



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**ANDREILTON CARVALHO DOS SANTOS LIMA**  
**GILBERTO ANTUNES DIAS DOS SANTOS**

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PARA AGRICULTURA FAMILIAR UTILIZANDO A  
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM SANTA CATARINA**

Palhoça

2022

**ANDREILTON CARVALHO DOS SANTOS LIMA  
GILBERTO ANTUNES DIAS DOS SANTOS**

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PARA AGRICULTURA FAMILIAR UTILIZANDO A  
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM SANTA CATARINA**

Palhoça  
2022

**ANDREILTON CARVALHO DOS SANTOS LIMA  
GILBERTO ANTUNES DIAS DOS SANTOS**

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PARA AGRICULTURA FAMILIAR UTILIZANDO A  
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Elétrica da  
Universidade do Sul de Santa Catarina como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Engenheiro Eletricista

Orientador: Prof. Eng. Jorge Alberto Lewis Esswein Junior, Me.

Palhoça

2022

**ANDREILTON CARVALHO DOS SANTOS LIMA**  
**GILBERTO ANTUNES DIAS DOS SANTOS**

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PARA AGRICULTURA FAMILIAR UTILIZANDO A  
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM SANTA CATARINA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 23 de novembro de 2022.

---

Professor e orientador Jorge Alberto Lewis Esswein Junior, Me. Eng.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Anderson Soares André, Dr. Eng.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Jean Anderson da Rosa, Eng.

Dedicamos esse trabalho a todos que nos ajudaram para concluir com êxito, em especial aos nossos familiares, pelas inúmeras vezes que dedicaram suas palavras e muitas vezes ajuda para possamos realizar um sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

Andreilton Carvalho

Agradeço a Deus pelo privilégio de poder estudar, pelas forças nos momentos difíceis durante esse período de graduação.

Gostaria de agradecer aos meus pais, em especial minha mãe Raimunda Carvalho, sendo eles pessoas simples que não tiveram oportunidade de estudar, aprendendo apenas a ler e escrever, sempre incentivaram os filhos a estudar.

Gostaria de agradecer aos meus familiares e amigos em especial ao companheiro de Tcc e amigo Gilberto Antunes Dias dos Santos pelo apoio nesses anos difíceis.

Ao professor e orientador Jorge Alberto Lewis Esswein Junior, por todo o apoio e suporte fornecido ao longo desse nosso trabalho.

Agradecer aos produtores rurais pelas visitas técnicas a sua propriedade o senhor Jonas e Valdeci e também um agradecido Lucas e a FETAESC.

Por fim um agradecimento especial as minhas filhas, meu anjo Maria Julia e minha princesa Maria Alice e minha esposa Luana Ferraz, que em inúmeras vezes, cuidou sozinha de nossa filha para que eu pudesse realizar um sonho.

## AGRADECIMENTOS

Gilberto Antunes Dias dos Santos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ele ter me concedido saúde para chegar a mais esta etapa em meu curso, sem ele nada disso seria possível.

A minha mãe, Emidia Antunes Dias, que me apoiou e incentivou durante toda a carreira acadêmica, sendo meu maior pilar de sustentação nos momentos de desânimo e fraqueza, mesmo quando a distância entre nós se tornou grande. Sem você eu não completaria essa jornada.

Agradeço à minha família, que me apoiou em todos os momentos da minha vida e estava ao meu lado em mais esse, acreditando no meu potencial.

A minha esposa Andressa Paula de Souza Santos, por sempre me dar apoio nos momentos difíceis e por toda a paciência e compreensão que teve comigo ao longo curso.

Aos amigos, colegas e coordenador da Unisul, “Engenharia Elétrica”, que contribuíram comigo das mais variadas formas, seja em trabalhos, provas, instruções, demonstrando vontade de nos ajudar sempre que foi possível.

Ao professor e orientador Jorge Alberto Lewis Esswein Junior, por todo o apoio e suporte fornecido ao longo desse nosso trabalho, por toda a paciência e compreensão nos momentos de dificuldade, fico eternamente grato.

Agradeço em especial ao meu amigo Andreilton Carvalho dos Santos Lima por contribuir muito comigo ao longo da graduação onde desenvolveu-se nossa amizade, companheirismo e principalmente a dedicação nesta monografia do começo ao fim.

“Creio firmemente em uma lei de compensação. As verdadeiras recompensas são sempre proporcionais ao esforço e aos sacrifícios feitos.” (TESLA, Nicola).

## RESUMO

O acesso a recursos essenciais para a sobrevivência e desenvolvimento humano como, água e energia deveria ser algo natural para qualquer pessoa. Porém não é o que vemos na prática, onde uma considerável parte da população, dessa sua maioria agricultores familiares, tem esse direito negado, seja ele por falta de recursos financeiros próprios ou negligência do poder público. Pensando nesse pequeno produtor que depende do acesso a água não só para contornar período de seca, mas também para melhorar a produção da sua pequena propriedade, iremos realizar um estudo de viabilidade técnico-econômica de um sistema de irrigação para a agricultura familiar utilizando energia solar fotovoltaica. Este trabalho tem por objetivo analisar o perfil de consumo hídrico médio de uma propriedade rural em Santa Catarina e dimensionar um sistema fotovoltaico de bombeamento de água em conjunto com uma análise financeira, na qual a partir do seu desenvolvimento serão apresentados resultados da estimativa realizada acerca da quantidade do uso de água na zona rural, e chegar em valor médios de demanda hídrica para a propriedade selecionada. Também será estimados parâmetros médios para a altura de poços a ser selecionado, com base na característica do relevo da região, estimou-se um sistema fotovoltaico para bombeamento que atende ao perfil de consumo médio desta região.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Sistemas fotovoltaicos. Técnicas de bombeamento.

## **ABSTRACT**

Access to essential resources for human survival and development, such as water and energy, should be something natural for everyone. However, this is not what we see in practice, where a considerable part of the population, most of which are family farmers, is denied this right, whether due to lack of their own financial resources or negligence by the government. Thinking about this small producer who depends on access to water not only to overcome the drought period, but also to improve the production of his small property, we will carry out a technical-economic feasibility study of an irrigation system for family farming using solar energy. photovoltaic. This work aims to analyze the profile of average water consumption of rural properties in Santa Catarina and to design a photovoltaic water pumping system together with a financial analysis, in which, from its development, results of the estimate made about the amount of water use in rural areas and arrive at average values of water demand for the selected population. It will also be estimated average parameters for the height of wells to be selected, based on the characteristic of the relief of the region, it was estimated a photovoltaic system for pumping that meets the average consumption profile of this region.

Keywords: Family farming. Photovoltaic systems. pumping techniques.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Efeito fotovoltaico em uma célula .....	20
Figura 2 – Incidência Solar no Brasil .....	23
Figura 3 – Radiação solar anual em Santa Catarina .....	24
Figura 4 – Classificação dos sistemas fotovoltaicos .....	25
Figura 5 – Configuração básica de um SFH.....	27
Figura 6 – Configuração básica de um SFCR .....	28
Figura 7 – Módulo Fotovoltaico.....	29
Figura 8 – Inversor CC/CCA.....	30
Figura 9 – String box .....	31
Figura 10 – Cabo solar .....	35
Figura 11 – Ilustrações dos quatros métodos de irrigação.....	37
Figura 12 – Ilustrações dos modelos de poços: simples, semiartesiano e artesiano.....	39
Figura 13 – Diagrama esquemático de sistema fotovoltaico de abastecimento de água.....	42
Figura 14 – Diagrama esquemático de um sistema fotovoltaico de bombeamento com aplicação para consumo humano, animal e irrigação .....	43
Figura 15 – Evolução de eficiência energética dos últimos anos dos motores de indução .....	46
Figura 16 – Níveis para dimensionamento em um SBFV .....	49
Figura 17 – Cultivo de hortaliças hidropônicas e morangos em estufas utilizando irrigação ..	51
Figura 18 – Dados de necessidade hídrica para o município de Águas Mornas .....	52
Figura 19 – Layout do sistema idealizado .....	54
Quadro 1 – Eficiência de SBFVs.....	55
Figura 20 – Resultado do sistema de dimensionamento idealizado .....	56
Figura 21 – Kit bombeamento solar de sistema idealizado .....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Projeções ABSOLAR 2022 .....	20
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número e área dos estabelecimentos agropecuários por tipo de agricultura -2017 .....	35
Tabela 2 – Preço poço, tubulações, reservatórios e acessórios.....	59
Tabela 3 – Preços equipamentos (SBFV), investimento inicial .....	60
Tabela 4 – Figura análise financeira, ciclo de 25 anos.....	61

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ONU – Organização das Nações Unidas  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
PRONAF – Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar  
SIOUT – Sistema de Outorga de Água de Santa Catarina  
ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica  
ANA – Agência Nacional de Águas  
SIRHESC – Sistemas de informações de recursos hídricos do estado de Santa Catarina  
FETAESC – Federação dos trabalhadores da agricultura do estado de Santa Catarina  
CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Brito  
CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica  
EPAGRI – Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina  
HSP – Hora do sol pleno  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais  
SBFV – Sistema de bombeamento fotovoltaico  
W – Watts  
Wp – Watts Pico  
GW – Gigawatts  
MW – Megawatts  
kWh/m<sup>2</sup> – Quilowatts hora por metro quadrado  
kW – Quilowatts  
kWh – Quilowatts hora  
kWh/m<sup>2</sup> – Quilowatts hora por metro quadrado  
kWh/mês – Quilowatts hora por mês  
kWp – Quilowatts pico  
SFI – Sistemas fotovoltaicos isolados  
FV – Fotovoltaico  
CC – Corrente contínua  
CA – Corrente alternada  
NBR – Norma Brasileira  
SFV – Sistema solar fotovoltaico  
Nm – Newton metro  
Q<sub>m</sub> – Metros cúbicos por horas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1	TEMA .....	17
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	17
1.3	OBJETIVOS .....	18
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
2.1	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	19
2.2	GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO BRASIL E EM SANTA CATARINA.....	21
2.3	RADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL E “SANTA CATARINA” .....	23
<b>2.3.1</b>	<b>A radiação solar no Brasil .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2</b>	<b>A radiação solar em Santa Catarina .....</b>	<b>24</b>
2.4	CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	25
<b>2.4.1</b>	<b>Sistema Fotovoltaico Isolado (SFI) .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Sistemas fotovoltaicos Híbridos .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR).....</b>	<b>27</b>
2.5	ELEMENTOS E COMPONENTES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	29
<b>2.5.1</b>	<b>Módulo fotovoltaico.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Inversor de CC/CA.....</b>	<b>30</b>
<b>2.5.3</b>	<b>String box.....</b>	<b>31</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Baterias.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.5</b>	<b>Conversores de corrente contínua (CC-CC).....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.6</b>	<b>Cabos solar.....</b>	<b>33</b>
2.6	APLICAÇÕES SOLAR FOTOVOLTAICOS.....	34
2.7	AGRICULTURA FAMILIAR EM SANTA CATARINA.....	34
2.8	SISTEMA DE INRRIGAÇÃO E BOMBEAMENTO .....	36
<b>2.8.1</b>	<b>Irrigação.....</b>	<b>36</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Sistema de Irrigação.....</b>	<b>37</b>
<b>2.8.3</b>	<b>Partes constituintes de um sistema de irrigação.....</b>	<b>38</b>
<b>2.8.4</b>	<b>Poços simples e tubular profundo.....</b>	<b>38</b>
<b>2.8.5</b>	<b>Rede Hidrográfica Catarinense .....</b>	<b>40</b>
<b>2.8.6</b>	<b>Sistema de bombeamento de água .....</b>	<b>41</b>

2.8.7	Sistemas fotovoltaicos de bombeamento para irrigação.....	42
2.8.8	Motobombas .....	44
2.8.9	Motor de indução .....	45
2.8.10	Análise financeira.....	46
3	METODOLOGIA.....	48
3.1.1	Estimativa de consumo de água e equação para seleção da motobomba e dados da radiação solar.....	48
4	ESTUDO DE CASO .....	51
4.1.1	Visitas técnicas em propriedades rurais do município de Águas Mornas SC .....	51
4.1.2	Dados da Agência Nacional de Águas do município de Águas Mornas .....	52
4.1.3	Definição do perfil de consumo de água.....	53
4.1.4	Sistema fotovoltaico de bombeamento de água <i>offgrid</i> .....	54
4.1.5	Seleção dos componentes conjunto de motobomba e gerador fotovoltaico .....	57
4.1.6	Análise financeira do sistema dimensionados.....	59
5	CONCLUSÃO.....	62
	REFERÊNCIAS .....	63
	APÊNDICES A .....	65
	ANEXO A.....	68
	ANEXO B.....	70
	ANEXO C.....	71
	ANEXO D.....	72
	ANEXO E .....	73
	ANEXO F .....	74

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização o homem busca desenvolver técnicas e aprimorar as tecnologias existentes, com o intuito de tornar o meio em que vive em equilíbrio e sustentável.

Com o consumo desenfreado das últimas décadas dos combustíveis fósseis, a escassez desses materiais, o aquecimento global as cidades superpopulosas precisando de uma grande quantidade de alimentos, o mundo nunca se viu tão necessitado em discutir e pôr em prática as políticas voltadas para a sustentabilidade, e é utilizando este conceito que vamos desenvolver um estudo de viabilidade técnica-econômica em um sistema de irrigação com energia solar “renovável” fotovoltaica, visando contribuir no desenvolvimento da agricultura familiar Catarinense.

Segundo a Organização das Nações Unidas, (ONU), a agricultura familiar produz cerca de 35% dos alimentos do mundo, no Brasil e em Santa Catarina mais de 70% das propriedades rurais são voltadas para a agricultura familiar, essa que tem grande importância para a economia do país e do estado. Com base nos dados do governo do estado Catarinense, Santa Catarina mesmo sendo um estado de proporções territoriais pequeno, é o maior produtor nacional de suínos, maçã e cebola; segundo maior produtor de tabaco, palmito, aves, pera, pêssigo, alho e arroz; quarto maior produtor de uva, cevada e leite. Em 2020 o valor bruto da produção chegou a R\$ 40,9 bilhões, considerando o maior da história, e o agronegócio foi responsável por 70% das exportações estaduais. (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2020).

