incidência solar.

Na sequência, foi inserido o número de consumidores, que totalizam 200 indivíduos conforme especificado anteriormente. Sabe-se também que o consumo médio mensal é igual a 12,82 m<sup>3</sup>/dia, o que permite determinar um consumo per capita igual a 0,064 m<sup>3</sup>/hab.dia ou 64 L/hab.dia (Equação 11).

$$q = \frac{Qm}{NF}$$

Equação (11)

Onde:

$Q_m$  = Consumo médio mensal (L/dia)

NF = Número de funcionários na unidade (adimensional)

$q$  = Consumo per capita (L/hab.dia)

O próximo passo consistiu em indicar se havia necessidade da seleção de um reservatório ou da determinação de uma bomba solar para o sistema. Para o presente estudo, designou-se que o modelo de simulação deveria se restringir a indicação de uma bomba. A Figura 35 apresenta a tela inicial do referido modelo, com os dados iniciais já inseridos.

Figura 35 - Dados iniciais inseridos no modelo de simulação

DADOS INICIAIS	
Região	Sul
Dados de radiação	Florianópolis -SC
N - números de consumidores	200
q - consumo individual (L/hab.d)	64,00
Indicar um reservatório	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não
Escolher uma bomba	<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não

Fonte: O autor (2018)

Posteriormente, foi inserido o padrão de consumo horário, da mesma forma como está disposto na Tabela 11. Ademais, como o sistema de captação proposto já possui um reservatório, foi indicado o volume do mesmo, que consiste em 56.540 L, além de considerar uma tolerância de falta d'água igual a 5% e um fator de enchimento correspondente a 90%. A Figura 36 expõe a inserção de dados referentes aos aspectos supracitados.

Figura 36 - Dados de entrada referentes ao reservatório

<b>RESERVATÓRIO</b>	
Tolerância de falta d'água (%)	5%
Fer = Fator de enchimento (%)	90%
Volume Nominal (L)	56540
Material	Polietileno
Diâmetro (m)	6,000

Fonte: O autor (2018).

Quanto ao poço, foi necessário especificar que este será do tipo tubular profundo, com profundidade de 123,70 m e capacidade máxima de produção igual a 19,31 m<sup>3</sup>/h, dado obtido através do teste de bombeamento. Uma vez que o poço já se encontra implantado na área, os custos de escavação e mobilização foram considerados nulos. A Figura 37 mostra os dados de entrada referentes ao poço tubular.

Figura 37 - Dados de entrada referente ao poço

<b>POÇO</b>	
Tipo do Poço	<input type="radio"/> Raso <input checked="" type="radio"/> Tubular Profundo
Profundidade do poço (m)	123,7
Vazão máxima (m <sup>3</sup> /h)	19,31
Custo escavação (R\$/m)	0
Custo mobilização (R\$)	0

Fonte: O autor (2018).

No que tange a tubulação adução, foi preciso selecionar o tipo de material empregado para a canalização. Dentre as possíveis opções, tem-se o PVC soldável, o PEAD e o FoFo. Para este projeto, selecionou-se a tubulação de PEAD.

Outro dado a ser indicado corresponde no comprimento total do trecho de adução e suas respectivas ramificações. Neste caso, o comprimento total medido foi de 800 m e não houve necessidade de ramificações na rede de adução.

Foi necessário determinar a Hg de recalque, conhecida também como altura estática, que consiste no desnível geométrico a ser vencido no sistema projetado. Em outras palavras, representa a altura desde o ND do poço até a cota do eixo do tubo de entrada na cisterna.

Para a determinação do nível dinâmico, foi calculado inicialmente o rebaixamento do poço tubular em função da vazão específica, que de acordo com o teste de bombeamento é igual a 0,217 m<sup>3</sup>/h/m, e da vazão média de bombeamento de 5,12 m<sup>3</sup>/h. A vazão de bombeamento supracitada foi indicada pelo próprio modelo de simulação, que considera os aspectos de consumo diário de água e padrão de radiação da localidade, este último que engloba o fator de segurança referente a falta de sol e o número de horas de sol pleno. Assim sendo, determinou-se o rebaixamento por intermédio da Equação (12), obtendo-se um valor de 23,59 m.

$$s = \frac{Qb}{qesp} \quad \text{Equação (12)}$$

Onde:

s = Rebaixamento do poço (m)

Qb = Vazão média de bombeamento (m<sup>3</sup>/h)

qesp = Vazão específica do poço (m<sup>3</sup>/h/m)

Como o rebaixamento do poço consiste na diferença entre o ND e o NE, o valor do ND do poço foi determinado através da Equação (13), onde o rebaixamento é igual a 23,59 m e o NE equivale a cota de 4,98 m, este obtido através do teste de bombeamento. Desta forma, o ND está situado na cota de - 18,61 m.

$$ND = s - NE \quad \text{Equação (13)}$$

Onde:

ND = Nível dinâmico (m)

$s$  = Rebaixamento do poço (m)

NE = Nível estático (m)

Por fim, salienta-se que o trajeto da rede de adução é caracterizado por um declínio no terreno, enquanto a cota de chegada no reservatório de abastecimento corresponde a  $-0,10$  m, visto que se encontra abaixo do solo, pois a cisterna está enterrada. Assim, não há nenhum desnível geométrico a ser vencido durante a chegada da tubulação. Com base nisso, infere-se que a Hg do sistema de captação é igual a  $31,61$  m, que consiste na diferença entre as cotas do ND e da boca do poço.

Ademais, deve-se inserir o valor do somatório das perdas de carga localizadas, referentes a tubulação de adução. Conforme descrito anteriormente, a tubulação de PEAD é um material flexível o suficiente, permitindo a ocorrência de curvas no trajeto sem que haja necessidade da inserção de conexões hidráulicas. Portanto, considerou-se este somatório das singularidades como nulo. Neste sentido, salienta-se que a perda de carga do sistema foi representada apenas pelas perdas distribuídas. A Figura 38 apresenta os dados inseridos no que tange a rede de adução.

Figura 38 - Dados de entrada referentes a rede de adução do sistema

<b>ADUÇÃO</b>	
Material da adutora	PEAD ▼
L = comprimento do conduto unificado (m)	800
L1 = comprimento do conduto ramificado (m)	0
Hg = altura geométrica de recalque (m)	31,6
$\sum K$ = somatório das singularidades em L	0
$\sum K1$ = somatório das singularidades em L1	0

Fonte: O autor (2018).

O modelo de simulação utilizado indica também o diâmetro comercial a ser utilizado na rede de adução, com base no critério do diâmetro econômico e do padrão de radiação da localidade. À vista disso,

determinou-se um diâmetro comercial de 63 mm para a tubulação de PEAD da adução. Através do Apêndice D, pode-se observar a planta e o corte na saída do poço tubular, com indicação dos tubos e conexões empregados.

#### 4.6.1.2 Seleção da bomba solar

O principal resultado fornecido pelo modelo de simulação consistiu na bomba solar, a ser implantada no sistema de captação de água subterrânea. Por intermédio dos dados de entrada e das determinações feitas pelo modelo, a bomba indicada para a situação correspondeu na Flankin Eletric SolarPak, modelo SUB150-SLS4E7, potência de 2250 W ou 3 cv, com diâmetro de recalque igual a 2 polegadas e drive incluso (Figura 39). O Apêndice E exibe o corte do poço tubular com representação do nível estático na cota de 4,98 m e do nível dinâmico para a vazão de projeto, situado na cota de - 18,61 m.

Figura 39 - Motobomba SolarPak



Fonte: Schneider motobombas (2018)

O modelo calculou também a altura manométrica (Hm) correspondente ao somatório da Hg, indicada como dado de entrada, e da perda de carga do sistema, o qual tem como base a Equação de Hazen Willians, com um coeficiente de atrito (C) do PEAD igual a 130 e

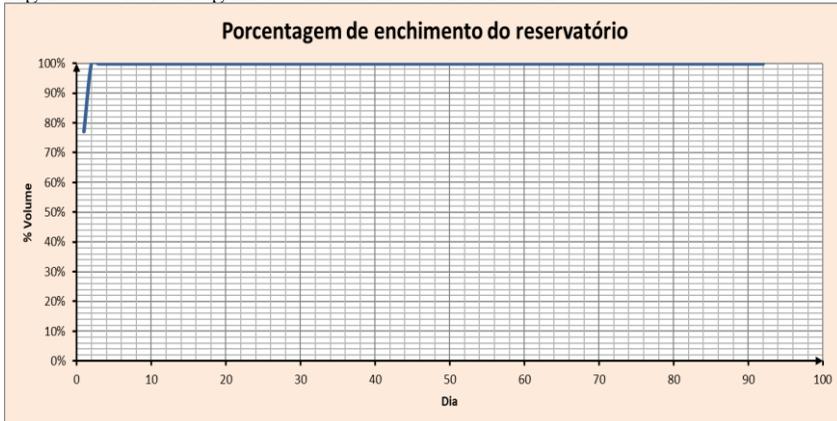
comprimento da adução de 800 m. Para o sistema de captação proposto, tem-se uma Hm de 37,61 m. Desta forma, infere-se que a perda de carga calculada pelo modelo corresponde a 6 m.

Quanto aos módulos fotovoltaicos, a bomba em questão requer o uso de onze painéis, com dimensões de 1x1,7 m, conforme pode ser observado no Apêndice F. O ponto para locação dos referidos módulos se dá nas seguintes coordenadas de referência: Latitude 27°36'22,11"S e Longitude 48°40'45,89"O. Considerando que a latitude está entre 21 a 45 graus, os painéis devem ser fixados com a inclinação de 37°, para que haja a otimização da produção anual de energia. O Apêndice G mostra a representação do painel em corte, com a indicação da referida inclinação.

#### 4.6.1.3 Enchimento do reservatório

No que tange ao enchimento do reservatório, a porcentagem de dias com falta de água prevista pelo modelo de simulação foi nula. O modelo forneceu também a porcentagem de enchimento do reservatório de abastecimento da RMSC, apresentado de forma gráfica na Figura 40. Através dela, constatou-se um enchimento equivalente a 77% da cisterna no primeiro dia de operação, mantendo-se igual a 100% do segundo dia em diante.