Olhando os dados relatados anteriormente concluiríamos que o cenário teoricamente é favorável, mas na prática o produtor rural tem inúmeras dificuldades no seu dia a dia, que vai desde alguns períodos de secas que atinge a suas propriedades de tempos em tempos, a localização geográfica, o relevo da região, o êxodo rural principalmente da população jovem que encontra nos grandes centros uma oportunidade de melhores condições de vida e a falta de recursos financeiros para investir em tecnologias que possa melhorar ou suprir as dificuldades que o clima impõe. Alguns incentivos que poderia contornar tais dificuldades é o investimento em políticas-institucionais, representadas por acesso ao crédito, informações organizadas, transportes, energia...etc. Este último item citado “energia” normalmente tem sido, se não é o principal limitante no desenvolvimento da agricultura familiar Catarinense, visto que na sua maioria os investimentos seja ele de origem privada ou pública é voltado para o agronegócio.

Diante do exposto consideramos a energia como um grande limitante, devido a sua acessibilidade, qualidade, confiabilidade e variação do custo de energia. Assim uma opção que tem como desafio diminuir os custos energéticos na produção agrícola e a geração descentralizada de energia, assim encontramos nas fontes renováveis, em particular a energia solar fotovoltaica, uma grande aliada, essa que apresenta como uma grande ferramenta fundamental dentro do processo de desenvolvimento para a agricultura familiar.

Diante deste cenário o nosso objetivo com esse trabalho é contribuir para que os sistemas produtivos sejam eles de grandes portes ou pequenas propriedades atinjam níveis melhores de eficiência e sustentabilidade, neste caso será realizado um estudo de viabilidade técnico-econômica de um sistema de irrigação visando o desenvolvimento da agricultura familiar Catarinense, utilizando a geração de energia solar fotovoltaica.

## 1.1 TEMA

Analisar a viabilidade técnico-econômica de um sistema de irrigação, captando água de poços artesianos ou “leito do rio”, utilizando energia renovável fotovoltaica.

## 1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A estiagem ou a irregularidade de chuvas é um dos grandes fatores negativos que o produtor rural encontra na produção constante de alimentos, e uma das formas de contornar o problema da seca é através de irrigação, escolhendo o tipo ou sistemas que seja mais eficiente, avaliando os custos-benefícios.

A proposta inicial é avaliar o melhor sistema de captação de água e de irrigação que melhor se adapta e tem mais rendimento para a região, utilizando o modelo de geração solar fotovoltaica *offgrid*, acoplados diretamente a bomba de água no qual placas solares captam os raios solares e convertem energia solar em energia elétrica transmitida diretamente para as bombas, podendo ser instalado em lugares remotos.

Nos dias atuais é difícil imaginar, mas segundo dados do último censo do IBGE (2010), mais de 4000 residências rurais Catarinense não tinham acesso a eletricidade, afetando principalmente as famílias com poder aquisitivo baixo, e localidades isoladas. Podemos diminuir esse quadro, através de programas que incentivem a produção fotovoltaicos para a eletrificação e/ou irrigação rural afim de desenvolver essas áreas.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

O principal objetivo desse trabalho consiste em aplicar a tecnologia de geração de energia solar fotovoltaica a um sistema de irrigação para agricultura Familiar.

Uma das opções para a sustentabilidade, aumento do lucro e produtividade para pequenos agricultores que sofrem com estiagens em Santa Catarina.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Obter os níveis de irradiação no plano do módulo fotovoltaico na região aplicada;
- Dimensionar um sistema de irrigação fotovoltaico para o perfil de consumo estabelecido;
- Conhecer as principais técnicas de bombeamento de fluídos, utilizando sistemas fotovoltaicos;
- Elaborar a análise financeira do sistema dimensionado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a teoria necessária para compreender os conceitos que serão utilizados no decorrer do trabalho, assim como o estado da arte para proposta de uma Sistema de Bombeamento e Irrigação usando Geração de Energia Fotovoltaica.

### 2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade e tem como base o efeito fotovoltaico (figura 1). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz (TOLMASQUIM, 2016).

Semicondutores são caracterizados pela presença de bandas de energia onde é permitida a presença de elétrons (bandas de valência e bandas de condução) e de outra totalmente vazia (banda proibida ou gap). À temperatura de 0 K, a banda de valência em semicondutores é totalmente preenchida, enquanto a banda de condução se encontra vazia. Na temperatura ambiente, há energia necessária para que alguns elétrons atravessem o gap e passem para a banda de condução. Entretanto, essa quantidade de elétrons é pequena, sendo necessário realizar o processo conhecido como dopagem para utilização do semicondutor na produção de energia elétrica (TOLMASQUIM, 2016).

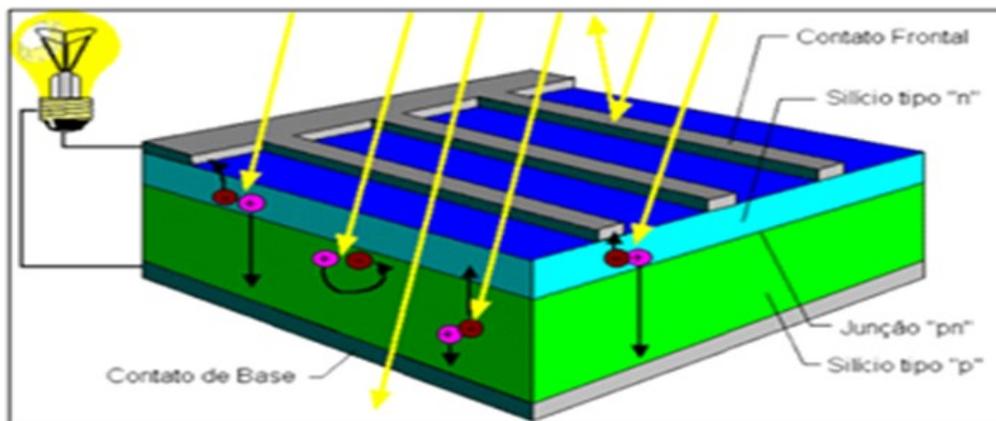
O semicondutor mais usado é o silício, abundante na crosta terrestre. Seus átomos se caracterizam por possuírem quatro elétrons que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Ao se adicionar átomos com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, por exemplo, haverá um elétron em excesso, que não poderá ser emparelhado e ficará "sobrando", fracamente ligado a seu átomo de origem. Isto permite que, com pouca energia, este elétron seja liberado, indo para a banda de condução. Diz-se assim, que o fósforo é um "dopante" doador de elétrons e denomina-se dopante n ou impureza n (TOLMASQUIM, 2016).

Se, por outro lado, são introduzidos átomos com apenas três elétrons de ligação, como é o caso do boro, "faltar"á um elétron para satisfazer as ligações com os átomos de silício da rede. Esta falta é denominada "buraco" ou "lacuna". Da mesma forma, é demandada pouca energia para que um elétron de um sítio vizinho possa ocupar esta posição, fazendo com que o

“buraco” se desloque. Diz-se, assim, que o boro é um “aceitador de elétrons” ou um dopante p (TOLMASQUIM, 2016).

Se, partindo de um silício puro, forem introduzidos átomos de boro em uma metade e de fósforo na outra, será formado o que se chama junção pn. O que ocorre nesta junção é que elétrons livres do lado n passam ao lado p onde se encontram os “buracos” a serem ocupados; isto faz com que haja um acúmulo de elétrons próximo à interface, no lado p, tornando essa região negativamente carregada, e uma redução de elétrons na região da interface do lado n, o que o torna essa parcela eletricamente positiva. Essas cargas aprisionadas dão origem a um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de mais elétrons do lado n para o lado p; este processo alcança um equilíbrio quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de barrar a movimentação dos elétrons livres remanescentes no lado n (TOLMASQUIM, 2016).

Figura 1- Efeito fotovoltaica em uma célula



Fonte: Blog bluesol, (2022).

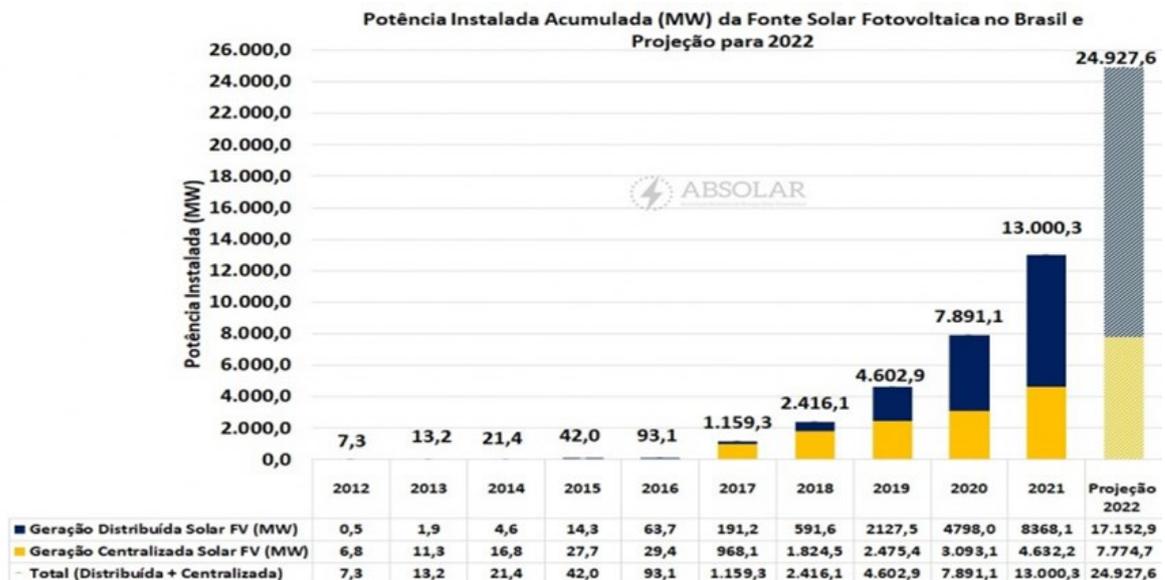
Se uma junção pn for exposta a fótons com energia maior que o gap, ocorrerá a geração de pares elétron-lacuna; se isto acontecer na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas serão aceleradas, gerando, assim, uma corrente através da junção; este deslocamento de cargas dá origem a uma diferença de potencial a qual é chamada de efeito fotovoltaico. Se as duas extremidades do "pedaço" de silício forem conectadas por um condutor, haverá circulação de elétrons. Essa é a base do funcionamento das células fotovoltaicas (TOLMASQUIM, 2016).

## 2.2 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO BRASIL E EM SANTA CATARINA

Observando os aspectos do país, devido as constantes secas, crise de energia no setor elétrico, aumento da fatura de energia elétrica a demanda pela diversificação da matriz energética no país, o mercado de energia fotovoltaica teve um crescimento substancial nos últimos anos. Atualmente, as usinas solares de grande porte são a sexta maior fonte de geração do Brasil, com empreendimentos em operação em nove estados brasileiros, nas regiões Nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte), Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) e Centro-Oeste (Tocantins). Os investimentos acumulados deste segmento ultrapassam R\$ 23,9 bilhões.

Segundo as projeções da ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica) apontam que o Brasil deverá encerrar 2022 com quase 25 GW de capacidade instalada em energia solar, conforme podemos verificar no gráfico 1. Isso representaria um crescimento de mais de 91,7% em relação aos números do ano de 2021 no país, que tinha pouco mais de 13 GW.

Gráfico 1: Projeções ABSOLAR 2022



Fonte: ABSOLAR, (2022).

Na perspectiva da entidade, deverão ser adicionados mais de 11,9 GW neste ano, somando as usinas de grande porte e os sistemas de geração própria de energia elétrica.

Para a GD (geração distribuída) a projeção prevê um crescimento de 105% frente ao total instalado até 2021, passando de 8,3 GW para 17,2 GW, devido a recente lei sancionada, Lei nº 14.300.

No segmento de GC (geração centralizada), o crescimento previsto é de 67,8%, saindo de 4,6 GW para 7,8 GW. O aumento deverá ser impulsionado, principalmente, pelo avanço da fonte no chamado ACL (Ambiente de Contratação Livre) de energia elétrica, que será responsável pela maior parcela das grandes usinas previstas para entrada em operação comercial em 2022.

A Associação (ABSOLAR), apostou que 2021 terminaria com pouco mais de 12 GW de potência operacional, o que acabou se concretizando. Agora “Projetando um crescimento muito robusto para 2022, impulsionado pelo alto custo na conta de luz e pelos benefícios proporcionados aos consumidores, como solução definitiva de garantia de suprimento de eletricidade a preços competitivos”.

A nível estadual, Santa Catarina tem boas projeções, considerando os dados segundo Jornal Santa Catarina, (Fonte ABSOLAR).

O sol está ajudando a federação a gerar mais energia. O Estado mais do que dobrou a potência instalada com painéis fotovoltaicos ao longo de 2021. Era de 214,8 megawatts (MW), no início do ano passado, e saltou a 471,9 MW na largada de 2022, um crescimento de 119,7%. Os dados constam em boletins divulgados pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, Jornal Santa Catarina, (Fonte ABSOLAR).

Com o incremento, SC ganhou duas posições no ranking nacional, passou Paraná e Goiás e agora é a quinta colocada, atrás apenas de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul. O Estado também aumentou sua participação na geração nacional de energia solar, de 4,9% do total para 5,6% Jornal Santa Catarina, (Fonte ABSOLAR).

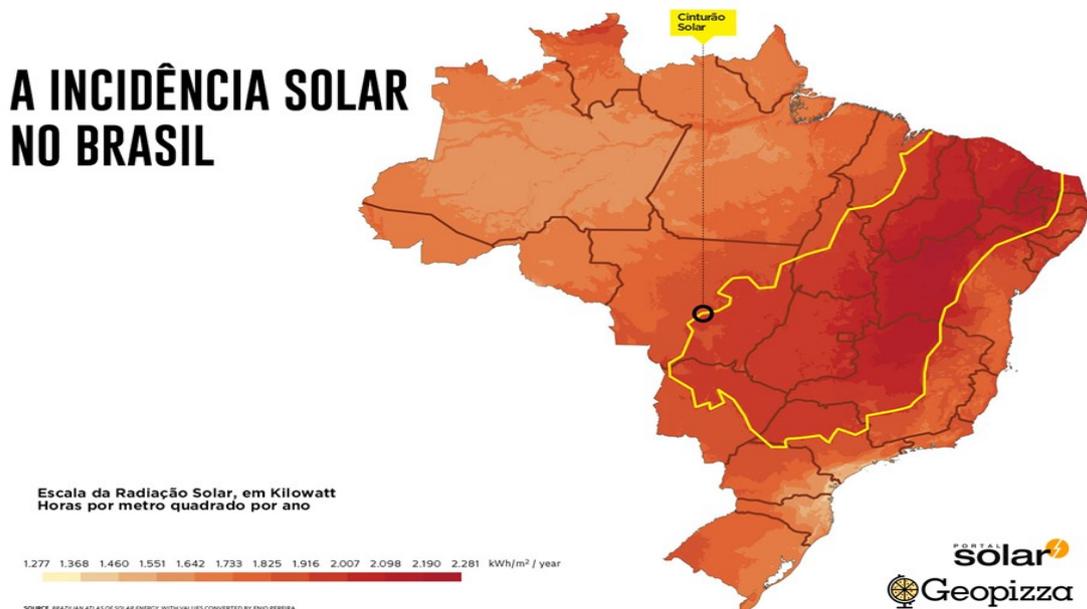
Portanto sendo mais limpa e com altíssimo potencial para redução de despesas com consumo em projetos residenciais, o investimento costuma se pagar em média em quatro anos, a energia solar ainda engatinha no país. Segundo a ABSOLAR, representa apenas 2,4% da matriz elétrica brasileira, dominada pela geração hídrica 57,6% Jornal Santa Catarina, (Fonte ABSOLAR).