Figura 40 - Porcentagem de enchimento do reservatório de abastecimento

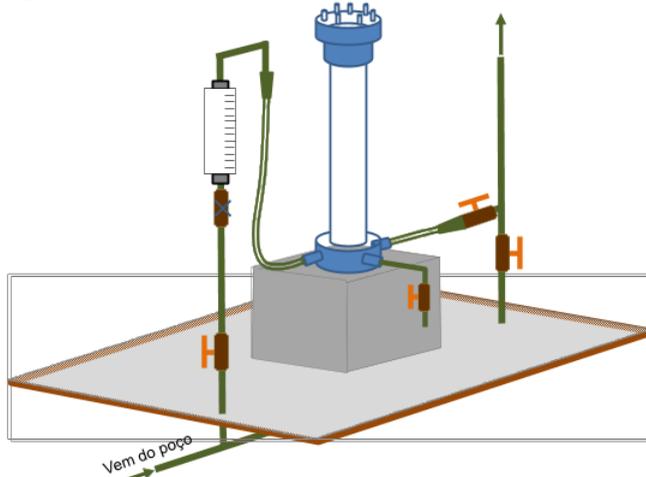


Fonte: O autor (2018)

#### 4.6.2 Sistema de Desinfecção

Para a desinfecção da água, optou-se pela utilização de um clorador de pastilhas da marca Hypocal, modelo TP 35, instalado na saída do poço tubular. A Figura 41 exibe uma representação esquemática do clorador supracitado, que além de conter o clorador em si, requer o uso de quatro registros e um rotâmetro. Dentre as principais vantagens desse sistema de desinfecção, cita-se a segurança e facilidade do uso, a simplicidade do transporte e estocagem das pastilhas, além de proporcionar a desinfecção imediata.

Figura 41 – Representação esquemática de um clorador de pastilhas



Fonte: Adaptado de Hypocal (2017).

O uso do clorador necessita também de manutenções periódicas quanto ao controle e a reposição das pastilhas de cloro. Estas pastilhas são constituídas por hipoclorito de cálcio, com concentração de cloro ativo igual a 65% e disponibilizadas em tabletes cilíndricos de 200 g cada, capazes de desinfetar 10.000 L de água.

A razão entre o consumo mensal de água e o volume de desinfecção fornece o total de pastilhas a serem utilizadas em um mês. Considerando uma demanda média mensal de 282,06 m<sup>3</sup>/mês, equivalente a 282.062,5 L, e a capacidade de desinfecção de 10.000 L, estima-se o uso de 29 pastilhas mensalmente, ou ainda 339 pastilhas ao ano.

## 4.7 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

### 4.7.1 Fluxo de Caixa

O investimento inicial do projeto consiste na aquisição da bomba SolarPak, dos painéis fotovoltaicos e das estruturas de suporte, cujo orçamento foi obtido junto aos fornecedores, com um valor total de R\$ 28.367,34, cotado no mês de maio/2018.

Foi necessário também a obtenção de um clorador para desinfecção da água, considerando que a manutenção anual deste sistema é proveniente do uso de 339 pastilhas anualmente. Através de pesquisas com fornecedores, tem-se um gasto imediato de R\$ 439,99 referente ao clorador. Quanto as pastilhas, elas são fornecidas em baldes de 14 kg com 70 unidades, no valor de R\$ 899,00. Assim, foi necessária a aquisição de cinco baldes anualmente, totalizando R\$ 4.495,00.

No que tange a rede de adução, o investimento tem como base os dados do SINAPI, referentes a insumos não desonerados do mês de abril/2018. A Tabela 14 apresenta a listagem de custos referentes ao tubo de PEAD, em relação ao diâmetro externo e espessura da parede. Para o projeto proposto, considerou-se o preço mediano de R\$ 36,26 por metro de tubulação. Como a rede de adução proposta apresenta 800 m de comprimento, a despesa prevista foi de R\$ 29.008,00.

Tabela 14 - Despesas referentes a tubulação PEAD, em função do diâmetro externo

<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Preço mediano (R\$)</b>
Tubo PEAD, DE = 20 mm x 2,3 mm parede	m	3,16
Tubo PEAD, DE = 32 mm x 3,0 mm parede	m	6,24
Tubo PEAD, DE = 50 mm x 4,6 mm parede	m	16,21
Tubo PEAD, DE = 75 mm x 6,9 mm parede	m	36,26
Tubo PEAD, DE = 110 mm x 10,0 mm parede	m	76,10

Fonte: SINAPI (2018)

Foram consideradas também despesas relacionadas a locação da rede de abastecimento, com base no preço mediano do SINAPI. Para a

locação de redes de água ou de esgoto, tem-se como base o valor de R\$ 0,82 por metro, o que acarreta um gasto de R\$ 656,00 para este serviço, ao considerar 800 m de canalização do projeto.

Além disso, o poço tubular da RMSC não possui outorga de uso da água. Desta forma, faz-se necessário requerer a outorga para fins de abastecimento público junto a Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS) do Estado de Santa Catarina. Para tanto, é cobrado uma taxa de R\$ 924,00, estabelecida pelo Decreto Estadual nº 4.871/2006. A Tabela 15 apresenta um resumo dos investimentos necessários para o projeto.

Tabela 15 - Resumo dos investimentos necessários ao projeto

<b>Descrição</b>	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Despesa anual (R\$)</b>
Conjunto bomba solar e módulos fotovoltaicos	28.367,34	-
Clorador de pastilhas	439,99	-
Pastilhas	-	4.495,00
Adutora PEAD	29.008,00	-
Locação da adutora	656,00	-
Outorga de uso	924,00	-
<b>Total</b>	<b>59.395,33</b>	<b>4.495,00</b>

Fonte: O autor (2018)

O lucro anual, por sua vez, foi estimado com base das tarifações da água, que serão reduzidas ou extinguidas com a implantação do projeto proposto. Para tanto, utilizou-se as médias anuais de consumo para estimar os gastos provenientes do abastecimento de água, apresentadas anteriormente na Tabela 4. Inicialmente, foram somadas as médias mensais referentes a cada ano do período estudado. Na sequência, determinou-se a média anual em relação ao consumo anual entre 2013 e 2016, cujo resultado foi igual a 282,06 m<sup>3</sup>/ano. A Tabela 16 apresenta um resumo dos dados supracitados.

Tabela 16 - Consumo anual de água na RMSC, em m<sup>3</sup>/ano

	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>Consumo anual</b>	2.732,25	3.786,25	2.973,50	4.047,00
	<b>Média anual</b>			3.384,75

Fonte: O autor (2018)

Considerando a ocorrência de variações do consumo anual em relação à média determinada, que podem ocorrer devido a casos de vazamentos pontuais, além da possibilidade de subestimação dos volumes de água durante a análise do padrão de consumo na RMSC, foram propostos dois cenários:

- Cenário 1: substituição total do sistema de abastecimento convencional, no qual o projeto proposto é capaz de suprir totalmente o abastecimento da unidade, ou seja, não haverá despesas relacionadas a tarifas de água.
- Cenário 2: substituição parcial do sistema de abastecimento convencional, no qual o projeto proposto é capaz de suprir o equivalente a 70% da demanda mensal de água estimada. Assim, será requerido um volume de 1.015,43 m<sup>3</sup>/ano da concessionária local ao invés dos 3.384,75 m<sup>3</sup>/ano necessários atualmente, sem ativação do poço tubular.

Tendo em vista que a Eletrosul consiste em uma empresa pública, a tarifação de água da RMSC é enquadrada na categoria do setor público, na faixa de cobrança número 2, visto que o consumo ultrapassa o volume de 10 m<sup>3</sup>/mês. Desta forma, a taxa cobrada pela concessionária é de 10,3330 R\$/m<sup>3</sup>, o que ocasiona uma economia de R\$ 34.974,62 ao ano para o Cenário 1 e R\$ 24.482,18 para o Cenário 2.

No que tange a taxa de juros, utilizou-se a média global do IPCA registrada nos últimos cinco anos como a TMA da análise econômica, que correspondeu a 6,44% aa. A escolha é devido ao fato de que o projeto não possui caráter lucrativo, sendo necessário apenas a correção dos investimentos propostos em relação a inflação do país (Tabela 17). Ademais, foi considerado uma vida útil de 20 anos para o projeto.

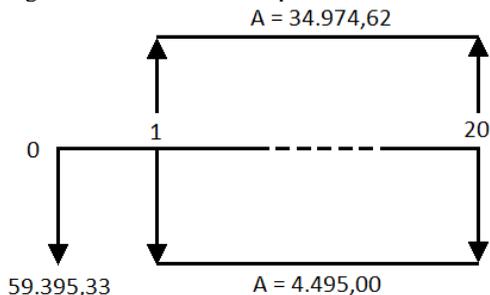
Tabela 17 - IPCA acumulado para o período de 2013 a 2017

<b>Ano</b>	<b>IPCA (% acumulado do ano)</b>
2013	5,91
2014	6,40
2015	10,67
2016	6,28
2017	2,94
<b>Média global</b>	<b>6,44</b>

Fonte: IBGE, 2018

A Figura 42 apresenta o fluxo de caixa para o Cenário 1, que ao descontar os gastos provenientes da operação do clorador de pastilhas, possui um lucro anual de 30.479,62.

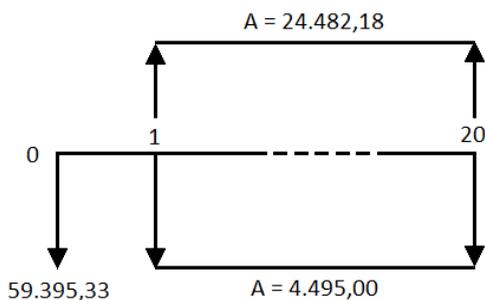
Figura 42 - Fluxo de caixa para o Cenário 1



Fonte: O autor (2018)

A Figura 43, por sua vez, expõe este fluxo com base no lucro anual do Cenário 2, sendo igual a 19.987,18 quando descontado as despesas com pastilhas.

Figura 43 - Fluxo de caixa para o Cenário 2



Fonte: O autor (2018)

#### 4.7.2 VPL

Diante dos dados expostos, torna-se possível determinar o VPL para os cenários propostos através da Equação (1), já descrita anteriormente.

- Cenário 1:

$$VPL(1) = P + A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] = -59.395,33 + 30.479,62 \left[ \frac{(1,064)^{20} - 1}{0,064(1,064)^{20}} \right]$$

$$\mathbf{VPL(1) = + 279.128,73}$$

- Cenário 2:

$$VPL(2) = P + A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] = -59.395,33 + 19.987,18 \left[ \frac{(1,064)^{20} - 1}{0,064(1,064)^{20}} \right]$$

$$\mathbf{VPL(2) = + 162.593,70}$$

### 4.7.3 TRC DESCONTADO

O TRC é outro critério importante para a análise econômica, visto que expõe o tempo necessário para recuperar os investimentos realizados no projeto. Para o cálculo, aplicou-se a Equação (2) em ambos os cenários, considerando um período de 20 anos, onde o tempo de retorno é aquele em que o valor do TRC se torna superior aos dos investimentos.