A instalação de painéis fotovoltaicos, no entanto, vem acelerando no país e unidades da federação, principalmente ao longo dos últimos cinco anos. Somando geração centralizada e distribuída, a potência instalada subiu de 1.160 MW, em 2017, a cerca de 13.000 MW atualmente, segundo Jornal Santa Catarina, (Fonte ABSOLAR).

## 2.3 RADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL E “SANTA CATARINA”

### 2.3.1 A radiação solar no Brasil

Figura 2 - Incidência Solar no Brasil



Fonte: Portal solar, (2022).

O Brasil possui um excelente potencial para a geração de energia solar, isso pode ser percebido até para os mais leigos no assunto. Pois é possível verificar que o sol sempre está presente na vida de nós brasileiros.

Um dado que sempre gostamos de destacar é que o pior local do Brasil para a geração solar fotovoltaica é melhor que o melhor local da Alemanha. Sendo que a Alemanha é um dos líderes mundiais na geração solar fotovoltaica.

Segundo o Atlas Solar Brasileiro, incide diariamente em nosso País entre 4.444 Wh/m<sup>2</sup> a 5.483 Wh/m<sup>2</sup>. Considerando que uma lâmpada de 100W consome 100Wh a cada hora ligada, se essa incidência fosse hipoteticamente convertida como energia elétrica em sua totalidade, a energia vinda do sol seria capaz de manter ligada de 44 a 54 lâmpadas de 100W, por hora a cada metro quadrado do país.

Para se ter uma ideia mais exata, cada metro quadrado do planeta recolhe o equivalente aproximado de energia a um barril de petróleo, por ano. Apesar dessas condições favoráveis, o uso dessa tecnologia ainda é muito pouco aproveitado em nosso país.

Isso se deve ao fato de que foi apenas há alguns anos, mais precisamente no ano de 2012, que foi regulamentada a geração distribuída de energia. Viabilizando a fonte mais indicada para esse tipo de geração, que é a solar fotovoltaica.

A região nordeste possui a melhor radiação solar no Brasil, mas a diferença entre o Nordeste e a região sul não é tão grande. O Nordeste apresenta uma radiação global média de 5,9 Kwh/m<sup>2</sup>. A região centro-oeste aparece em segundo lugar com uma radiação global média de 5,7 Kwh/m<sup>2</sup>. Em seguida estão a região sudeste com uma radiação global média de 5,6 Kwh/m<sup>2</sup> e a região norte com 5,5 Kwh/m<sup>2</sup>.

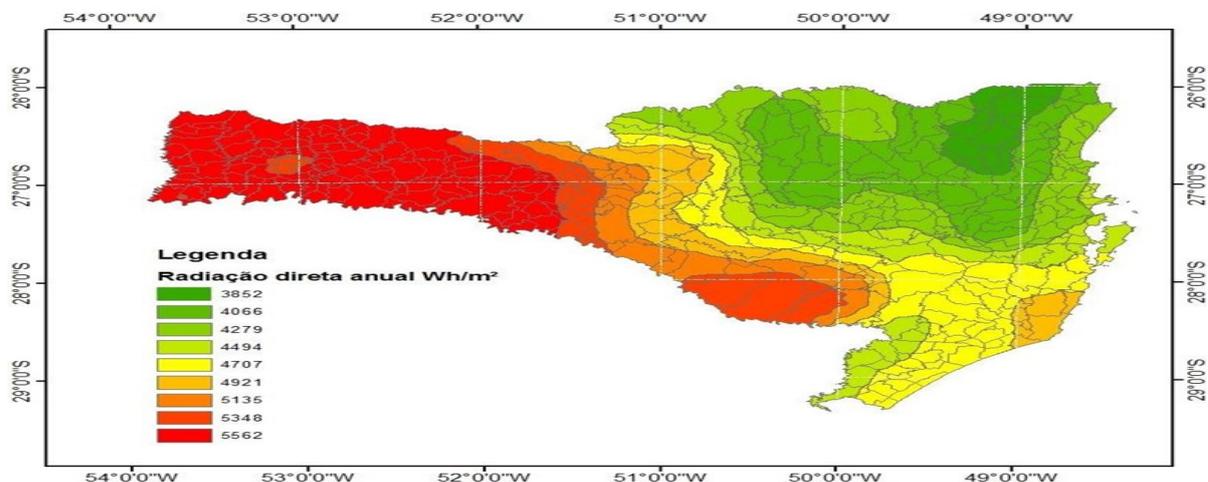
Por fim, a região sul aparece com pior radiação solar, com 5,2 Kwh/m<sup>2</sup>, mas com uma diferença apenas de 0,7 Kwh/m<sup>2</sup> para a região mais ensolarada, que é a nordeste.

### 2.3.2 A radiação solar em Santa Catarina

O Estado de Santa Catarina está localizado na região Sul do Brasil. Com uma área de 95 mil quilômetros quadrados, é o 20º estado em extensão territorial. Santa Catarina faz divisa com o Paraná e o Rio Grande do Sul, e fronteira com a Argentina (BARBOSA, 2014).

Inteiramente ao sul do trópico de Capricórnio, localizado na zona temperada meridional do planeta, o Estado possui clima subtropical. O relevo do estado contribui para a formação de nuvens distintas, nas regiões próximas às montanhas a nebulosidade é maior devido à elevação do ar úmido e quente. Apesar do alto índice pluviométrico o estado possui uma alta taxa de insolação (figura 3), pois, o predomínio é de nuvens (isoladas), que se intensificam mais pelo final do dia (BARBOSA, 2014).

Figura 3 - Radiação solar anual em Santa Catarina



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, (2022).

Analisando o mapa pode-se observar uma maior radiação média na região oeste do estado onde se localiza os municípios de Chapecó e Água Doce os valores de radiação anual chegam a 5.562 Wh/m<sup>2</sup>. No extremo encontra-se a região nordeste do estado onde se localiza o município de Joinville, região que apresenta menor índice de radiação tendo um valor de radiação anual de 3.852 Wh/m<sup>2</sup>. Esta grande diferença de radiação entre as regiões pode ser justificada pelo grande índice pluviométrico da região de planície litorânea (BARBOSA, 2014).

Considerando os níveis de radiação solar no país o estado de Santa Catarina fica abaixo, mas que com esses índices já é possível ter desempenho muito satisfatório na geração de energia e de fato é visto que o estado está em quinto em Geração Fotovoltaica.

## 2.4 CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas fotovoltaicos são divididos em três tipos, conforme mostra a figura 4, conectados à rede (*On-grid*), isolados (*off-grid*) ou híbridos.

Os três tipos de sistemas geram energia de uma forma similar: módulos solares são colocados geralmente nos telhados de imóveis, ou locais que melhor captam a luz do sol, que se transforma em corrente elétrica.

Figura 4 - Classificação dos sistemas fotovoltaicos



Fonte: Autoria própria, (2022).

### 2.4.1 Sistema Fotovoltaico Isolado (SFI)

Destinados a aplicações nas quais a localidade não é suprida por sistema de distribuição via concessionária de serviços elétricos ou ainda em instalações e/ou aplicações para finalidades específicas. Normalmente está presente em situações nas quais (Geração Solar Fotovoltaica, 2016):

- a) Geração em localidades nas quais a rede de distribuição não está disponível (locais sem energia convencional);
- b) Geração onde o custo é elevado para a extensão da rede de distribuição;
- c) Locais com funcionamento isolado e independente.

Normalmente está associada ao uso de elementos destinados a armazenar a energia elétrica produzida, ou seja, em geral utilizam baterias. Sistemas fotovoltaicos isolados vem sendo utilizados em aplicações diversas tais quais serviços de comunicação, eletrificação, sinalização e bombeamento de água, dentre inúmeros outros (Geração Solar Fotovoltaica, 2016).

Sistemas isolados típicos são aqueles nos quais o sistema FV é a única fonte de eletricidade disponível, sendo necessário o uso de banco de baterias para armazená-la. Podem ser utilizados para suprir uma única residência ou em topologias que formam mini redes destinadas a atender pequenas comunidades (Geração Solar Fotovoltaica, 2016).

São considerados elementos básicos do sistema fotovoltaico isolado:

- a) Módulos fotovoltaicos;
- b) Controlador de carga e descarga;
- c) Banco de baterias;
- d) Inversor off grid;
- e) Suportes, cabeamento e proteções;
- f) Cargas.

A energia proveniente dos módulos é do tipo CC e é direcionada para o controlador de carga. A finalidade deste último é garantir a estabilidade do fluxo de potência necessário ao carregamento do banco de baterias. Do banco de baterias o fluxo de potência, ainda na forma CC, segue para o inversor, cuja finalidade precípua é converter a tensão e a corrente elétrica da forma CC para forma CA, compatível com as especificidades de tensão, corrente e frequência das cargas a serem ligadas (aparelhos elétricos, eletrônicos e eletrodomésticos).

O ciclo de carga e descarga da bateria depende da radiação sendo que a corrente de carga das baterias será menor em dia nublado ou dias chuvosos, sem necessariamente cessar totalmente a geração fotovoltaica. Nos momentos nos quais a radiação solar inexistente, como por exemplo a noite, o conjunto de baterias passa a suprir as cargas por um período que depende do tempo de autonomia das baterias e da potência das cargas que estão sendo alimentadas (Geração Solar Fotovoltaica, 2016).

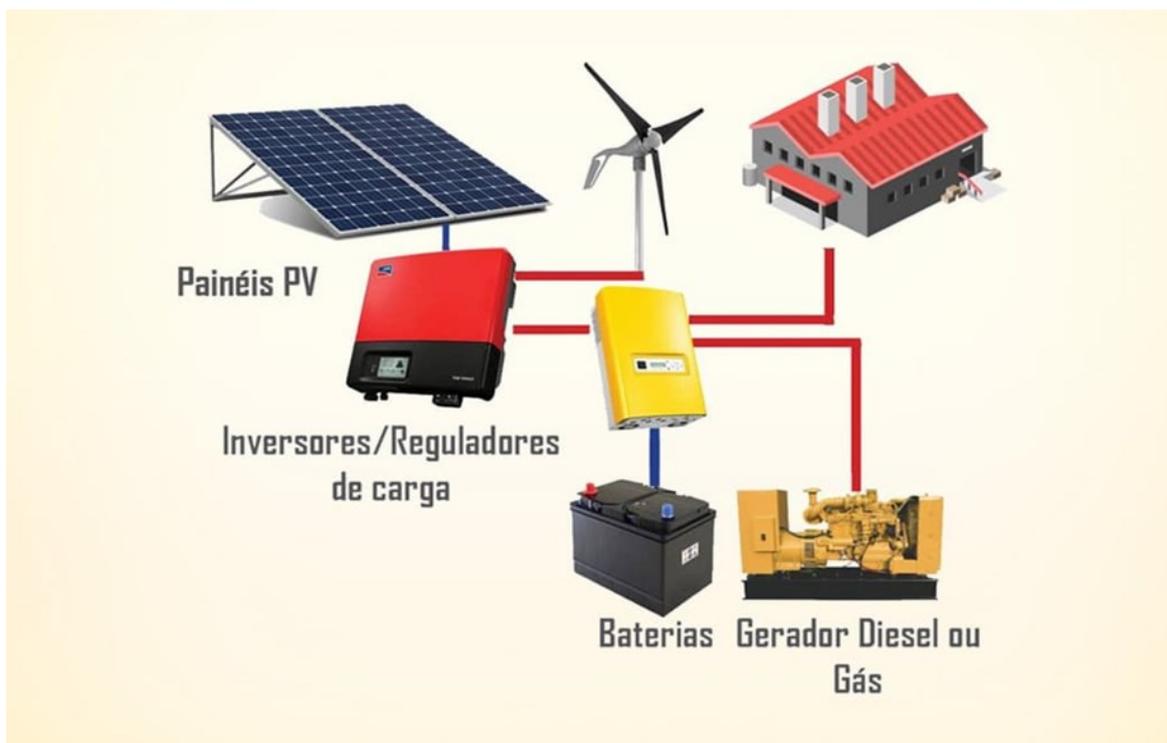
### 2.4.2 Sistemas fotovoltaicos híbridos

Caracterizados pela integração de pelo menos duas fontes distintas de geração de energia. Comumente são encontrados sistemas híbridos nos quais a geração fotovoltaica funciona em conjunto com associações de micro aerogeradores e geradores eletromecânicos movidos a diesel (Geração Solar Fotovoltaica, 2016).

Dependendo da quantidade e do tipo de geradores em funcionamento simultâneo (integrado) na planta de geração serão necessários maiores requisitos técnicos de automação aumentando a complexidade do sistema (Geração Solar Fotovoltaica, 2016).

Os sistemas híbridos conforme demonstração da figura 5, podem ser isolados, conectados à rede ou simplesmente funcionarem como apoio a rede.

Figura 5 - Configuração básica de um SFH



Fonte: Energia Solar, (2022).

### 2.4.3 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR)

Trata-se de sistemas de geração distribuída, também designados de sistemas de geração descentralizada. Conforme o seu nome sugere, trata-se de sistemas nos quais a planta fotovoltaica está interligada eletricamente ao sistema de distribuição da concessionária de

serviços elétricos local, de modo que a energia elétrica produzida pelo arranjo FV é injetada na rede elétrica da distribuidora sendo uma fonte de energia complementar. Comumente estão associados a (GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA, 2016).

- a) Projetos de geração distribuída, a fim de minimizar ou eliminar custos com infraestrutura, transmissão e distribuição;
- b) Projetos focados em sustentabilidade.

Como o sistema está interligado a rede de distribuição o excedente de energia gerada é injetado diretamente na rede de distribuição da concessionária de serviços elétricos local.

Sendo necessário um inversor instalado entre o sistema gerador fotovoltaico e o ponto de fornecimento a rede, recebe a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua e converte em energia alternada, sincronizando e acoplando na rede elétrica (GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA, 2016).

Quando a geração solar fotovoltaica é inferior à demanda, ou no período noturno, a diferença de energia é suprida automaticamente pela energia elétrica da distribuidora.

O sistema fotovoltaico conectado à rede (figura 6) é sincronizado com a energia elétrica da distribuidora, assim, quando falta energia da distribuidora, por questões de segurança, o sistema fotovoltaico se desliga automaticamente (sistemas tradicionais).

Figura 6 - Configuração básica de um SFCR



Fonte: Energia solar, (2022).

## 2.5 ELEMENTOS E COMPONENTES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

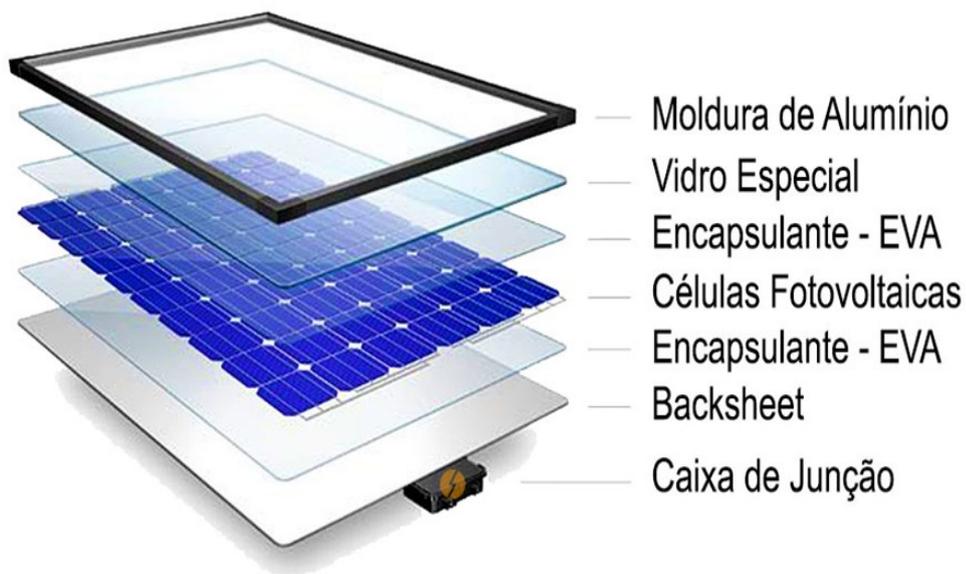
### 2.5.1 Módulo fotovoltaico

O módulo de células fotovoltaicas, conforme a figura 7 é o elemento básico para a geração de energia fotovoltaica, esta célula é responsável pela conversão de energia solar em energia elétrica, através do fenômeno físico denominado “efeito fotovoltaico”. Este fenômeno ocorre quando o fóton luminoso se transforma em uma carga elétrica ao incidir sobre uma lâmina de silício adequadamente tratada (ALCÍDIO e VINÍCIUS, 2021).

Na geração solar fotovoltaica, os painéis solares são os integrantes principais para a transformação da energia solar em elétrica, com isso, os componentes recebem muito investimento financeiro para pesquisas e desenvolvimentos, tendo em vista que a eficiência destes painéis ainda é baixa (ALCÍDIO e VINÍCIUS, 2021).

Dentre os painéis solares atualmente disponíveis no mercado, os módulos fotovoltaicos de silício policristalino (figura 7) são dominantes em número de vendas e oferta em relação aos módulos com células de silício monocristalino, por serem fabricados com material mais barato. No entanto apresentam eficiência menor (ALCÍDIO e VINÍCIUS, 2021).

Figura 7 - Módulo Fotovoltaico



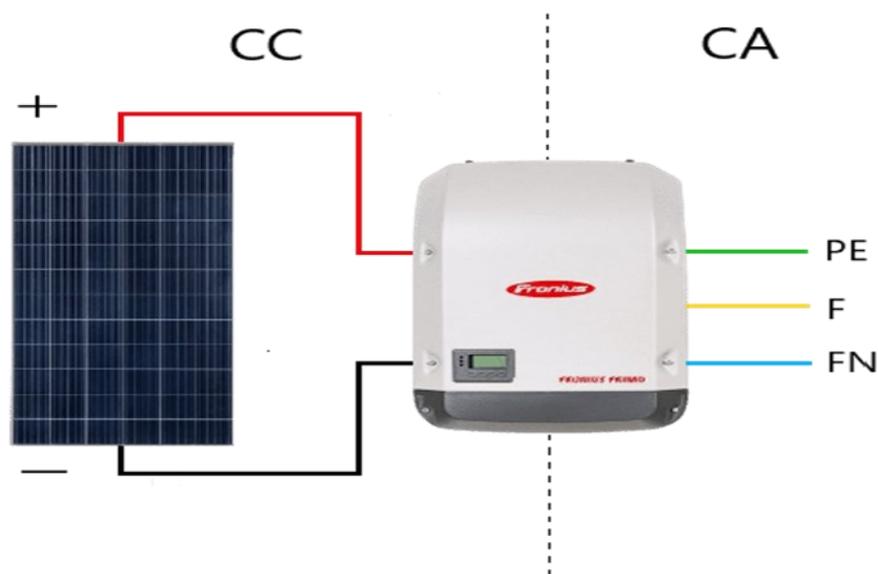
Fonte: Portal solar, (2022).

### 2.5.2 Inversor de CC/CA

O inversor (figura 8) é componente que tem a função de converter a energia gerada pela placa fotovoltaica fazendo com que essa corrente CC seja transformada em corrente CA, onde ocorre essa transformação em sistemas (*on-grid*).

No caso o inversor de frequência fornece energia elétrica em corrente alternada – CA a partir de uma fonte de energia elétrica de corrente contínua – CC. A tensão CA de saída deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados às cargas a serem alimentadas. Adicionalmente, no caso de sistemas conectados à rede elétrica a tensão de saída do inversor deve ser sincronizada com a tensão da rede (ALCÍDIO e VINÍCIUS, 2021).

Figura 8 - Inversor CC/CCA



Fonte: Energia Solar, (2022).

Os inversores sejam monos ou polifásicos destinados a conexão on-grid, devem ser produzidos de forma que sejam respeitadas as diretrizes previstas pela NBR 16149 (Sistemas Fotovoltaicos - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição) e pela NBR 16150 (Sistemas Fotovoltaicos - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimentos de ensaio de conformidade).

Diferentemente dos painéis solares, inversores de tensão CC-CA possuem alta eficiência, variando entre 85 e 95%, dependendo do modelo, tecnologia empregada e da

potência na qual o inversor está operando. Muitos inversores contam com o envio de dados via conexão wireless; segurança através de sistemas que detectam, sobrecorrente, sobretensão e surtos; e uso de algoritmos de MPPT (do inglês, Rastreador de Ponto Máxima Potência).

O MPPT tem por função operar sempre no ponto de máxima transferência de potência dos painéis para as cargas. Seu uso é necessário devido à natureza aleatória do funcionamento dos módulos fotovoltaicos (dependem da temperatura, radiação solar, entre outros fatores já mencionados), permitindo a maximização da energia convertida.

### 2.5.3 String box

É o componente de proteção (figura 9) da parte CC do sistema fotovoltaico. Este é responsável pela conexão dos cabos vindos dos módulos fotovoltaicos ao inversor, enquanto fornece proteção contra sobretensão e sobrecorrente e permite o seccionamento do circuito.

Figura 9 - String box



Fonte: Fase energia solar, (2022).

#### **2.5.4 Baterias**

Devido a variação da radiação solar que ocorre de forma natural, pois temos de forma cíclica durante 24 horas manhã, fins de tarde e em dias nublados os níveis de energia elétrica gerados são baixos, e nas noites não há geração. Nos sistemas de geração off-grid e híbridos (on-grid) há a necessidade de colocação de baterias para o armazenamento da energia elétrica, por meio de uma transformação em energia química, assim quando for necessário esse armazenamento é convertido novamente para a utilização em momentos que não há geração. (ALCÍDIO e VINÍCIUS, 2021).

No mercado há alguns tipos de baterias que são utilizados para os sistemas off-grid. As baterias estacionárias comuns, também conhecidas como baterias de ciclo profundo. Tem vida útil de 4 a 5 anos e preços acessíveis. Baterias (OPZS), bateria de placa de plomo tubular com eletrólito líquido, são baterias estacionárias ventiladas com (ácido sulfúrico diluído). Tem vida útil que excede os 10 anos, expectativa de aproximadamente 1500 ciclos com 80% de profundidade de descarga e preços razoáveis. Baterias AGM também possuem vida útil de mais de 10 anos. As baterias VRLA AGM têm uma resistência maior às temperaturas extremas, aos ciclos de descarga e carga e às vibrações e choques mecânicos, são totalmente isentas de manutenção. Baterias de gel, eletrólito na forma de gel, possuem a vida útil superior a 10 anos e são indicadas, principalmente, para sistemas solares fotovoltaicos em embarcações já que sua camada de gel dá maior estabilidade e segurança, (SOLAR BRASIL, 2016).

Baterias chumbo-ácido comuns de carro não são ideais para a utilização em sistema fotovoltaicos, como o próprio nome diz, são baterias automotivas, com vida útil estimada em 2 anos, não são preparadas para longos ciclos de descargas profunda, pois na sua utilização são preparadas para estarem sempre em carregamento pelos alternadores, (SOLAR BRASIL, 2016).

#### **2.5.5 Conversores de corrente contínua (CC-CC)**

Diversos sistemas fotovoltaicos isolados, visando a redução de custos, dispensam a utilização de inversores. Nestes casos todos os equipamentos eletroeletrônicos devem ser alimentados somente com tensão contínua. Geralmente nestes sistemas a tensão gerada é de aproximadamente 12V. Entretanto, existem aparelhos eletrodomésticos que operam com baterias (descartáveis ou recarregáveis) de menores tensões, múltiplas de 1,5 Vcc que é a

tensão de uma pilha. Enquadram-se nesse caso os rádios transistorizados, gravadores, aparelhos de CD e pequenos televisores, muito comuns principalmente em residências rurais.

Os conversores de corrente contínua (CC-CC), conhecidos também como conversores abaixadores, executam a função de alimentação elétrica. Estes conversores fornecem, a partir de uma tensão de entrada maior, valores de tensões inferiores. Os conversores CC-CC abaixadores se apresentam como uma das mais simples e confiáveis topologias, devido, basicamente, ao reduzido número de componentes (ALCÍDIO e VINICIUS, 2021).

### 2.5.6 Cabos solar

O cabo solar fotovoltaico, é indicado para aplicações e uso da energia solar, dependendo do tipo de cabo ele dura por volta de 25 a 60 anos exposto ao tempo, característica relevante para diversas aplicações. Em sistemas fotovoltaicos de grande porte, onde se conectam diversos módulos em série, e pode se produzir uma tensão contínua de operação com valor elevado, cerca de 1000V á 1500V em sistemas modernos de grande porte. Portanto, se utiliza cabos adequados para aplicações em corrente contínua conforme (figura 10), com tensão nominal de isolamento igual ou superior a tensão máxima do sistema fotovoltaico. Além disso, os cabos para sistemas fotovoltaicos necessitam de uma proteção mecânica, que podem ser aplicados em ambientes expostos ao tempo, estes cabos devem atender especificação e/ou normas vigentes que trata especificamente de cabos de potência para sistemas fotovoltaicos. Normalmente a tensão de isolamento dos cabos solares é de 0,9/1,8 kV em corrente contínua. Componentes de um sistema fotovoltaico: o cabo solar, (SHAREENERGY, 2017).

Figura 10 – Cabo solar



Fonte: Energia-Solar, (2022).

Normalmente são instalados em locais que ficam expostos ao tempo, os cabos solares fotovoltaicos devem ser resistentes à radiação ultravioleta. Caso não sejam, devem estar devidamente abrigados da radiação ultravioleta (UV) ou instalados em eletrodutos resistentes a essa radiação. A temperatura de trabalho desses cabos pode chegar a uma variação de 90°C podendo operar em 120°C por determinados períodos, normalmente esse período é de 20.000 h. Componentes de um sistema fotovoltaico: o cabo solar, (SHAREENERGY, 2017).

## 2.6 APLICAÇÕES SOLAR FOTOVOLTAICOS

A tecnologia de conversão de energia solar fotovoltaica possibilita o uso de energia elétrica em locais remotos. As principais aplicações dessa configuração de SFV são o atendimento residencial que não possui rede elétrica convencional, bombeamento de água, sistemas de telecomunicações e monitoramento remotos, além de formas mais pontuais como cercas elétricas e dessalinização de água (PINHO e GALDINO, 2014). Em locais que existe rede elétrica, um SFI também pode ser utilizado visando o atendimento de cargas específicas com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica, por exemplo, em redes de iluminação pública mais atuais.

Em seguida, a aplicação em bombeamento de água, nomeada por sistema fotovoltaico para bombeamento (SFVB), que será discutida em mais detalhes.

## 2.7 AGRICULTURA FAMILIAR EM SANTA CATARINA

A agricultura familiar ganhou mais notoriedade nas últimas décadas, ou melhor passou a ter maior visibilidade em âmbito nacional com a criação do Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) em 1995. O Pronaf é um programa desenvolvido pelo governo federal, que visava atender pequenos produtores rurais no que diz respeito as linhas de créditos diferenciados, créditos que até então só os grandes proprietários de terras tinham acessos aos créditos subsidiados.

A partir do programa de incentivo por parte do governo federal no final do século XX, é razoavelmente bem conhecido o termo agricultura familiar, porém é comum ouvir termos ainda como: pequeno produtor, campesinato e pequena produção rural, referindo-se a agricultura familiar. As categorias descritas acima, nada mais é que a distinção da categoria familiar com o patronal.

A agricultura familiar tem como princípio o uso da mão de obra familiar, que desde o início da colonização do nosso país essa prática de produção no campo já era empregada.