- Cenário 1:

$$TRC1 = \frac{F}{(1+i)^t} = \frac{30.479,62}{(1+0,064)^1} = 28.646,25 < 59.395,33$$

$$TRC2 = TRC1 + \frac{30.479,62}{(1+0,064)^2} = 28.646,25 + 26.923,18 =$$

$$55.569,43 < 59.395,33$$

$$TRC3 = TRC2 + \frac{30.479,62}{(1+0,064)^3} = 55.569,43 + 25.303,74 =$$

$$\mathbf{80.873,17 > 59.395,33}$$

- Cenário 2:

$$TRC1 = \frac{F}{(1+i)^t} = \frac{24.482,18}{(1+0,064)^1} = 23.009,57 < 59.395,33$$

$$TRC2 = TRC1 + \frac{24.482,18}{(1+0,064)^2} = 23.009,57 + 21.625,53 =$$

$$44.635,10 < 59.395,33$$

$$TRC3 = TRC2 + \frac{24.482,18}{(1+0,064)^3} = 44.635,10 + 20.324,75 =$$

$$64.959,85 > 59.395,33$$

Ademais, conforme descrito por Fedrizzi (2003), o sistema de bombeamento fotovoltaico se torna uma opção mais vantajosa financeiramente em comparação ao bombeamento tradicional, quando o produto entre a média diária de consumo e a altura manométrica do sistema são inferiores a  $6000 \text{ m}^4$ . Ao analisar o projeto proposto, tem-se uma altura manométrica de 37,61 m e vazão média de  $12,82 \text{ m}^3/\text{d}$ , o que resulta em  $482,16 \text{ m}^4$ , sendo assim considerado adequado.

#### 4.8 ANÁLISE DE GANHOS AMBIENTAIS

Para a determinação dos ganhos ambientais, foi aplicado o conceito do fator de emissão de carbono, disponibilizado pelo MCTIC, sendo equivalente a  $0,0927 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$  no ano de 2017.

Assim sendo, utilizou-se a potência nominal da bomba solar selecionada, sendo igual a 2250 W, que está em operação durante 9 horas por dia, que representa o número de horas de sol na região de Florianópolis/SC. Consequentemente, tem-se:

$$Poc = PN \times h \quad \text{Equação (14)}$$

$$Poc = 2250 \times 9 = 20.250\text{Wh} = 20,25 \text{ kWh}$$

Onde:

Poc = Potência consumida (Wh)

PN = Potência nominal (W)

h = horas de bombeamento

A potência diária consumida é igual a 20,25 kWh, o que representa 445,50 kWh por mês de operação, considerando os 22 dias médios de

atividades na RMSC, ou ainda 5,346 MWh por ano. Posto isso, foi possível a determinação da emissão de CO<sub>2</sub> que se evitou a partir da adoção de bombeamento fotovoltaico ao invés das tecnologias tradicionais:

$$Ee = Panual \times FEC \qquad \text{Equação (15)}$$

$$Ee = 5,346 \times 0,0927 = 0,4956 \text{ tCO}_2/\text{ano}$$

Onde:

Ee = Emissões evitadas (tCO<sub>2</sub>/ano)

Panual = Potência anual (MWh)

FEC = Fator emissão de carbono (tCO<sub>2</sub>/MWh)

Por conseguinte, ao considerar 20 anos de vida útil do projeto, infere-se que será evitada a emissão de 9,912 tCO<sub>2</sub>. Cabe enfatizar que não será necessária a utilização de produtos químicos e demais DEX inerentes ao saneamento, além de não haver produção de lodo durante o tratamento das águas do poço tubular.

#### 4.9 MEDIDAS DE RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

Para que o sistema de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico seja considerado sustentável, é de suma importância a adoção de medidas para racionalização do consumo de água. Desta forma, propõe-se a implementação do Programa de Racionalização do Consumo de Água, com a seguinte estruturação:

- Pesquisa e Correção de Vazamentos;
- Adequação Predial;
- Estudo de Alternativas e Projetos;
- Metas de Redução do Consumo;
- Ações de Educação Ambiental.

A RMSC registrou casos de vazamentos expressivos nos anos de 2013, 2014 e 2017, o que triplicou o consumo de água durante os períodos. Além disso, há ocorrência de vazamentos pontuais, observados com frequência na unidade. Para evitar esta situação, faz-se necessária a realização de pesquisas e correções de vazamentos, que deve contemplar a rede de adução, as instalações prediais e os reservatórios. Nela, é

desenvolvido o monitoramento periódico das instalações hidrossanitárias através da observação de pontos de umidade no interior dos prédios e da utilização de geofone na unidade em casos de aumento excessivo do consumo. Após a identificação do ponto de vazamento, deve-se realizar o reparo imediatamente.

No que tange a adequação predial, a RMSC já se destaca por possuir bacia com descarga reduzida de 6 L, o que proporciona uma redução de 20% da demanda de água quando comparada as descargas convencionais, cujo consumo é estimado em 26 L (CALIFORNIA WATER SERVICE GROUP, 2007). Além disso, possui torneiras com acionamento temporizado nos banheiros, o que auxilia na redução de até 70% do consumo de água, variando conforme o tempo de fechamento máximo do dispositivo (DECA, 2017).

Para as seis torneiras desprovidas deste acionamento, como as utilizadas nos laboratórios, além dos onze chuveiros presentes na RMSC, é indicada a instalação de arejadores. De acordo com Soares (2010), estes dispositivos são caracterizados como economizadores incorporadores de ar, visto que introduzem uma quantidade significativa de ar no fluxo de água da torneira e formam um jato de maior volume, além de possuírem uma boa relação de custo-benefício. Através do emprego de arejadores convencionais, é prevista uma economia de 50% no consumo de água nesses dispositivos hidráulicos (ANA *et al*, 2005).

Quanto ao estudo de alternativas e projetos, é indicado a pesquisa de outros sistemas pertinentes, como o reuso dos efluentes da RMSC e o aproveitamento de águas pluviais, ambos para fins não-potáveis. Além disso, durante a obtenção de dados, foi levantada a hipótese de que os vazamentos na RMSC sejam em decorrência do reservatório elevado, que está locado a uma altura de 5,5 m. Assim, a água pode estar sendo transportada com uma pressão elevada, o que justificaria o rompimento de canalizações ou de borrachas das descargas acopladas. Desta forma, sugere-se a elaboração de todo o traçado das instalações prediais da unidade, visto que atualmente a RMSC não dispõe dos projetos hidrossanitários. Com este levantamento, torna-se possível simular os pontos de pressão elevada através do software EPANET, e caso esta situação seja confirmada, uma solução consiste na instalação de válvulas redutoras de pressão. Ademais, há duas bombas movidas a energia elétrica instaladas na unidade, responsáveis por recalcar a água do reservatório de abastecimento até o reservatório elevado. Neste sentido, outro estudo pertinente consiste na análise da viabilidade econômica no que tange a substituição do bombeamento atual por bombas solares, com enfoque nos ganhos referentes a tarifação de energia.

Salienta-se que, de acordo com a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as concessionárias de serviços públicos referentes distribuição de energia elétrica devem aplicar, anualmente, 0,75% de sua receita líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, além de 0,25% em programas de eficiência energética. Desta forma, estes recursos podem embasar o investimento nas pesquisas supracitadas.

Outra etapa fundamental reside na formulação de indicadores de desempenho ambiental, com intuito de mensurar o status da RMSC quanto a racionalização do consumo de água. Através do estabelecimento de metas anuais de redução, ou seja, objetivos com prazos estipulados para serem cumpridos, é possível monitorar a evolução da unidade nesse aspecto. Atualmente, a Eletrosul já realiza o acompanhamento dos indicadores “CTAA – consumo total de água a partir da rede de abastecimento da concessionária de saneamento (atividades administrativas)” e “APAA – água consumida a partir de fontes subterrâneas (poços, nascentes)”, no que tange ao consumo de água. Com a implementação de novos projetos sustentáveis, torna-se possível também a formulação de um novo indicador, intitulado “CAFR - consumo de água a partir de fontes renováveis”.

Por fim, a implementação de ações de educação ambiental auxilia na sensibilização e conscientização dos funcionários e visitantes, através da realização de palestras, capacitações, fixação de cartazes e envio de e-mails informativos. Sugere-se também a inserção de temas como a economia de energia e a gestão dos resíduos sólidos, que são correlatos à racionalização do consumo de água.

Nas iniciativas de educação ambiental, cabe enfatizar a importância dos recursos hídricos, o consumo médio de água nos principais aparelhos hidrossanitários da RMSC, os modos de uso que culminam em desperdício de água, a divulgação do volume de água gasto mensalmente, e a evolução dos indicadores e metas de desempenho ambiental.

## **5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A maior parte das instalações hidrossanitárias da RMSC são consideradas adequadas quanto a racionalização do consumo de água, o que expõe o comprometimento da empresa quanto a esta questão.

O projeto de captação de água subterrânea com bombeamento fotovoltaico, por sua vez, é viável economicamente em ambos os cenários propostos, visto que o VPL foi superior a zero. Ademais, o tempo de retorno dos investimentos ocorrerá em três anos. Este resultado é

considerado muito satisfatório, visto que se esperava um período de recuperação inferior a metade da vida útil do projeto, ou seja, um TRC menor que 10 anos. Destaca-se que a RMSC já possui um poço tubular implantado, o que contribuiu positivamente para a viabilidade econômica do projeto.

Através do uso de bombeamento fotovoltaico ao invés dos sistemas convencionais, será evitada a emissão de 0,50 tCO<sub>2</sub>/ano. Ao considerar o tempo de vida útil do projeto, tem-se o impedimento da emissão de 9,912 tCO<sub>2</sub> para a atmosfera. Cabe enfatizar que o CO<sub>2</sub> é um dos principais gases que contribuem para o agravamento do efeito estufa, assim evitar sua emissão significa promover a conservação do meio ambiente.

Salienta-se que a locação dos módulos fotovoltaicos está situada a uma distância considerável do poço tubular. Desta forma, recomenda-se estudos em relação ao diâmetro ideal da fiação dos painéis, que devem ser aumentados para compensar a queda de tensão.

Cabe analisar também a viabilidade econômica de um sistema de desinfecção por raio ultravioleta, ao invés da desinfecção com cloro proposta. Esta tecnologia requer um aporte inicial de investimentos mais elevado, porém pode ser justificada já que a RMSC não terá gastos com a implementação do poço tubular.

Ao passo que o sistema proporciona vantagens econômicas, é essencial que ocorra o engajamento da RMSC quanto a redução dos volumes de água consumidos. Portanto, a elaboração e execução adequada do Programa de Racionalização do Consumo de Água se justifica neste sentido.