Relatamos anteriormente que a agricultura familiar é de fundamental importância tanto para a economia do país, quanto para o estado Catarinense e na tabela 01 podemos verificar alguns dados comparativos relacionados a quantidade de estabelecimentos e a área ocupada, conforme dados do último censo realizado em 2017.

Tabela 1 – Número e área dos estabelecimentos agropecuários por tipo de agricultura – 2017

Descrição	Números (unidades)				Área (milhões de Hectares)			
	Total	Não familiar	Familiar	% da Agricultura familiar	Total	Não familiar	Familiar	% da Agricultura familiar
Brasil	5.073.324	1.166.865	3.906.459	77	351	270,1	80,9	23
Santa Catarina	183.066	40.079	142.987	78,1	6,4	4	2,4	37,5

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário, (2017).

A definição no que é agricultura familiar ou não familiar segundo Rui Correia da Silva 2014, em termos constitucionais (Lei no 11.326, de julho de 2006), a propriedade de um agricultor familiar não ultrapasse quatro módulos fiscais: (em Santa Catarina equivale a 4 hectares) com renda gerada a partir das atividades de sua propriedade. Atualmente o produtor familiar é o grande responsável nacional pela alimentação consumida no nosso dia a dia.

Embora os governantes tenham avançado e demonstrado maior interesse e preocupação com a agricultura familiar, ainda há um grande caminho a ser percorrido, principalmente nas questões relativas a:

- Estradas;
- Eletrificação rural;
- Saneamento básico;
- Formas de armazenamento de produção agrícolas;
- Saúde e educação;
- Assistência técnica e extensão rural;
- Reforma agrária e crédito rural;
- Pesquisa científica;

Conhecemos um pouco sobre a história algumas características e dados sobre a agricultura familiar no geral e em Santa Catarina, essa que contribui não só com a diminuição do êxodo rural, mas também como fonte de renda e riquezas para o estado e país. Comparado

com os demais estados brasileiros Santa Catarina, tem níveis de tecnologia um pouco melhor, mesmo assim precisa avançar principalmente no que se diz respeito as mudanças climáticas. Sabemos que o estado sofre com inúmeros desastres relacionados ao clima, como inundações, tornados, ciclones, tempestades, ondas de frio e calor cada vez mais intensas, estiagens entre outras calamidades relacionadas ao clima. Os desastres naturais são muitas vezes difíceis de contornar pelo produtor rural, mas alguns fenômenos climáticos como a estiagem, (essa que segundo a EPGRI, em 2021 causou um prejuízo de metade da safra para alguns produtores Catarinense) pode ser contornado pelo processo de irrigação tornando a produção para esse pequeno produtor mais confiabilidade e melhore sua produção. No capítulo abaixo vamos detalhar melhor o que sistemas de irrigação, bombeamento e poços artesianos.

## 2.8 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E BOMBEAMENTO

### 2.8.1 Irrigação

A irrigação é uma técnica bastante antiga, cuja finalidade é fornecer água às plantas quando elas necessitam e na quantidade correta para que possam produzir de formar esperada. A irrigação corresponde à prática agrícola que utiliza um conjunto e equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água para as plantas, ou seja, repor a água perdida no processo de evapotranspiração (BERNADO et al., 2019).

De acordo com Mantovani, Bernardo e Palaretti (2007), diferentemente da utilização da irrigação no passado, que visava principalmente à luta contra a seca, atualmente, ela é utilizada no agronegócio como estratégia para o aumento da produção, produtividade e rentabilidade da propriedade de forma sustentável, preservando o meio ambiente.

A irrigação é um seguro contra a seca em regiões de clima semiúmido, nas quais, ciclicamente, ocorre estiagem mais prolongadas, pois propicia condições para mais de uma colheita na mesma área (uso intensivo do solo), melhore a qualidade do produto em função das condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas e possibilita antecipar ou atrasar a safra de certas culturas. Isso tudo possibilita a produção fora de época, com a opção de venda com melhores preços, além de melhor eficiência com o uso de fertilizantes. (VICENTE, Laís de C.; RUSIN; OLIVEIRA, Carolina Rossi D.; et al. 2021).

## 2.8.2 Sistema de Irrigação

Existem vários métodos de irrigação, porém os mais conhecidos são: aspersão, superfície, localizada e subsuperfície ou subterrânea, dentre elas o sistema mais antigo que se utiliza a irrigação por superfície, também conhecida por irrigação por gravidade, neste método os agricultores, utilizando a ação da gravidade, deixam a água escoar sobre o solo cobrindo-o totalmente ou parcialmente possibilitando a infiltração durante o movimento ou seu represamento. Portanto a definição desses principais métodos de irrigação são:

- Aspersão: a água é aplicada na forma de chuva e acima do solo sobre a folhagem da cultura;
- Superfície: esse sistema é quando utiliza a superfície do solo de forma parcial ou total para a aplicação da água por ação da gravidade.
- Localizada: no método de irrigação localizada a água é aplicada em uma área limitada da superfície do solo próximo ao seu sistema radicular, onde o duto principal de irrigação é equipado com gotejadores ou microaspersores, sendo um dos métodos de melhor custo-benefício referente a economia de água.
- Subsuperfície ou subterrânea: a água é aplicada abaixo da superfície do solo, dentro do volume explorado pelas raízes das plantas.

Visando exemplificar as diferenças relacionadas a cada método de irrigação citadas, na figura abaixo, temos uma ilustração dos quadros métodos apresentados para melhor compreender.

Figura 11 – Ilustrações dos quatro métodos de irrigação



Fonte: Adaptado Roberto Testezlaf, (2017, p. 11).

Cada método de irrigação possui suas particularidades e está associado aos diferentes sistemas de irrigação. A definição do método e dos sistemas adequados se baseia numa série de fatores, como: variação de solo, topografia, clima, culturas, disponibilidades de energia e condições socioeconômicas (ANDRADE; BRITO. 2006; RERREIRA, 2011).

### 2.8.3 Partes constituintes de um sistema de irrigação

Os sistemas de irrigação podem, ser constituídos por seis componentes ou unidades com funções distintas: (ROBERTO TESTEZLAF, 2017).

- Unidade de bombeamento ou elevação de água.
- Unidade de condução ou transportes de água.
- Unidade de tratamento de água.
- Unidade de controle e automação.
- Unidade de aplicação ou distribuição de água.
- Unidade de drenagem ou reuso de água.

É importante destacar que no projeto de um sistema de irrigação não é necessário a presença de todas essas unidades, o que se considera são as condições do local e a viabilidade do projeto determinada a necessidade de cada um dos componentes.

Falamos nas unidades que compõe um sistema de irrigação, porém para que seja possível a construção do projeto, precisamos da fonte de captação de água, no nosso estudo ou melhor nos próximos dois capítulos, vamos propor através de poço, poços simples (cacimba amazonas, poços rasos etc.) e poço perfurados (artesianos e semiartesianos), e leitos de rios.

### 2.8.4 Poços simples e tubular profundo

Um sistema de captação de água pode ser proveniente de um corpo d'água superficial ou subterrâneo, e o método mais primitivo de obtenção de água subterrânea é a escavação do solo, até atingir uma certa profundidade, sendo este, abaixo do nível do lençol freático.

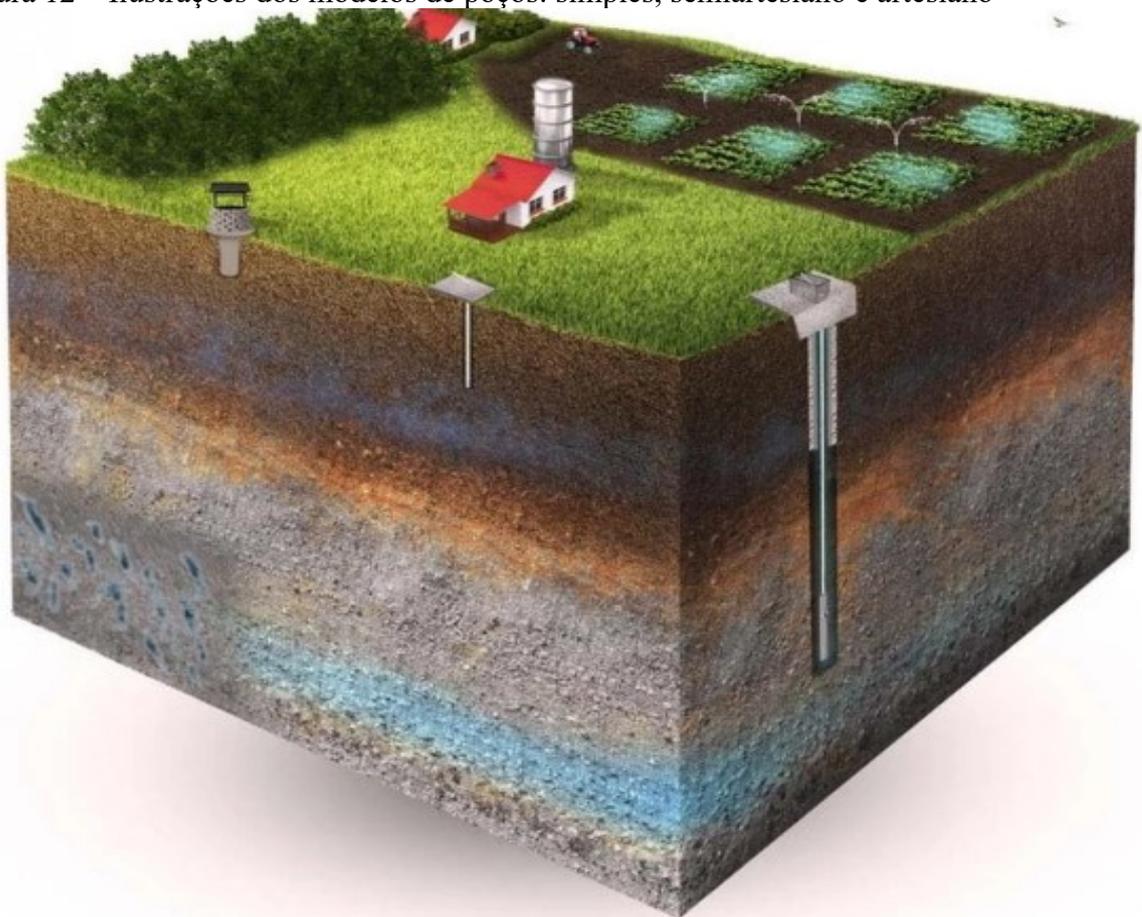
A exploração da água subterrânea está relacionada a três fatores: 1º - quantitativo: relacionado à quantidade, intensamente ligado à condutividade hidráulica e ao grau de armazenamento dos terrenos. Os aquíferos possuem diferentes taxas de recarga, alguns se recuperam rapidamente e outros lentamente; 2º - qualitativo: o que diz respeito a qualidade, sendo determinada pela composição das rochas, condições climáticas e também de renovação das águas; 3º econômico: relacionado a profundidade do aquífero e suas condições de bombeamento (BORGHETTI et al.,2004)

No entanto, o uso de águas subterrâneas remonta aos tempos antigos, sua evolução acompanha a evolução dos seres humanos. Contudo o aumento do seu uso é devido a melhorias na tecnologia de construção de poços e métodos de bombeamento, que permitem a extração de água em volumes e profundidades cada vez maiores, possibilitando o suprimento

de água a cidades, indústrias, projetos de irrigação etc. Em termos de necessidades de uso, essa relação varia de país para país, e de região para outra.

Já com relação aos modelos desses poços, existem duas categorias principais: o poço simples e o poço tubular profundo. O poço simples também conhecido como: poço caipira, poço raso (poços de pequena profundidade até 30 metros Exemplos: Ponteiros nos Aquíferos Costeiros), cisterna, cacimba ou amazonas (poço de grandes diâmetros 1 metro ou mais, revestidos com tijolos ou anéis de concreto com profundidade até 20 metros), é perfurado manualmente até o início do lençol freático, ou seja, até a primeira reserva de água próximo à superfície. Já o poço tubular profundo são obras de engenharia geológica de acesso à água subterrânea, executada com sonda perfuratriz mediante perfuração vertical com diâmetro de 4” a 36” e profundidade de até 2000 metros para captação de água. Na ilustração da figura 12 podemos entender um pouco melhor sobre os modelos de cada poços, o poço mais raso caracteriza a cisterna, o poço médio o semiartesiano e o mais profundo o artesiano.

Figura 12 – Ilustrações dos modelos de poços: simples, semiartesiano e artesiano



Fonte: Perfurarte, (2022).

A perfuração de poços para a captação de água tem crescido muito nas últimas décadas, e campanhas realizadas pelas ong`s e pelos governantes, a fim de conscientizar o seu uso, são cada vez mais intensas, e em Santa Catarina não é diferente. Santa Catarina que segundo a secretaria de Meio Ambiente está sobre dois dos mais importantes reservatórios de águas subterrâneas do país, os sistemas aquíferos Guarani e Serra Geral, onde levantamento feito em 2018, consta que dos 295 municípios do estado, 158 estão em cima desses sistemas, e, cerca de 80% deles dependem das águas subterrâneas para o abastecimento urbano. E para garantir a preservação e o uso sustentável desse recurso natural, o Governo estadual tem investido em pesquisa, construção de banco de dados e regularização das captações.

Segundo o governo do estado de Santa Catarina, uma medida importante de preservação de água subterrânea é a regularização da sua captação. Isso porque a quantidade de poços e, conseqüentemente, de água retirada dos aquíferos, precisa ser compatível com a capacidade de reposição. Do contrário, os poços podem secar. Além disso, as perfurações, se feitas de maneiras inadequadas, podem contaminar as águas subterrâneas. Por tais motivos, a perfuração de poços tubulares só pode ser feita mediante autorização de órgãos estaduais. Para tanto, o usuário que pretende captar água subterrânea precisa solicitar a autorização de perfuração de poço, que pode ser submetido por meio do Sistema de Outorga de Águas de Santa Catarina (Siout).

### **2.8.5 Rede Hidrográfica Catarinense**

Segundo a divisão atualmente adotada pela Agência Nacional de Águas - ANA, os rios que drenam o território estadual de Santa Catarina integram três grandes Regiões Hidrográficas – a Região Hidrográfica do Paraná, a Região Hidrográfica do Uruguai e a Região Hidrográfica Atlântico Sul.