Além disso, é recomendado que seja desenvolvida uma capacitação específica aos funcionários do restaurante, que utilizam água no preparo das refeições e lavagem de utensílios domésticos, bem como para os trabalhadores da OFCEN, que necessitam da lavadora de alta pressão para lavagem de equipamentos da RMSC.



## REFERÊNCIAS

ADISSI, P. et al. **Gestão ambiental de unidades produtivas**. Elsevier Brasil, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Gestão da Água. Outorga e Fiscalização**. 2018. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/outorga-e-fiscalizacao>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA) et al. **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 152 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 673, de 04 de agosto de 2015. Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica - PCH. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. DOU nº 166, Seção 1, p. 118. Brasília, DF, 31 set. 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015673.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626**: Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7198**: Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993.

AZEVEDO NETTO, J. M. Cronologia do abastecimento de água (até 1970) – **Revista DAE**, vol 44, n 137, pp 106-111, São Paulo, 1984.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). Resolução nº 396, de 07 de Abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. DOU nº 66, Seção 1, p. 64-68. Brasília, DF, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução nº 306, de 05 de Julho de 2002. Estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. DOU nº 138, Seção 1, p. 75-76. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde (FUNASA). **Manual de fluoretação da água para consumo humano**. Brasília: Funasa, 2012. 72 p. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/mnl\\_fluoretacao\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/mnl_fluoretacao_2.pdf)>. Acesso em: 31 mai. 2018.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa**. Brasília: Funasa, 2014. 36 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Outras Notícias. **Brasil chega ao 7º lugar no ranking da geração eólica mundial**. Brasília, DF, 24 out. 2017. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/brasil-chega-ao-7-lugar-no-ranking-da-geracao-eolica-mundial](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/brasil-chega-ao-7-lugar-no-ranking-da-geracao-eolica-mundial)>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Energia**. Mês de Referência: Novembro de 2017, Brasília, 2018b. [PDF].

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro janeiro/2018**. Brasília, 2018a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde no Sistema Único de Saúde. **Anexo XX**. Disponível em: <<https://alimentusconsultoria.com.br/wp-content/uploads/2017/12/Portaria-de-Consolida%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-5.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001,

de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, 1997

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. **Diário Oficial da União**, 2007.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2000.

CALDEIRA, J. K. A. et al. **Aproveitamento de água de chuva em uma indústria mecânica**. 2016.

CALIFORNIA WATER SERVICE COMPANY. **Desenvolvido pela California Water Service Company**, 2007. Disponível em: <<http://www.calwater.com>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas: orientação aos usuários**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 70 p.  
CARVALHO JR, R. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. Editora Edgard Blucher Ltda, 4ª edição revista e ampliada. São Paulo – SP, 2011.

CARVALHO, R. D. **Aspectos econômicos e ambientais em sistemas de abastecimento de água usando energia solar fotovoltaica e captação subterrânea**. 105p., 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/167988/340336.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 31 jan. 2018.

CASAROTTO, N. F; KOPITTKKE, B. H. **Análises de investimentos**. Atlas, 1994.

CEA DO BRASIL. Soluções. **Desfluoretador – filtro para remoção de flúor**. São Paulo, 2018. Disponível em: <

<http://www.ceadobrasil.com.br/desfluoretador-para-remocao-de-fluor/>. Acesso em: 15 jun. 2018.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS (ELETROBRAS). **Eficiência energética em sistemas de bombeamento**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2005. Disponível em: <<https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/uploads/arquivos/LivroBombeamento.pdf>> . Acesso em: 01 out. de 2017.

CHRISTIE, I.; ROLFE, H.; LEGARD, R. **Cleaner production in industry: integrating business goals and environmental management**. London: Policy Studies Institute, 1995.

CLEARY, R. **Águas Subterrâneas**. São Paulo, Marques Saraiva Gráficos e Editores, Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, Clean Environment Brasil, 1989.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Mananciais da Ilha**. Florianópolis, 2017. Disponível em: <<http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/manancias-da-ilha#0>>. Acesso em: 27 out. 2017.

DECA. **Torneira com sensor de presença** – entenda porque é uma solução economicamente sustentável. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.deca.com.br/blog/torneira-com-sensor-de-presenca-e-uma-solucao-economicamente-sustentavel/>> . Acesso em: 15 jun. 2018.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS (DRM). **Poços Tubulares e outras Captações de Águas Subterrâneas** – Orientações aos Usuários. Projeto PLANAGUA de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha. Rio de Janeiro, 2001.

ELETROSUL CENTRAIS ELÉTRICAS S.A (ELETROSUL). **Histórico**. Florianópolis, 2017. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br>>. Acesso em: 1. out. de 2017.

ELETROSUL CENTRAIS ELÉTRICAS S.A (ELETROSUL). **Relatório de Sustentabilidade 2016**. Florianópolis, 2016. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/files/files/sustentabilidade/relatorios-de-sustentabilidade/rs2%20pt.pdf>> . Acesso em: 07 mai. 2018.

EXAME. Comunicação Corporativa. **Lavadoras de alta pressão não são “vilões” do consumo de água.** São Paulo, 8 dez. 2015. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/lavadoras-de-alta-pressao-nao-sao-viloes-do-consumo-de-agua-shtml/>> Acesso em: 15 mai. 2018.

FEDRIZZI, M. C. **Sistemas fotovoltaicos de abastecimento de água para uso comunitário:** lições aprendidas e procedimentos para potencializar sua difusão. 174 p., 2003. Tese (Doutorado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo.

FEITOSA, F. A. C.; COSTA FILHO, W. D. **Execução de testes de bombeamento em poços tubulares: manual prático de orientação.** CPRM: [s.l.], 1998.

FETTER, C. W. **Applied hydrogeology.** 4th ed. Upper Saddle River, Prentice-Hall, 2001.

FITTS, C. R.. **Águas Subterrâneas.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 671 p. Tradução de: Daniel Vieira.

G1 SÃO PAULO. **Veja vilões do desperdício e como alcançar 20% de economia de água.** São Paulo, 04 fev. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/02/veja-viloes-do-desperdicio-e-como-alcancar-20-de-economia-de-agua.html>> Acesso em: 15 mai. 2018.

GALVÃO JUNIOR, A. C. ; PAGANINI, W.S. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.1, p.79-88, 2009. Disponível em: <[http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v14n01/RESA\\_v14n1\\_p79-88.pdf](http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v14n01/RESA_v14n1_p79-88.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2018.

GHONEIM, A. A. **Design optimization of photovoltaic powered water pumping systems.** Energy Conversion and Management, 2005.

HYPOLITO, R.; ANDRADE, S.; EZAKY, S. **Geoquímica da interação:** água, rocha e solo: estudos preliminares. São Paulo, All Print Editora, 2011. 450 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

**Sinopse do Censo Demográfico 2010.** Resultados Preliminares – 15 – Domicílios particulares permanentes, por forma de abastecimento de água, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação – 2000/2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=P15&uf=00>>. Acesso em: 27 fev. 2018.

ISO. International Organization for Standardization. **NBR ISO 14.001: Sistemas de gestão ambiental** – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

KOLLING, E. M. et al. Análise operacional de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água. **Engenharia Agrícola**, 2004.

LOXSOM, F.; DURONGKAVEROJ, P. Estimating the performance of a photovoltaic pumping system. **Solar Energy**, Oxford, v.52, n.2, p.215-19, 1994.

MACHADO, J.L. F. **Mapa hidrogeológico do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2013. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas\\_publicacoes/rel\\_mapa\\_hid\\_sc.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/rel_mapa_hid_sc.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2018.

MACINTYRE, A. J. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias**. LTC-Livros Técnicos e Científicos, ed. 4, 2010.

MAYS, L. W. **Water distribution systems handbook** – McGraw Hill Ed. USA, 2000.

MEYER, S. T. O uso do cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 10, p. 99-110. Rio de Janeiro, 1994.

REBELATTO, Daisy. **Projeto de investimento**. Editora Manole Ltda, 2004.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÃO (MCTIC). Ciência. Clima. **Fator médio – inventários corporativos**. Disponível em: <

[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogera/1/emissao\\_corporativos.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogera/1/emissao_corporativos.html)>. Acesso em: 25 mar. 2018.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo, Escrituras Editoriais, 1999.

SÃO JOSÉ (Prefeitura Municipal). Lei nº 1.605, de 17 de abril de 1985. Dispõe sobre o zoneamento de uso e ocupação do território do município de São José, Estado de Santa Catarina. **Câmara Municipal de São Jose**, 1985.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Mapa geológico do estado de Santa Catarina**. 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnóstico Anual de Água e Esgoto. Diagnóstico AE 2016. **Tabela Resumo de Informações e Indicadores Por Estado**. Brasília, 2018. Disponível em:

<<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>>. Acesso em: 28 jan. 2018.

SOARES, G. D. **Avaliação da redução do consumo d'água pelo emprego de arejadores**. 120 p., 2010. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010. Disponível em: <

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94597/284895.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 31 mai. 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água da chuva**: para áreas urbanas e fins não-potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.

TORORADAR. Investimento. Bovespa. **O que é IPCA**. Disponível em: <<https://www.tororadar.com.br/investimento/bovespa/o-que-e-ipca-e-inflacao-acumulada>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

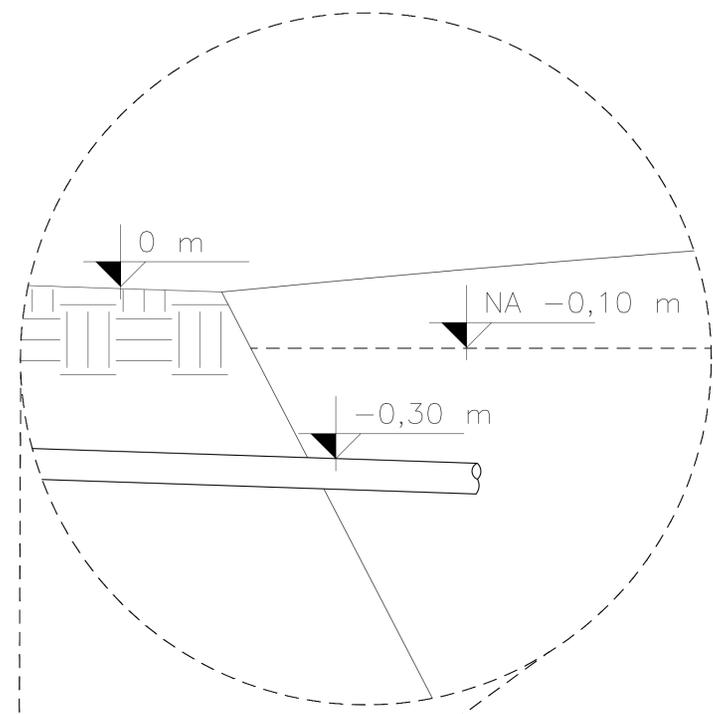
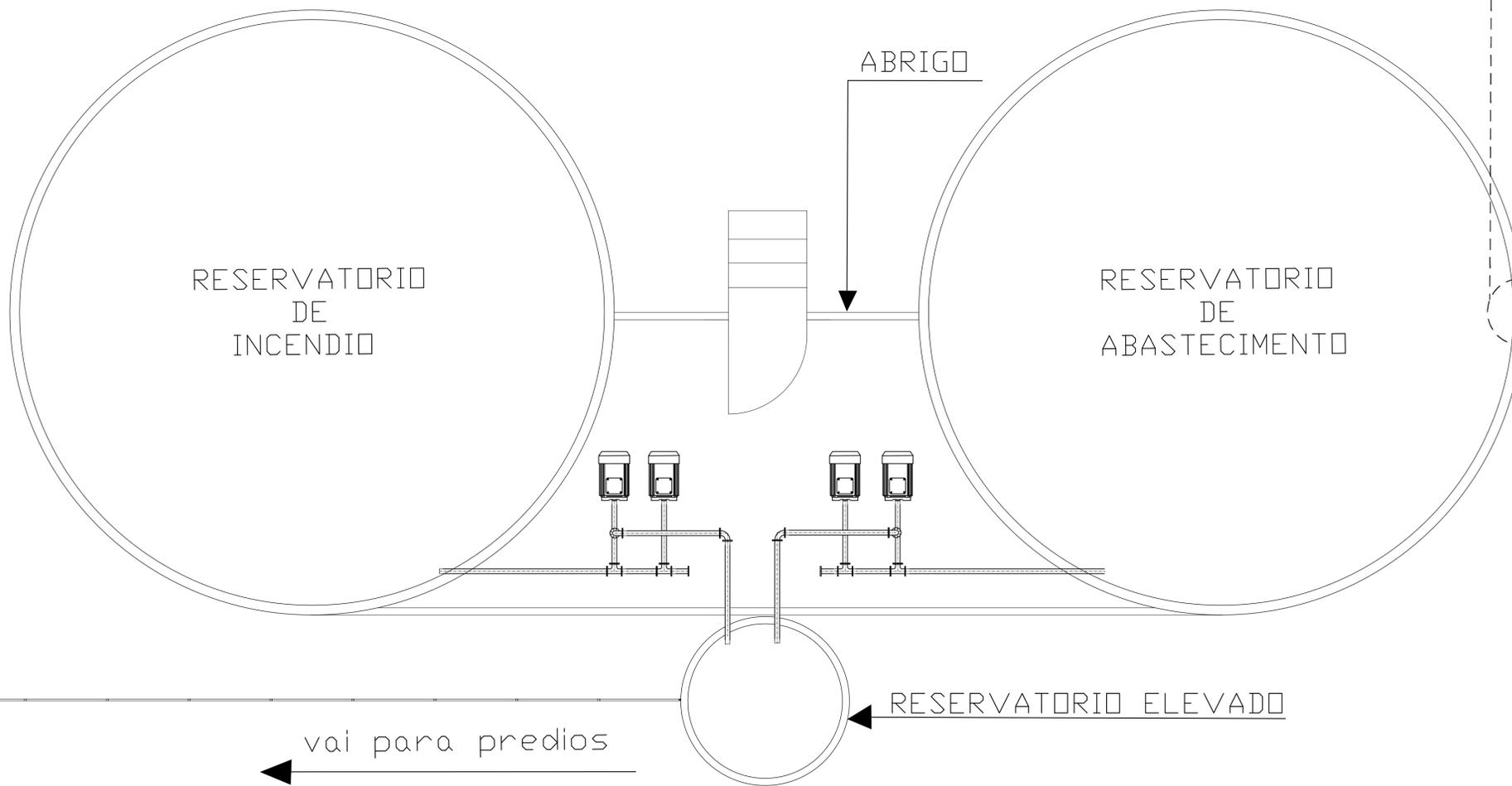
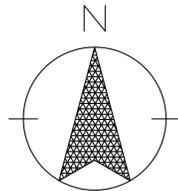
TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

VIOLANI, M.A.F. **As instalações prediais no processo construtivo de alvenaria estrutural**. Semina Ci. Exatas/Tecnol., Londrina, v. 13, n. 4, p. 242-255, dez. 1992.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **The Dublin Statement on Water and Sustainable Development**. 1992? Disponível em: <  
<http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/english/icwedece.html#followup>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

ZANATTA, L. C.; PEREIRA, A. P. S; ABDALLA, A. Utilização de águas subterrâneas para o abastecimento público no norte da Ilha de Santa Catarina. **Águas Subterrâneas, n. 1, 2004.**

## **APÊNDICE A – Planta dos Reservatórios da Unidade**



**NOTA**

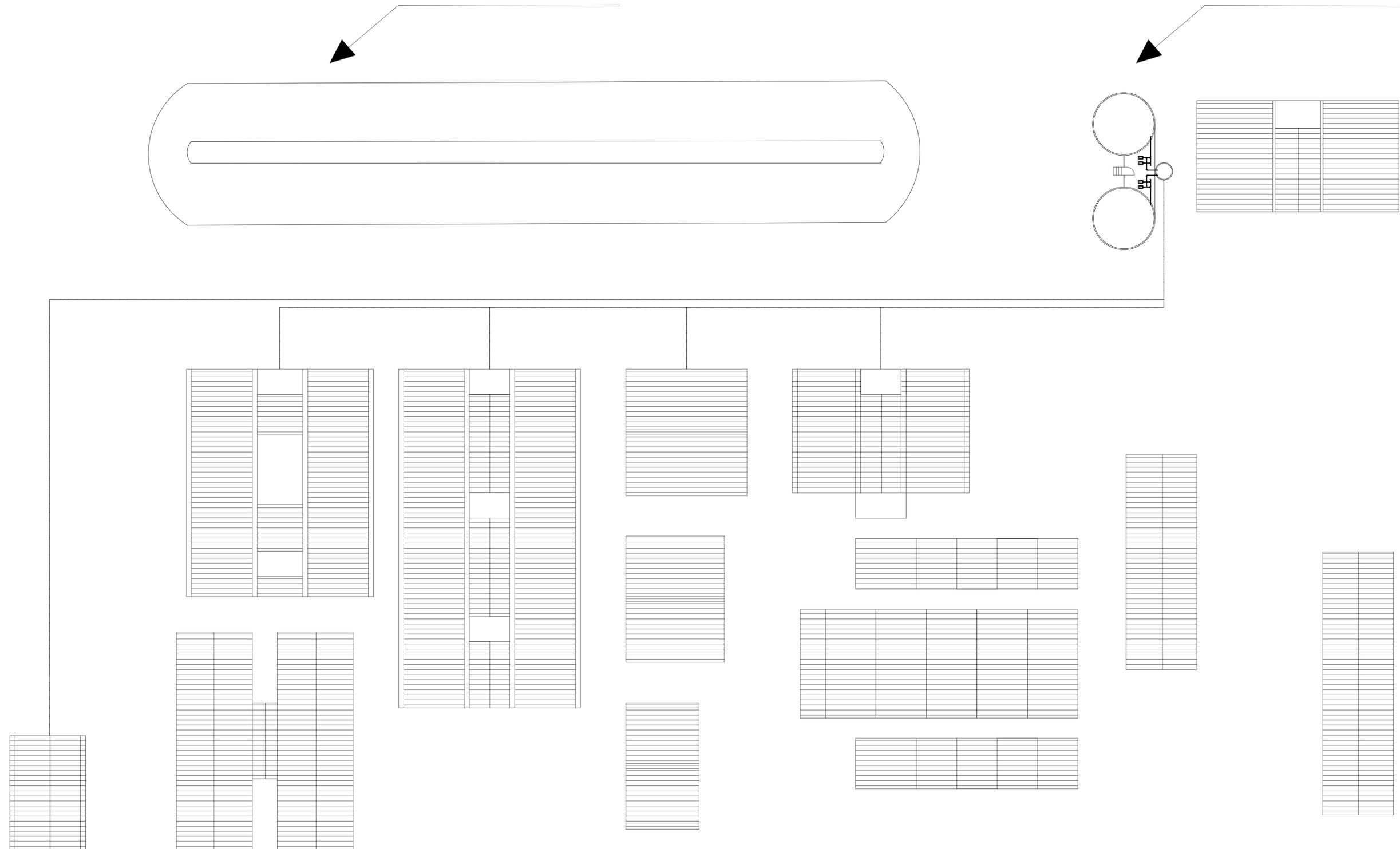
□ arranjo hidráulico no interior do abrigo consiste em uma representação das prováveis tubulações, conexões e bombas existentes no local supracitado. Entretanto, possui caráter meramente ilustrativo, assim não condiz necessariamente com a realidade.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Departamento de Eng <sup>a</sup> Sanitária e Ambiental - CTC				
Local	Sertão do Maruim São José/SC	Projetista	Viviane Michels Motta	
Proprietário	Eletrobras Eletrosul Regional de Manutenção de Santa Catarina - RMSC			
Projeto:	Projeto de Captação de Água Subterrânea com Bombeamento Fotovoltaico			
Assunto:	Planta de Chegada da Tubulação			
Data:	Escala:	Unidade:	Folha:	Prancha:
Junho/2018	1/60	metros	A1	5/8

## **APÊNDICE B – Esquema dos Pontos de Abastecimento**

ESTACIONAMENTO

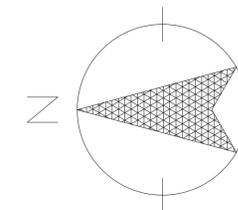
RESERVATORIOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA				
Departamento de Eng <sup>a</sup> Sanitária e Ambiental - CTC				
Local	Sertão do Maruim São José/SC	Projetista	Viviane Michels Motta	
Proprietário	Eletrobras Eletrosul Regional de Manutenção de Santa Catarina - RMSC			
Projeto:	Projeto de Captação de Água Subterrânea com Bombeamento Fotovoltaico			
Assunto:	Esquema dos Pontos de Abastecimento			
Data:	Escala:	Unidade:	Folha:	Prancha:
Junho/2018	1/400	metros	A1	2/8