A rede hidrográfica catarinense tem na Serra Geral o principal divisor de águas que forma os dois sistemas independentes de drenagem do território estadual: o sistema integrado da Vertente do Interior, compreendendo 07 bacias que integram a bacia Paraná-Uruguai, e o sistema da Vertente Atlântica, formado por um conjunto de 11 bacias isoladas que fluem para leste, desaguando diretamente no Atlântico. Assim, a rede hidrográfica catarinense possui um total de 18 bacias hidrográficas consideradas de rios principais. (SISTEMAS DE OUTORGA DE ÁGUAS DE SANTA CATARINA-SIOUT).

A rede hídrica do Estado de Santa Catarina é rica e bem distribuída. Em conformidade com a distribuição das chuvas, a grande maioria dos cursos d'água que drenam o Estado de

Santa Catarina apresenta dois períodos típicos de cheias, que ocorrem na primavera e no final de verão, e dois períodos de vazões mínimas, registrados no início de verão e no outono com prolongamento no inverno, comportamento típico de regime subtropical. (SISTEMAS DE OUTORGA DE ÁGUAS DE SANTA CATARINA-SIOUT).

Os rios e lagos do estado segundo a secretaria do Meio Ambiente, vêm apresentando uma substancial alteração no seu uso, passando de simples meio de transporte e da prática de pesca artesanal para utilização diversificada, acompanhando o desenvolvimento econômico observado nas últimas décadas. Os principais usos dos recursos hídricos que envolvem derivação de águas em Santa Catarina estão associados ao abastecimento humano, ao abastecimento industrial, à dessedentação animal e à irrigação.

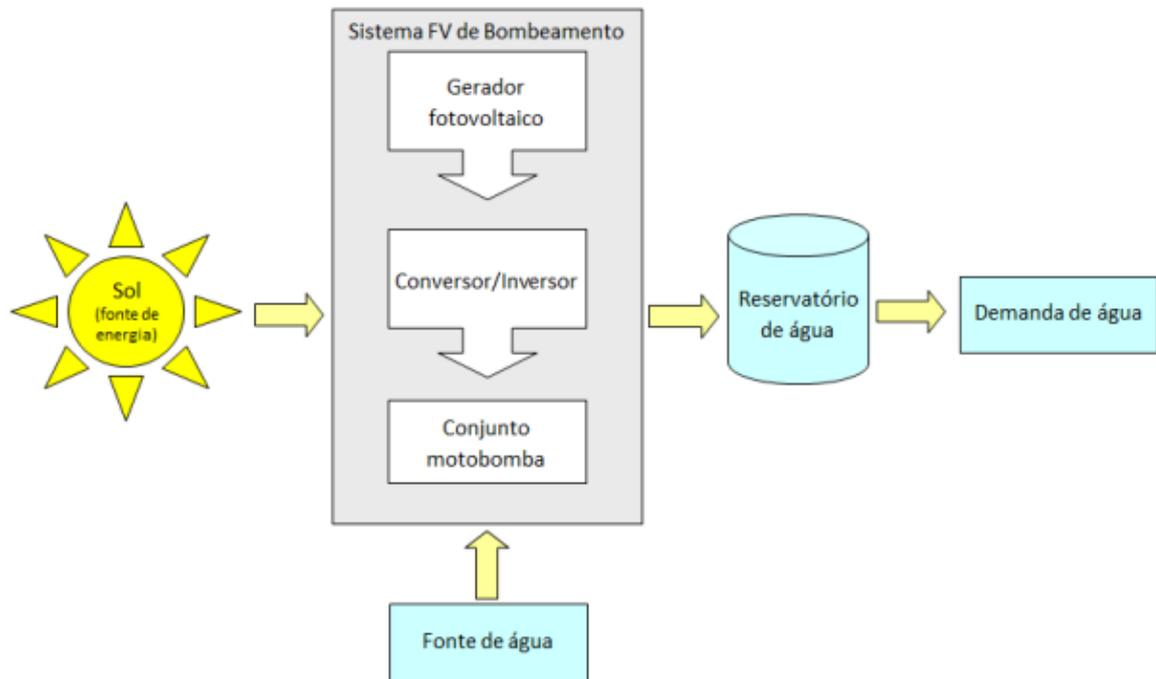
A irrigação é um dos principais usos dos recursos hídricos em Santa Catarina, fundamentalmente em decorrência da utilização de água empregada na lavoura de arroz. Vários sistemas de irrigação são utilizados em Santa Catarina, sendo que os dois tipos mais relevantes por área ocupada são inundação (111.305 hectares) e aspersão (17.081 hectares), que representam respectivamente 83,8% e 12,9% do total dos sistemas utilizados. O método por inundação, adotado na maioria das áreas irrigadas, resulta em consumo de água expressivo, especialmente entre os meses de agosto a novembro, quando é necessária uma lâmina d'água de maior altura para o crescimento das plantas. (SISTEMAS DE OUTORGA DE ÁGUAS DE SANTA CATARINA-SIOUT).

Nos últimos dois capítulos descritos, compreendemos um pouco mais sobre a hidrografia Catarinense, os modelos e características dos poços, descrevendo a importância desses para o desenvolvimento regional. Nos próximos capítulos vamos descrever alguns sistemas e equipamentos para deixar acessível esse recurso, (o recurso referido a água).

### **2.8.6 Sistema de bombeamento de água**

Um sistema de bombeamento tem o objetivo de realizar o transporte de um fluido de um local mais baixo para um local mais alto. Esse trabalho é realizado através de um conjunto de motobombas, que junto com reservatório e alguns componentes complementares forma o sistema. Em sistemas de bombeamento fotovoltaico (Figura 13) são acrescentados os geradores fotovoltaicos e o dispositivo de condicionamento de potência. Segundo Pinho e Galdino (2014), neste sistema de forma geral, a água é elevada até reservatórios, que são dimensionados em função da autonomia necessária. São diversas as aplicações entre elas: irrigação, abastecimento residencial, bebedouros para animais, entre outras

Figura 13 – Diagrama esquemático de sistema de sistema fotovoltaico de abastecimento de água



Fonte: Pinho e Galdino, (2014, p. 265).

As principais vantagens são o acionamento por energia não poluente, operação autônoma, custo de operação, baixa manutenção e longa vida útil (MORALES, 2011). Outro ponto positivo que podemos destacar, é a alternativa da energia solar fotovoltaica para sistemas de bombeamento de água, surge como alternativa ao bombeamento através de motores a diesel, esse que tem um custo elevado de manutenção, variação em preços de combustíveis e o mais importante no cenário atual, a emissão de poluentes nocivos ao meio ambiente.

### 2.8.7 Sistemas fotovoltaicos de bombeamento para irrigação

A configuração básica de um sistema fotovoltaico de bombeamento típico é constituída por gerador fotovoltaico, equipamentos de condicionamento de potência, grupo motobomba, sistema de armazenamento (o armazenamento pode ser de energia elétrica em baterias, ou de água em reservatórios elevados) e sistema de distribuição (MORALES, 2011). Enquanto os três primeiros elementos são similares para qualquer aplicação, os sistemas de armazenamento e distribuição variam de acordo a topografia do terreno e com a finalidade

que é dada à água, que poderá ser destinada para consumo humano, consumo animal e irrigação (MORALES, 2011).

Os sistemas isolados (sistemas mais simples) e sem baterias é utilizado para alguns tipos de aplicações, onde se utiliza a energia produzida pelo modulo fotovoltaico conectado diretamente a um conjunto motobomba em CC, sendo este último conectado diretamente ao sistema de distribuição, tornado o mais vantajoso quando precisa de baixo custo e confiabilidade.

Os sistemas mais complexos, porém, mais custosos, podem incluir um sistema de armazenamento (bateria ou reservatório de água), além de condicionamento de potência para otimizar o acoplamento entre o gerador e a motobomba, e seguimento solar para maximizar a quantidade de água bombeada. Além disso, quando necessário, pode haver o uso de um subsistema de bombeamento para a elevação da pressão de irrigação (MORALES, 2011). Para melhor compreendermos o sistema na figura 14 apresenta um diagrama esquemático de um sistema fotovoltaico de bombeamento com aplicações para consumo humano, animal e irrigação.

Figura 14 – Diagrama esquemático de um sistema fotovoltaico de bombeamento com aplicação para consumo humano, animal e irrigação



Fonte: Oliveira ENCS et al. (2018).

Em aplicações de bombeamento de água com geração fotovoltaica, diversos tipos de bomba podem ser utilizados. Elas são classificadas, segundo a tecnologia, em centrífugas ou deslocamento positivo, e em submersíveis, superficiais ou flutuantes, segundo sua localização na fonte de água a ser utilizada. Também existe uma variedade de controladores de potência

cujo uso depende, entre outros fatores, das características da motobomba selecionada (MORALES, 2011).

No mercado existem uma grande variedade de equipamentos e várias configurações para sistema fotovoltaico de bombeamento, porém a sua seleção varia de acordo com: características específicas da aplicação e localização do projeto (ou empreendimento). Onde o projetista precisa ser muito criterioso em sua seleção, caso contrário, pode afetar criticamente a viabilidade econômica e o tempo de vida útil do projeto.

### **2.8.8 Motobombas**

São máquinas hidráulicas, ou seja, máquinas que recebem energia potencial (a força motriz de um motor ou turbina) e converte parte da potência em energia, energia cinética (movimento) e energia de pressão (força), ambas transferidas para o fluido bombeado para recirculá-lo ou transportá-lo de um ponto a outro. Portanto, bombas hidráulicas são usadas sempre que necessário o aumento da pressão de trabalho de substâncias líquidas nos sistemas, vazão ou ambas.

Há umas grandes diversidades de bombas existentes no mercado, porém para as aplicações mais básicas, ou seja, para as aplicações comum do dia a dia destaca-se as bombas pertencentes à dois grandes grupos: as bombas centrífugas ou turbo bombas, também conhecidas como hidro ou Rotodinâmica e as bombas volumétricas também conhecida como de deslocamento positivo. Segundo a Schneider motobombas, nas bombas centrífugas a movimentação do fluido ocorre pela ação de forças que se desenvolvem na massa dele, em consequência da rotação de um eixo no qual é acoplado um disco (rotor, impulsor) dotado de pás (palhetas, hélice), o qual recebe o fluido pelo seu centro e o expulsa pela periferia, pela ação da força centrífuga, daí o seu nome mais usual. Já nas bombas volumétricas ou de Deslocamento Positivo, a movimentação do fluido é causada diretamente pela ação do órgão de impulsão da bomba que obriga o fluido a executar o mesmo movimento a que está sujeito este impulsor (êmbolo, engrenagens, lóbulos, palhetas). Dá-se o nome de volumétrica porque o fluido, de forma sucessiva, ocupa e desocupa espaços no interior da bomba, com volumes conhecidos, sendo que o movimento geral deste fluido dá-se na mesma direção das forças a ele transmitidas, por isso a chamamos de deslocamento positivo.

A eficiência do conjunto de motobombas, depende: do tipo de motor, do sistema de transmissão e potência e do tipo de bomba selecionada. A seleção correta permite ao conjunto, maximizar a eficiência durante a operação.

### 2.8.9 Motor de indução

Os motores elétricos são utilizados para converter energia elétrica em energia mecânica e representa uma das invenções mais úteis na indústria elétrica. Um motor elétrico funciona com base em magnetismo e correntes elétricas. Existem dois tipos básicos de categorias de motores: CA e CC. Estes dois tipos usam as mesmas partes fundamentais, mas com variações que lhes permitem operar com dois tipos diferentes de fontes de alimentação. (D. PETRUZELLA, 2013).

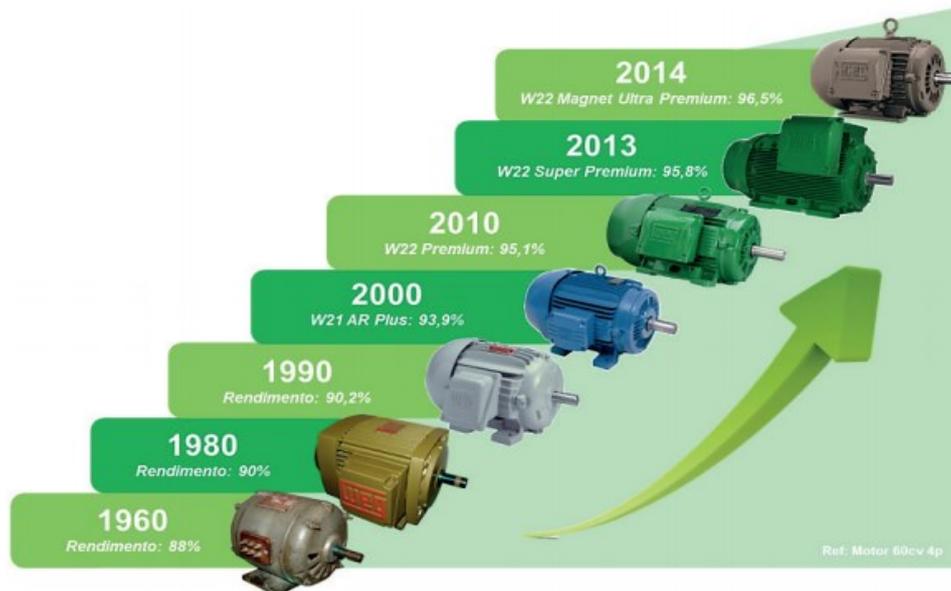
Segundo NEMA (National Electrical Manufacturers Association) classifica os motores de indução em 4 categorias conforme o torque, corrente e outras características importantes para os projetos. Essas categorias são designadas pelas letras A, B, C e D. Analisemos as características dos motores das diversas categorias.

- Tipo A: tem um torque normal na partida (150 a 170 % da potência nominal) e uma corrente de partida relativamente alta, podendo manusear cargas mais pesadas.
- Tipo B: é o tipo mais comum seu torque de partida é semelhante ao do tipo A, mas tem uma corrente inicial menor, com eficiência e fator de carga alto.
- Tipo C: tem um torque de partida elevado (maior que os tipos anteriores), indicados para o acionamento de cargas maiores.
- Tipo D: tem o maior de todos os torques de partida com velocidade final menor.

Para o dimensionamento de um motor, precisa levar em conta os seguintes dados: a tensão da rede, a frequência, a tensão de alimentação do motor, o ambiente onde o motor será instalado, o tipo de acoplamento (Nm torque do motor), a corrente, eficiência e o tipo do motor.