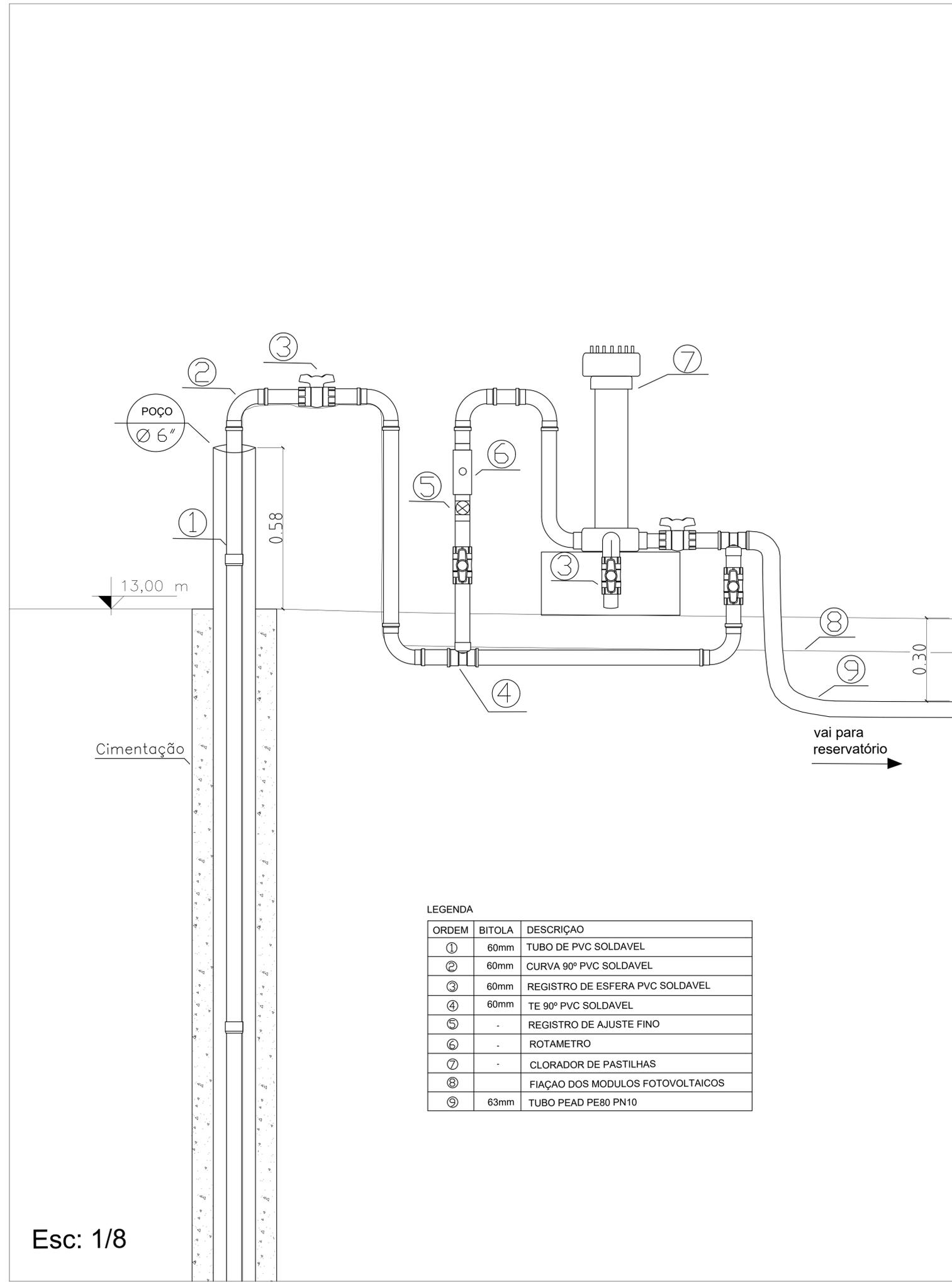
## **APÊNDICE C – Planta de Situação da RMSC**

# PLANTA DE SITUAÇÃO DA RMSC



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Departamento de Eng <sup>a</sup> Sanitária e Ambiental - CTC				
Local	Sertão do Maruim São José/SC	Projetista	Viviane Michels Motta	
Proprietário	Eletrobras Eletrosul Regional de Manutenção de Santa Catarina - RMSC			
Projeto:	Projeto de Captação de Água Subterrânea com Bombeamento Fotovoltaico			
Assunto:	Planta de Situação			
Data:	Escala:	Unidade:	Folha:	Prancha:
Junho/2018	1/1200	metros	A1	1/8

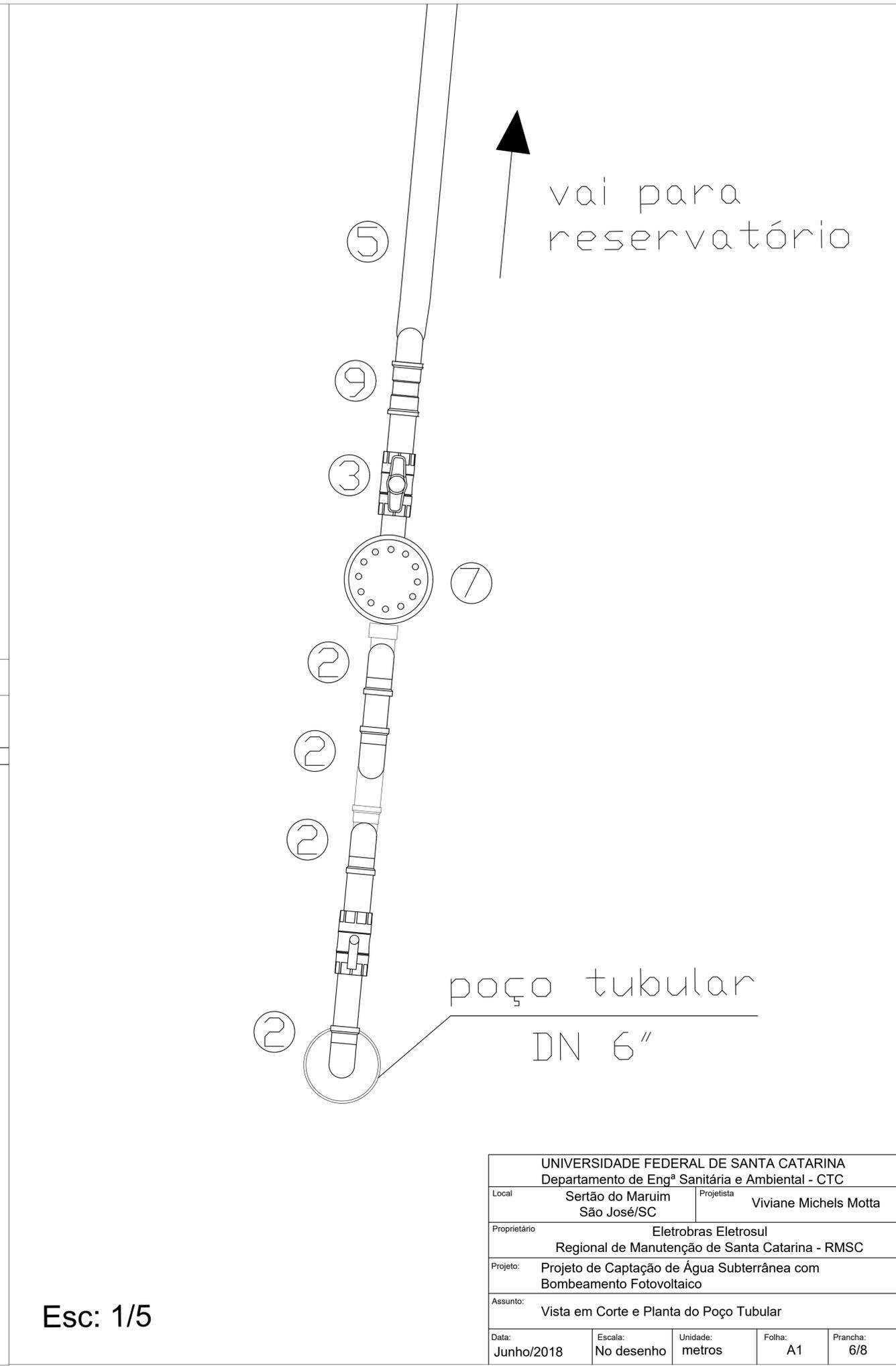
## **APÊNDICE D – Planta e Corte do Poço Tubular**



LEGENDA

ORDEM	BITOLA	DESCRIÇÃO
①	60mm	TUBO DE PVC SOLDAVEL
②	60mm	CURVA 90° PVC SOLDAVEL
③	60mm	REGISTRO DE ESFERA PVC SOLDAVEL
④	60mm	TE 90° PVC SOLDAVEL
⑤	-	REGISTRO DE AJUSTE FINO
⑥	-	ROTAMETRO
⑦	-	CLORADOR DE PASTILHAS
⑧	-	FIAÇÃO DOS MODULOS FOTOVOLTAICOS
⑨	63mm	TUBO PEAD PE80 PN10

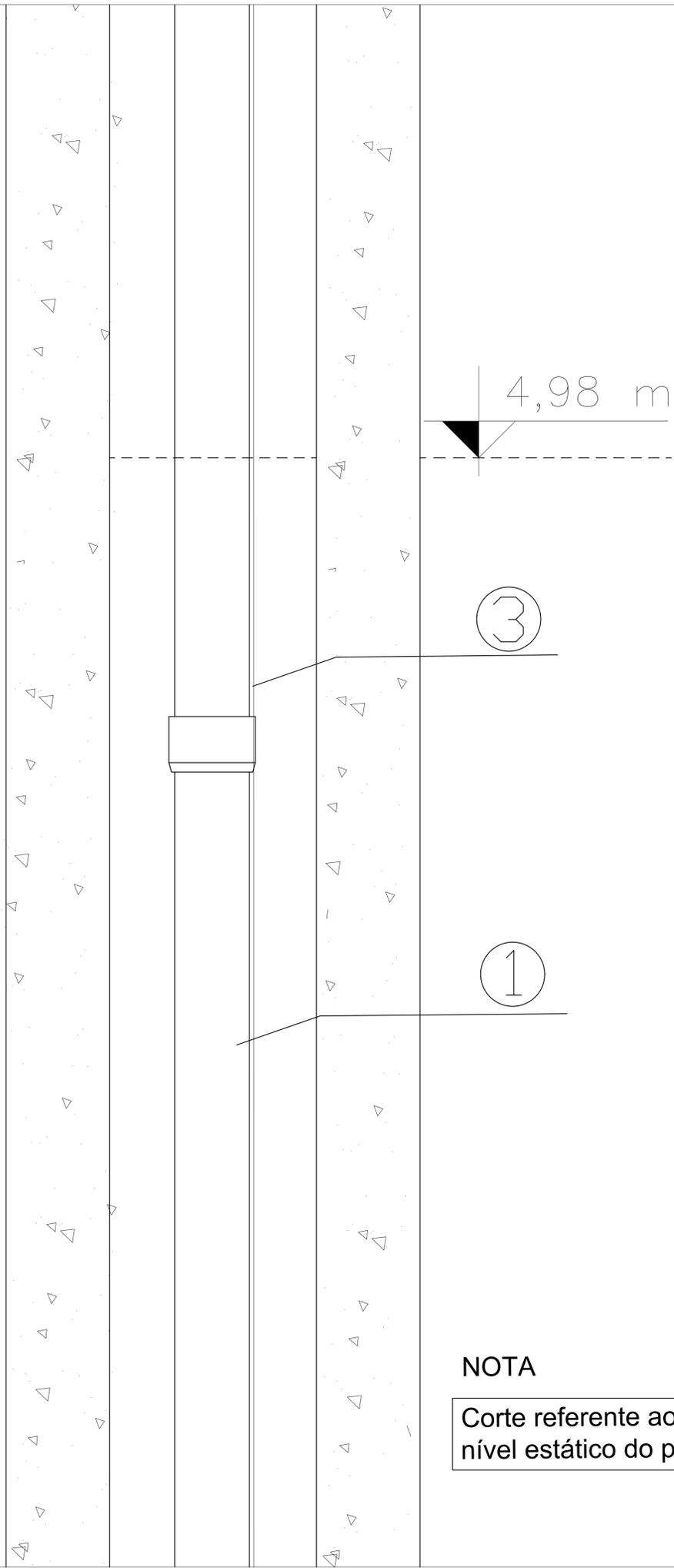
Esc: 1/8



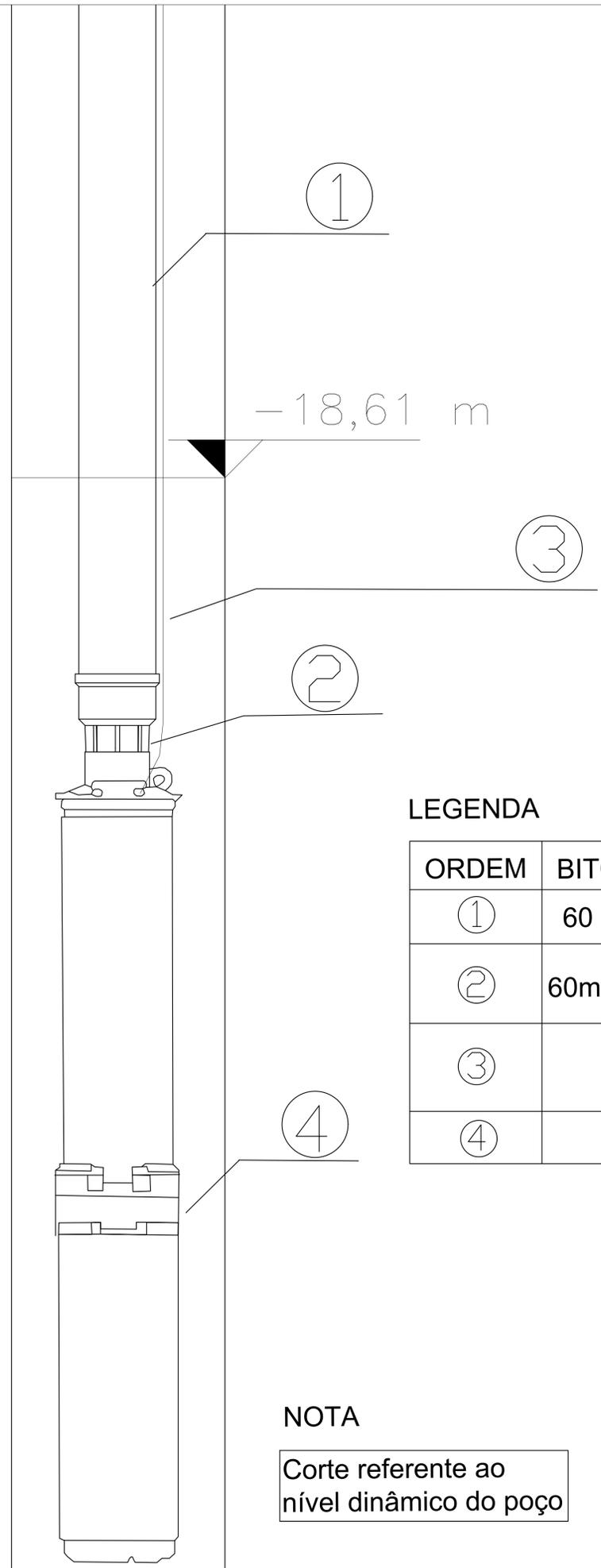
Esc: 1/5

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Departamento de Eng <sup>a</sup> Sanitária e Ambiental - CTC				
Local	Sertão do Maruim São José/SC	Projetista	Viviane Michels Motta	
Proprietário	Eletrobras Eletrosul Regional de Manutenção de Santa Catarina - RMSC			
Projeto:	Projeto de Captação de Água Subterrânea com Bombeamento Fotovoltaico			
Assunto:	Vista em Corte e Planta do Poço Tubular			
Data:	Junho/2018	Escala:	No desenho	Unidade:
			metros	Folha:
				A1
				Prancha:
				6/8

## **APÊNDICE E – Corte com ND e NE do Poço Tubular**



**NOTA**  
Corte referente ao nível estático do poço



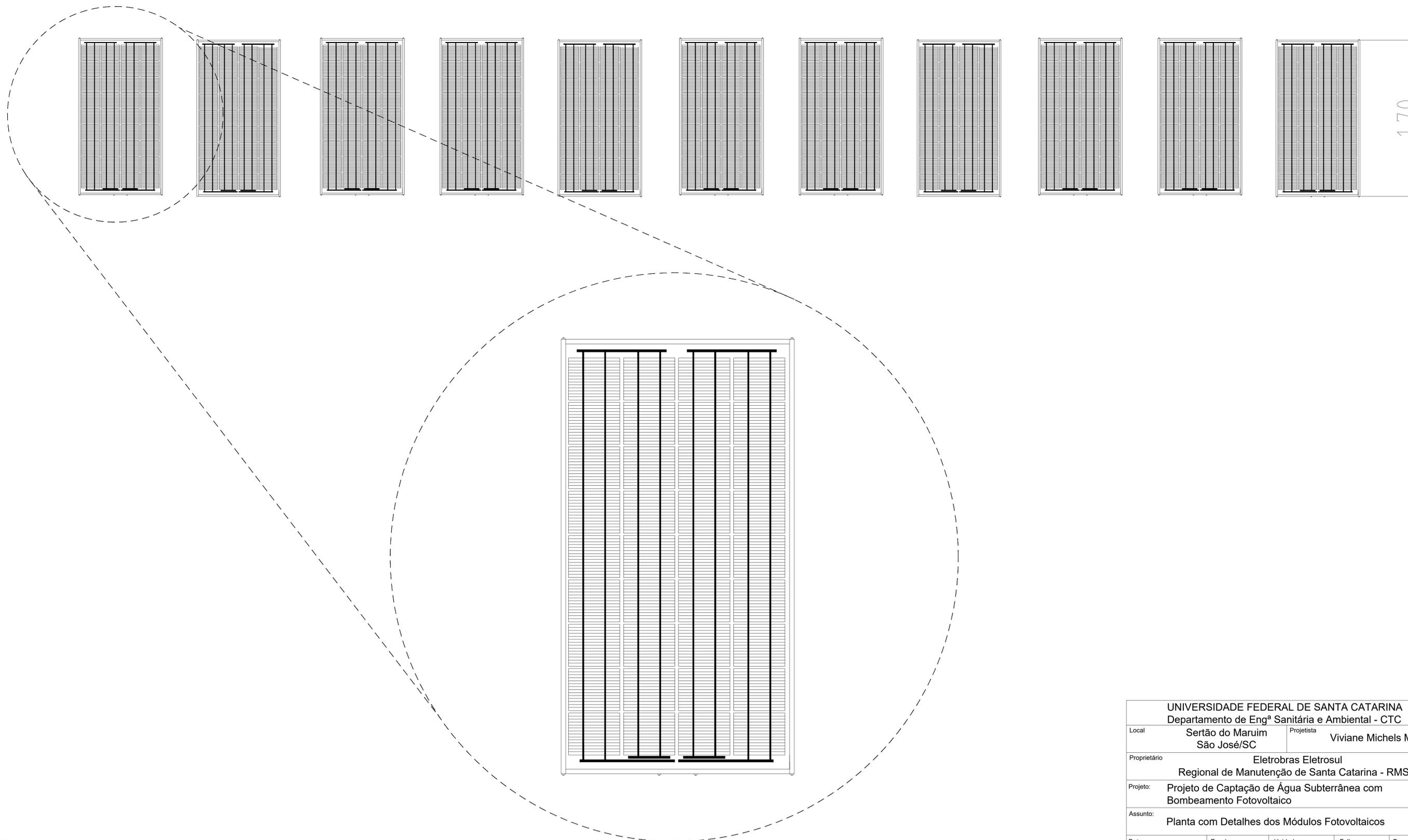
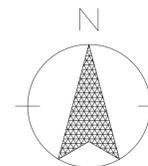
**NOTA**  
Corte referente ao nível dinâmico do poço

**LEGENDA**

ORDEM	BITOLA	DESCRIÇÃO
①	60 mm	TUBO DE PVC SOLDAVEL
②	60mm x 2"	ADAPTADOR SOLDAVEL CURTO COM BOLSA E ROSCA
③	-	FIAÇÃO DOS MODULOS FOTOVOLTAICOS
④	2"	BOMBA SOLAR