Relacionamos os dados para a seleção de um motor de indução, porém queria destacar ou melhor enfatizar um dado, que está muito relacionado com a discussão de energias mais limpas e renováveis, esse dado é a eficiente energética. No mundo atual, se discute muito sobre sustentabilidade, e uma das formas de ter um mundo mais sustentável é selecionar itens com grande eficiência energéticas, e nesse quesito a engenharia de desenvolvimento de motores evoluiu significativamente, conforme podemos verificar na figura 14, que destaca a evolução da eficiência de motores de indução desde a década de 60.

Figura 15 – Evolução de eficiência energética dos últimos anos dos motores de indução



Fonte: Weg, (2022).

### 2.8.10 Análise financeira

Analisar financeiramente um projeto e mensurar o retorno do investimento é uma preocupação de muitos gestores de negócios, afinal, todos buscamos otimizar processos, reduzir custos e obter resultados cada vez melhores. Portanto, quando se inicia um estudo sobre a viabilidade de um empreendimento é necessário definir do que se trata, onde o estudo de viabilidade financeira, visa estimar o custo total de um projeto considerando fatores como capital inicial, despesas e rendimentos.

A análise financeira vem a auxiliar na avaliação de um sistema tido por viável sob a perspectiva técnica, além de estabelecer variáveis com valores unitários de parâmetros intrínsecos ao sistema estudado, permitindo uma comparação com outros sistemas de natureza semelhante.

Dentro da análise financeira aplicável ao caso de SFVB a avaliação de desempenho por meio de figuras de mérito, que nada mais são do que a comparação dos méritos de um sistema com produtos similares. Utilizando os dados resultantes do dimensionamento do sistema, é feita a análise financeira com o suporte das figuras de mérito a seguir que são elas: (CARVALHO, 2018).

- Custo do ciclo de vida (CCV).
- Fator de recuperação do capital (FRC).

- Custo do ciclo de vida anualizado (CCVA).
- Custo de volume bombeado (CVB).
- Custo do volume bombeado segundo a altura manométrica (CVBBH).

Para determinação ou melhor, contabilizando as despesas ao longo da vida útil de um projeto, utiliza a equação (1) que determina o custo total de um investimento.

$$CCV = I_0 * O\&M \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] + CBFV * (1+i)^{-N_{SB}} + CAMB * (1+i)^{-N_{AMB}} \quad (1)$$

Onde  $I_0$  é o investimento total na compra do sistema de bombeamento em R\$; O&M é o custo de operação e manutenção em R\$;  $i$  é a taxa de desconto anual em %;  $n$  é a vida útil em anos; CSFVB é o custo do sistema fotovoltaico de bombeamento em R\$; e  $N_{SB}$  é a vida útil do sistema de bombeamento em anos.

Já para determinar o fator de recuperação do capital (FRC) considerando a vida útil do projeto, utiliza-se a equação (2) esse que indica quanto do investimento total é recuperado anualmente em função da taxa de desconto.

$$FRC = \frac{i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

Calculando a equação (3) custo de do ciclo de vida anualizado (CCVA), chegamos no custo anual requerido para o pagamento total do investimento ao longo de sua vida útil, dado em reais por ano.

$$CCVA = CCV * FRC \quad (3)$$

O custo de volume bombeado (CVB), dados em R\$/ $m^2$ , onde o VBA é calculado por  $m^3$  ano e o (CVBH) Custo do volume bombeado em R\$/ $m^3$ , considerando-se a altura manométrica total, em que  $h_{m_c}$  é a altura manométrica corrigida, em metros, são respectivamente calculados pela equação (4) e (5).

$$CVB = CCVA / VBa \quad (4)$$

$$CVBH = CVB / h_{m_c} \quad (5)$$

### 3 METODOLOGIA

O desenvolvimento desta pesquisa será de caráter teórico e experimental, utilizando conhecimentos técnicos científicos baseados em: livros, revistas, artigos, internet, catálogos de fabricantes, entre outros meios ou técnicas para obter resultados para incrementar na pesquisa. No desenvolvimento, vamos procurar seguir o que foi apresentado na fundamentação teórica, na qual podemos destacar o livro: manual de engenharia para sistemas fotovoltaico de Pinho e Gandino (2014).

A abordagem inicial ou melhor a sistemática para o desenvolvimento do trabalho seguirá alguns passos, na qual vamos descrever a seguir.

#### 3.1.1 Estimativa de consumo de água e equação para seleção da motobomba e dados da radiação solar

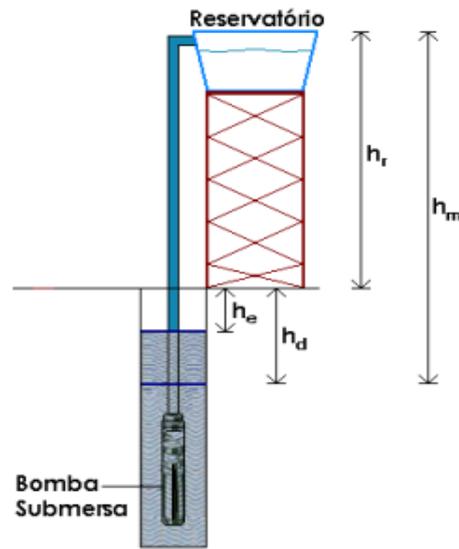
A indisponibilidade de um consumidor final ou um local específico para criar um perfil médio de consumo ( $Q_m$  metros cúbicos por horas) de água voltado à produção agrícola, nos deixa uma única possibilidade, estimar uma média desse consumo com dados fornecidos ou melhor disponível em:

1. Censo agro IBGE de 2017;
2. Sistemas de informações de recursos hídricos do estado de Santa Catarina (SIRHESC);
3. Visitas pré-agendadas em algumas propriedades rurais de agricultores familiares na região da grande Florianópolis, promovida pela federação dos trabalhadores da agricultura do estado de Santa Catarina a FETAESC.

As visitas e os órgãos relatados, serão importantes também para estipular a altura de nível, ou seja, a distância do ponto de captação de água até o reservatório, informações preliminares, porém de grande importância, pois dependendo da relação distância x altura, podemos fazer uma breve avaliação financeira, se o sistema que estamos propondo é viável ou não. Com os dois dados definidos damos sequência no trabalho que tem como próximo passo a seleção da motobomba.

A seleção da motobomba seguirá o roteiro de dimensionamento do sistema de geração de Sistema de bombeamento fotovoltaico (SBFV) proposto por Pinho e Galdino (2014). A figura abaixo apresenta um esquema típico.

Figura 16 – Níveis para dimensionamento em um SBFV



Fonte: Pinho e Galdino, (2014, p. 320).

Para melhor compreender as etapas de dimensionamento da motobomba, começamos com descrição de cada uma das abreviaturas da figura anterior.

1. Altura estática: ( $h_e$ ).
2. Altura dinâmica: ( $h_d$ ).
3. Altura do reservatório: ( $h_r$ ).
4. Altura manométrica: ( $h_m$ ).

A próxima etapa é corresponde à altura manométrica corrigida ( $h_{mc}$ ), equação (6) que é a soma das perdas das tubulações ( $h_t$ ), (informações sobre perdas da tubulação são fornecidos pelos fabricantes dos tubos e das conexões) e conexões ( $h_c$ ), mais altura manométrica ( $h_m$ ), todas em metros.

$$h_{mc} = h_m + h_t + h_c \quad (6)$$

A equação (7) será utilizada para determinar a altura total equivalente em metros ( $H_{TE}$ ), que de posse da informação referente a capacidade máxima disponível do poço ( $Q_{Max}$ ), podemos substituir a altura manométrica corrigida, nos cálculos do projeto.

$$H_{TE} = h_e + h_r + \left( \frac{h_d - h_e}{Q_{Max}} \right) Q_m + h_t(Q_m) + h_c(Q_m) \quad (7)$$

De posse da vazão de água em metros  $m^3/h$  e da altura corrigida (altura monométrica ou total equivalente) em metros, a energia hidráulica para o bombeamento  $E_H$ , é dada em Wh/dia, pela equação (8).

$$E_H = g \times h_{mc} \times \rho_a \times Q / 3600 \quad (8)$$

Substituído os valores de  $g$  (aceleração da gravidade 9,8 metros por segundo ao quadrado) e  $\rho_a$ , (massa específica da água 1.000 kg por metro cúbico) chegamos na equação (9) essa mais simples.

$$E_H = 2,725 \times Q \times h_{mc} \quad (9)$$

Com base nos resultados obtidos pelas equações anteriores, podemos avançar para o próximo passo, que seria o valor de energia elétrica diária necessária ( $E_{EL}$ ) dada em Wh, essa que conseguimos através da relação entre a energia hidráulica e a eficiência do conjunto de motobombas,  $\eta_{mb}$ , conforme equação (10).

$$E_{EL} = \frac{E_H}{\eta_{mb}} \quad (10)$$

Antes de continuar o processo de cálculo para determinar a potência do gerador, vamos fazer uma pesquisa para obter os dados solarimétricos e dados de potencial solar, através do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Brito (CRESESB) e no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL).

Por fim, o cálculo da potência do gerado FV ( $P_{FV}$ ) equação (11), essa em Wp, considerando o HSP médio anual de radiação no plano do gerador fotovoltaico.

$$P_{Fv}(wp) = 1,25 \times \frac{E_{EL}}{HSP} \quad (11)$$

Com a conclusão dos cálculos dessa etapa, o próximo passo é a determinação dos equipamentos a serem utilizados, na qual utilizamos informações fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos para a seleção, e pôr fim a análise financeira do sistema.

## 4 ESTUDO DE CASO

A sistemática para o estudo de caso nesta etapa seguiu o que foi definido na metodologia, ou seja, coletar dados para gerar um perfil de consumo de água voltado para irrigação e o dimensionamento de um sistema de bombeamento acionado por energia proveniente da conversão fotovoltaica, cujas condições de disponibilidade de água subterrânea e climáticas são as encontradas na região dos produtores rurais da grande Florianópolis.

### 4.1.1 Visitas técnicas em propriedades rurais do município de Águas Mornas SC

Com o auxílio a FETAESC conseguimos agendar duas visitas com dois produtores rurais no município de Águas Mornas SC. Uma das propriedades foi a do senhor Valdeci Sebold na localidade de Rio Miguel que cultiva hortaliças em estufas utilizando sistemas hidropônicos, (figura 17 esquerda, sistema de irrigação ferti-irrigação por inundação sem uso de solo) em uma área de aproximadamente 3 mil metros quadrados onde ele tem um consumo de água de 78 mil litros mensais. A outra propriedade foi a do senhor Jonas Vanbomel na localidade de Rio do Cedro, outro produtor que utiliza estufas e sistemas de irrigação por gotejamento (localizada) para cultivar morangos em bancadas, onde sobre elas fica os slabs (figura 17 direita, sacos plásticos preenchidos com substratos) necessitando de aproximadamente 2600 litros de água por dia para irrigar os seus 7 mil pés de morangos. A fim de complementarmos o que foi mencionado acima, temos no apêndice A mais informações sobre as visitas.

Figura 17 – Cultivo de hortaliças hidropônicas e morangos em estufas utilizando irrigação



Fonte: Autoria própria, (2022).

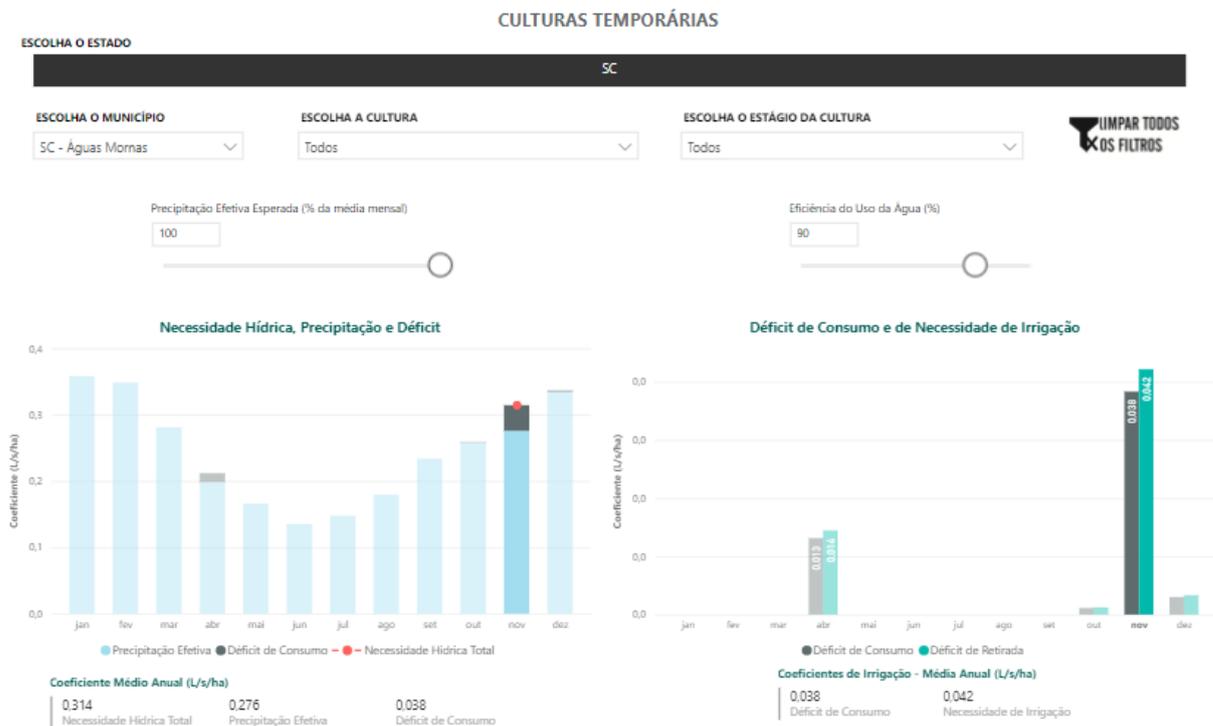
Utilizamos as visitas não só para ajudar a criar um perfil de consumo de água para o produtor rural, mas também iremos utilizar as características do relevo e dados solar do município de Águas Mornas como local de estudo.

Criar um perfil médio de consumo de água para a irrigação sem um local específico ou cultura não é uma das tarefas mais fáceis, por isso quanto mais informações técnicas para tomarmos as decisões a fim de não comprometer o resultado da pesquisa melhor. Pensando nisso a ANA junto com o IBGE, criaram um app com informações técnicas para agriculturas irrigadas, na qual vamos dar maior destaque a seguir.