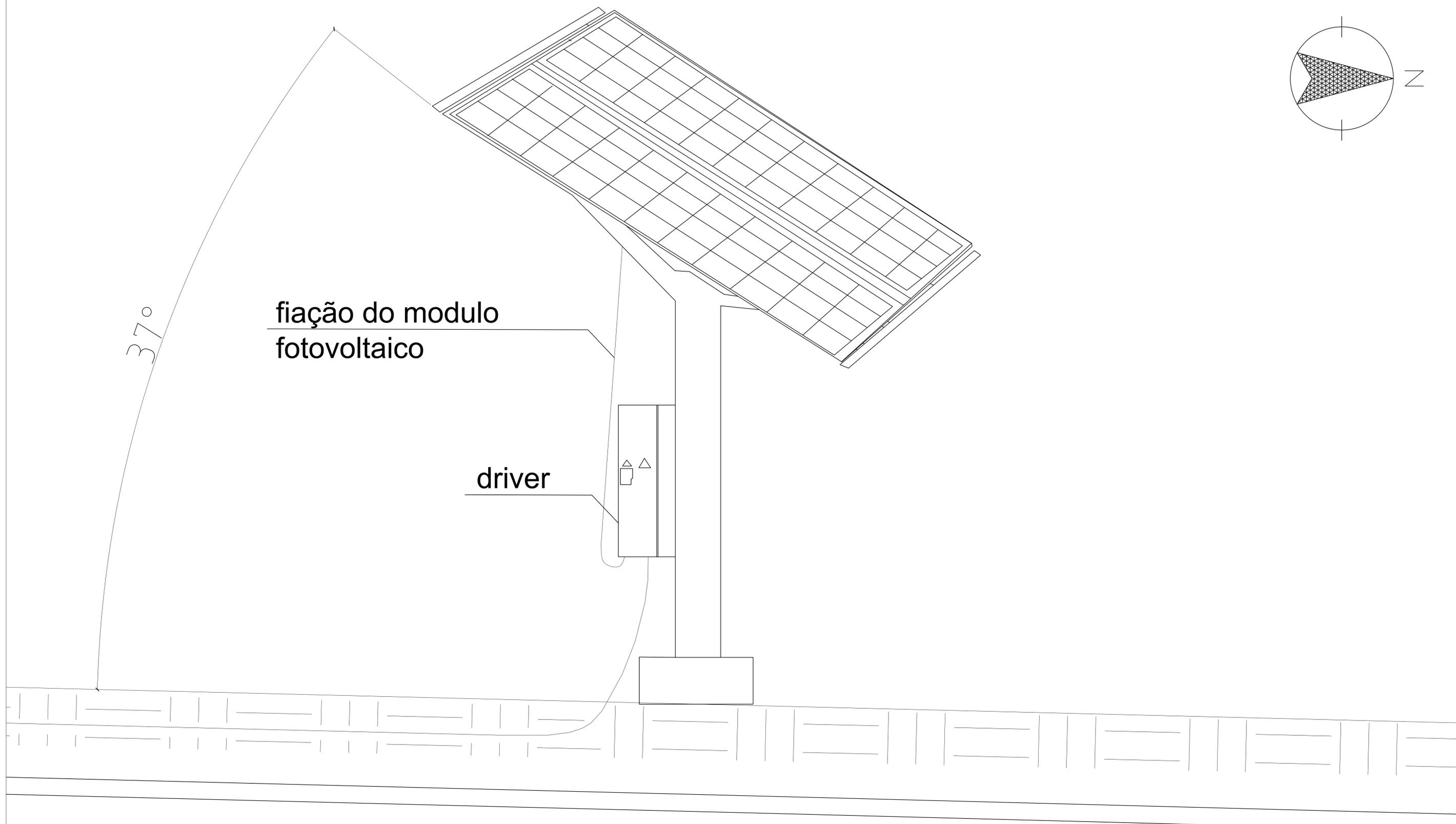
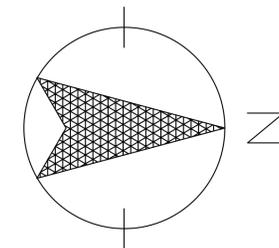
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Departamento de Eng <sup>a</sup> Sanitária e Ambiental - CTC				
Local	Sertão do Maruim São José/SC	Projetista	Viviane Michels Motta	
Proprietário	Eletrobras Eletrosul Regional de Manutenção de Santa Catarina - RMSC			
Projeto:	Projeto de Captação de Água Subterrânea com Bombeamento Fotovoltaico			
Assunto:	Corte com Detalhes do Nível Estático e do Nível Dinâmico			
Data:	Escala:	Unidade:	Folha:	Prancha:
Junho/2018	1/2	metros	A1	7/8

**APÊNDICE F – Desenho esquemático dos módulos  
fotovoltaicos**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Departamento de Eng <sup>a</sup> Sanitária e Ambiental - CTC				
Local	Sertão do Maruim São José/SC	Projetista	Viviane Michels Motta	
Proprietário	Eletrobras Eletrosul Regional de Manutenção de Santa Catarina - RMSC			
Projeto:	Projeto de Captação de Água Subterrânea com Bombeamento Fotovoltaico			
Assunto:	Planta com Detalhes dos Módulos Fotovoltaicos			
Data:	Escala:	Unidade:	Folha:	Prancha:
Junho/2018	1/20	metros	A1	4/8

## **APÊNDICE G – Corte dos Módulos Fotovoltaicos**



fiação do modulo  
fotovoltaico

driver

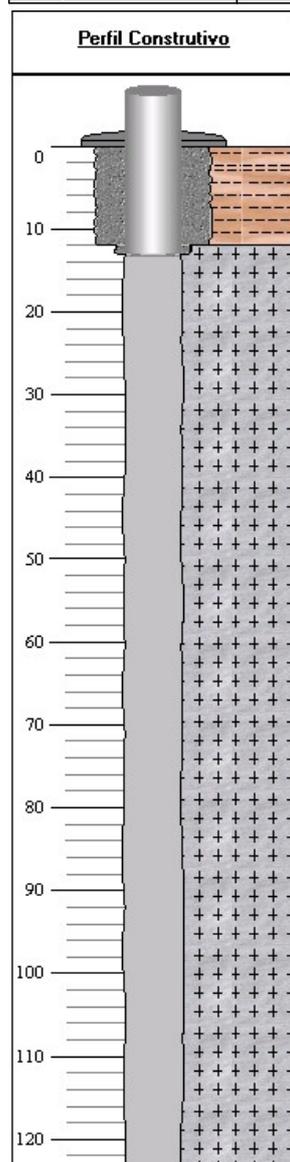
37°

vai para  
reservatório

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Departamento de Eng <sup>a</sup> Sanitária e Ambiental - CTC				
Local	Sertão do Maruim São José/SC	Projetista	Viviane Michels Motta	
Proprietário	Eletrobras Eletrosul Regional de Manutenção de Santa Catarina - RMSC			
Projeto:	Projeto de Captação de Água Subterrânea com Bombeamento Fotovoltaico			
Assunto:	Corte com Detalhes dos Módulos Fotovoltaicos			
Data:	Escala:	Unidade:	Folha:	Prancha:
Junho/2018	1/8	metros	A1	8/8

## **ANEXO A – Ficha Técnica do Poço Tubular**

Poço: 4300019768	UF : SC	Município : Sao jose	Localidade : ELETROSUL
------------------	---------	----------------------	------------------------



## Gerais

<b>Dados Gerais:</b>	
Nome :	JP803
Data da Instalação :	
Proprietário :	CENTRAIS ELETRICAS DO SUL DO BRASIL
Natureza do Ponto :	Poço tubular
Uso da água :	
Cota do Terreno :	13.00

## Localização:

Localidade :	ELETROSUL
UTM (Norte/Sul) :	6944063
UTM (Leste/Oeste) :	728908
Latitude (GMMSS) :	273629
Longitude (GMMSS) :	484050
Bacia Hidrográfica:	Atlantico Sul-Sudeste
Subbacia Hidrográfica:	Rios Tubarão, Ararangua e outros

## Situação:

Data :	02/12/2009
Situação :	Abandonado

## Construtivos

### Perfuração:

Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método
12/08/1986	0.00	123.70	HIDROPERFURADORA LAPA	Percussao

### Diâmetro:

De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros
0.00	12.00	12	304.8000
12.00	13.00	8	203.2000
13.00	123.70	6	152.4000

### Revestimento:

De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)
0.00	13.00	Aço galvanizado com rosca e luva	6	152.4000

### Filtro:

De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura

### Espaço Anular:

De (m):	Até (m):	Material
0.00	13.00	Cimentação

### Boca do Tubo:

Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)
02/12/2009	0.58	6	152.4000

### Entrada d'água:

<b>Profundidade:</b>
29.00
42.00
86.00

### Profundidade Útil:

<b>Data:</b>	<b>Profundidade:</b>
	123.70

**Geológicos**
**Feição Geomorfológica:**

Descrição: Curso d'água ou canal

**Formação Geológica:**

Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:
0.00	123.70	Complexo granito-gnaissico

**Dados Litológicos:**

De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	12	Argila	Argila cinza amarelado
12	123.7	Granito	Granito

**Hidrogeológicos**
**Aquífero no Ponto:**

Aquífero: Fissural	Topo (m):	0.00
	Base (m):	123.70
	Captação:	Simultânea
	Condição:	Confinado
	Penetração:	Total

**Nível da Água:**

Data:	
Nível da Água (m):	
Nível Medido Bombeando (S/N)?	
Vazão (m3/h):	

**Teste de Bombeamento**
**Teste de Bombeamento:**

Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
10/10/1986	N	8.02	
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m3/h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m3/h):
97.15	0.217		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m2/s):	Vazão Após Estabilização (m3/h):	Tipo do Teste:
		19.31	Rebaixamento
Método:	Unidade:		
	Bomba submersa		

**Análises Químicas**

Análises Químicas:	
Data da Coleta:	22/09/1986
Condutividade Elétrica (µS/cm):	344.25
Qualidade da Água (PT/CO):	5.00
Sabor da Água:	
Qualidade da Água (Odor):	INOBJET.
Temperatura (C°):	
Turbidez (NTU):	0,8
Sólidos Suspensos (mg/l):	
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):	
Aspecto Natural:	
Ph:	7.50

Gráfico de evolução do nível d'água para os últimos cinco anos hidrológicos

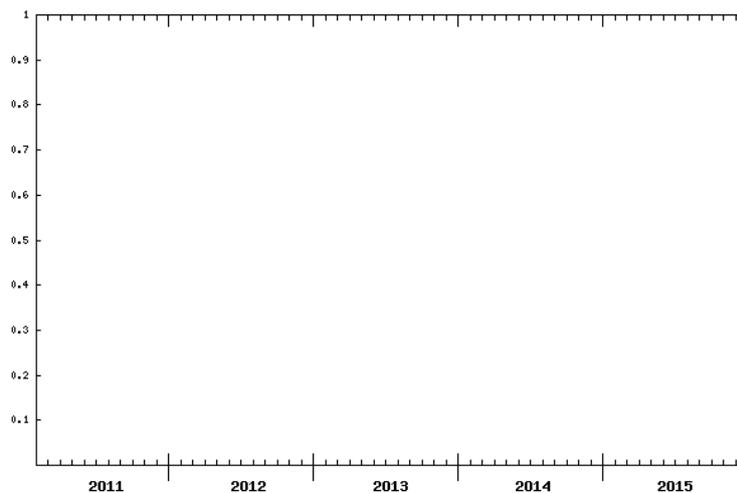


Gráfico de evolução da condutividade elétrica para os últimos cinco anos hidrológicos