#### 4.1.2 Dados da Agência Nacional de Águas do município de Águas Mornas

Os coeficientes técnicos de uso de água para a agricultura irrigada têm como objetivo fornecer informações da necessidade hídrica em todos os estágios das culturas temporárias ou permanentes para cada município do país, portanto: segundo a ANA o período do ano com maior déficit de água na região de Águas mornas é em novembro, e em uma área de 1 hectare pode chegar a um déficit de 0,042 litros de água por segundo, corrigindo para um valor diário podemos chegar a um déficit de 3.628,8 litros por dia, conforme figura 18 e dados complementares no anexo A.

Figura 18 – Dados de necessidade hídrica para o município de Águas Mornas



Fonte: App ANA, (2022).

Considerando uma área de três módulos fiscais (três hectares) podemos chegar a um déficit de 10.886,4 litros dia.

Após as vistas e a pesquisa no site da ANA, ainda não tínhamos bem claro o volume de água que deveríamos armazenar, lembrando que a proposta principal é contornar o período de seca e melhorar a produtividade do produtor rural, foi então que decidimos conversar com uma empresa que constroem poços artesianos no município de Águas Mornas. As informações coletadas também estão no apêndice A.

Com todos os dados coletados é hora de definir o modelo de estudo ou melhor, o tipo de sistema que melhor se adapta ao que foi estudado e esse será o nosso próximo passo.

#### **4.1.3 Definição do perfil de consumo de água**

Com a finalidade de realizar o dimensionamento da demanda hídrica estudou-se o consumo estimado em atividades rurais em geral de base familiar para pequenas propriedades, ou seja, aquelas com área de até 3 hectares, extraindo-se os valores a partir das entrevistas e do app da ANA, portanto podemos considerar as seguintes informações para o desenvolvimento do projeto proposto.

- Demanda hídrica diária: 10.886,4 litros de água por dia, considerando o período de maior o déficit de água na região estabelecida, seguindo os estudos feitos pela Agência Nacional de Água (anexo A) e nas visitas técnicas.
- Captação de água: a captação de água vai ser proveniente de poço simples (ponteira) com profundidade de 15 metros, devido as características da região e dados do apêndice A.
- Distância do ponto de captação de água e altura até o reservatório: vamos considerar 100 metros de distância e 8 metros de altura, considerando o que foi informado pelos produtores conforme o apêndice A.
- Tamanho do reservatório: será adotado um reservatório de apenas 20 mil litros de água, tendo em vista que ele tem um valor para aquisição muito elevado (na análise financeira vamos exemplificar melhor). Caso adotássemos um reservatório com uma capacidade muito elevado tornaria o projeto praticamente inviável para o público-alvo, e se consideramos uma pequena redução no período de estiagem, onde o produtor precisa estar atento, mas sem grandes preocupações, segundo informações do apêndice A, onde mesmo em

períodos de estiagem o poço consegue suprir a necessidade que foi determinada na hora da sua construção.

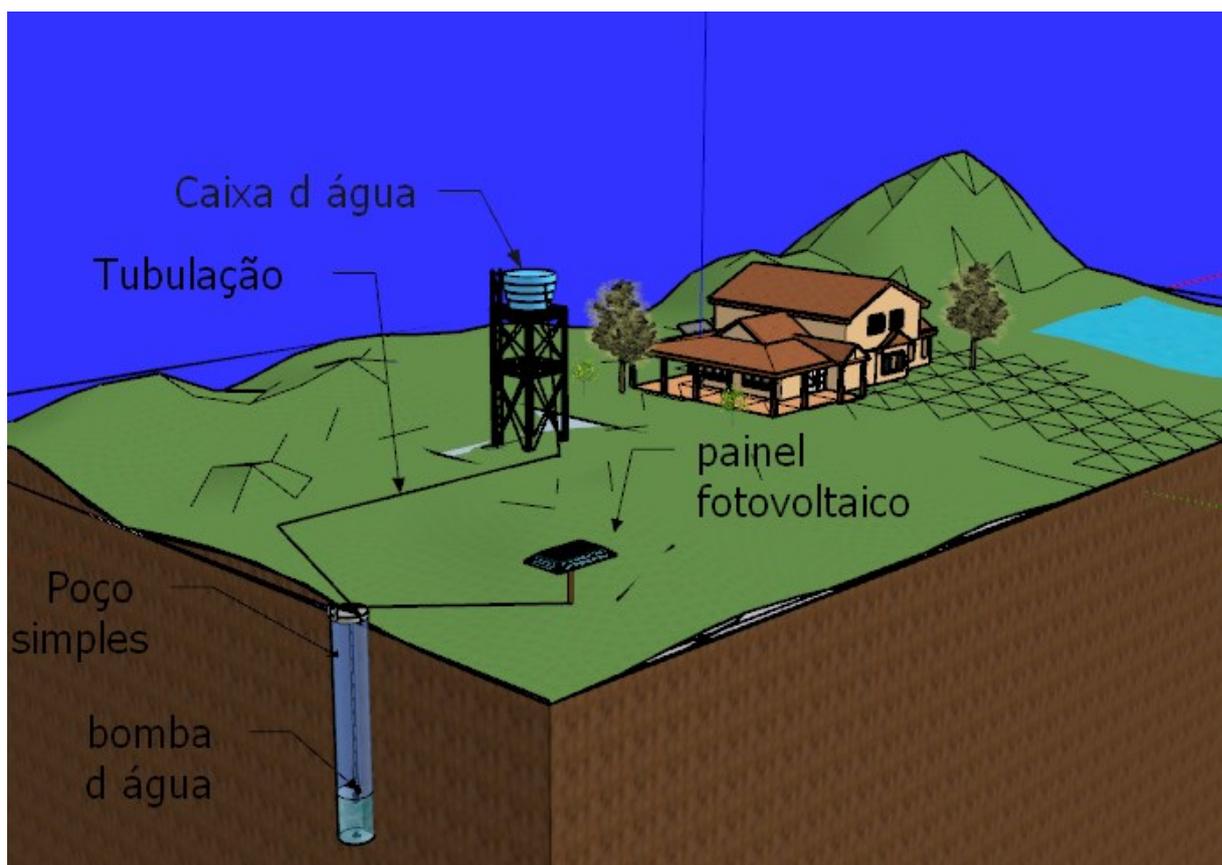
- Tipo de sistema fotovoltaico: sistema fotovoltaico autônomo sem baterias considerando o mesmo ligado das 9 horas da manhã até as 15 horas da tarde.

Com as informações necessárias para o desenvolvimento, partimos para a próxima etapa, com os cálculos para determinar o tipo de sistema fotovoltaico de bombeamento.

#### 4.1.4 Sistema fotovoltaico de bombeamento de água *offgrid*

Utilizando as informações anteriores e para entender melhor o sistema a ser idealizado, montamos uma pequena configuração apresentado na figura 19.

Figura 19 – Layout do sistema idealizado



Fonte: Autoria própria, (2022).

O dimensionamento inicia-se com a correção da altura monométrica, utilizando a equação 6, porém antes precisamos corrigir a vazão para metros cúbicos horas. Para a correção da vazão em metros cúbicos horas, consideramos o valor do HSP médio da região de 4,02 a fim de obter um volume diário de 10.886,4 litros.

Portanto, a vazão em  $m^3/h$  é:

$$Q(m^3/h) = 10.886,4/4,02 = 2,7m^3/h \quad (12)$$

Com os dados da vazão, recorre-se as tabelas do anexo B e C, para achar o fator de perdas e dessa forma corrigi o novo comprimento equivalente de tubulação. Adotou-se uma tubulação com diâmetro de 32mm contendo: três curvas 90°, uma válvula de retenção e uma união; portanto a altura manométrica equivalente nas quais são dados respectivamente por:

$$L_C = L_{tubulacao} + L_{Conexoes} = 22 + (3 \times 0,7) + 0,1 + 4 = 28,2 \quad (13)$$

$$h_L = 2,7 \times (28,2/100) = 0,76 \text{ m} \quad (14)$$

$$h_{mc} = 22 + 0,76 = 22,76\text{m} \quad (15)$$

Com a altura manométrica corrigida aplica-se a equação 9 a fim de obter a energia hidráulica mínima necessária chegando no seguinte resultado:

$$E_H = 2,725 \times 10,88 \times 22,76 = 674,78 \text{ Wh/dia} \quad (16)$$

A energia elétrica diária necessária para o processo de bombeamento, dado em Wh, é obtida através da relação entre a energia hidráulica e a eficiência do conjunto de motobomba (quadro 1), juntamente com seus equipamentos auxiliares (PINHO e GALDINO, 2014).

**Quadro 1:** Eficiência de SBFVs

Altura (m)	Tipo de motobomba	Eficiência
5	Centrífuga de superfície	25%
20	Centrífuga de superfície	15%
20	Submersível	25%
100	Submersível ou deslocamento positivo	35%
>100	Deslocamento positivo	45%

Fonte: Adaptado Pinho e Galdino (2014).

E é utilizando esse conceito e a equação 10 e os dados do quadro 1, (bomba a ser utilizada é submersível com eficiência de 35%) que obtivemos o seguinte valor:

$$E_{EL} = \frac{674,78}{0,35} = 1.927,96 \text{ Wh/dia} \quad (17)$$

Aplicando o resultado anterior na equação 11, tendo adotado HSP médio com valor=4,02, valor obtido, consultando o centro de referência para as energias solar e eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) conforme o anexo D, obtém-se uma potência fotovoltaica necessária de aproximadamente 599,49 Wp.

A fim de consolidar os resultados obtidos no dimensionamento realizado anteriormente e antes de seguir para a próxima etapa que seria a seleção dos componentes, utilizaremos um software de simulação como ferramenta auxiliar com o objetivo de comprar os resultados. Para a simulação, validação e posteriores comparações, foi utilizado o software PVSyst, software desenvolvido para utilização de profissionais que atuam na área de dimensionamentos solares. O primeiro passo foi importar os dados meteorológicos da cidade a ser implementado o projeto, e na sequência a determinação dos parâmetros (volume diária, diâmetro da tubulação, tamanho da tubulação, modelo da bomba, tipo de bomba, tipo do poço e altura manométrica) necessários para obtenção dos resultados do pré-dimensionamento a figura abaixo segue os resultados obtidos através da simulação.

Figura 20 – Resultado do sistema de dimensionamento idealizado



Fonte: Autoria própria, (2022).

Avaliando os resultados obtidos através da simulação podemos concluir que mesmo eles não sendo os valores exatamente conforme calculados, estão dentro do esperado a diferença entre os valores (diferença de menos de 2%) se deve primeiramente a base de dados e pela metodologia adotado do software, que não possui muitas opções de dimensionamento, ou seja as escolhas para inserção de dados, parâmetros e valores envolvidos nos modelos são predefinidos podendo ser ajustados pelo usuário, porém não é aconselhável ser feita. Com isso o software faz o cálculo do arranjo fotovoltaico e da potência da bomba, não sendo possível predefini-los.

A partir dos dados calculados e da simulação e já pré-selecionado o tipo de motobomba, é sempre aconselhável lembrar o que foi descrito nos subitens 2.8.7 e 2.8.8, isso irá ajudar a tomar a melhor decisão nas escolhas dos equipamentos a serem utilizados, essa que será a próxima etapa.

#### **4.1.5 Seleção dos componentes conjunto de motobomba e gerador fotovoltaico**

Ao dimensionar um sistema de bombeamento fotovoltaico, as restrições básicas são a disponibilidade de energia solar durante o ano e a satisfação das necessidades hídricas do usuário, entretanto não podemos considera apenas as premissas anteriores para obter um resultado satisfatório seja ele para projetos de bombeamento solar ou qualquer outro projeto, e uma das fases que tem grande importância e a seleção dos componentes, estes, onde considerações com custo de investimento e manutenção são indispensáveis na avaliação.

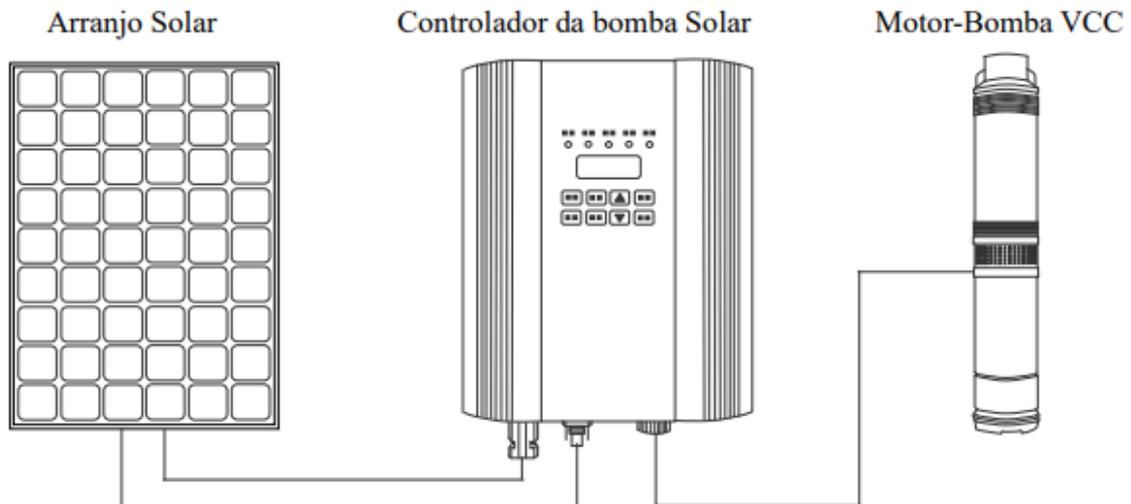
Atualmente, com a difusão da tecnologia de bombeamento de água com energia fotovoltaica, além das variadas configurações de sistemas com itens de diversos fabricantes (compras de cada item separados) temos no mercado algo que está se tornando bastante comum é interessado que seria a compra de um kit de bomba solar composto por: painel solar, bomba e driver. Isso pode trazer vantagem quanto à eficiência global do sistema, pois os fabricantes podem elaborar os dispositivos com melhor adequação entre si, sabendo-se que o driver é fundamental na interligação entre os parâmetros de energia disponível e volume bombeado.

Pesquisando entre os fabricantes e com os dados calculados recorreremos ao anexo E para a seleção da motobomba e posteriormente a sugestão do kit bombeamento solar, ou seja: escolhido foi o kit bomba d'água solar fotovoltaica caneta submersa 600 W e vazão de 18.000 L/dia com altura manométrica de 18 metros e mínimo de 2.000 L/dia com altura manométrica

de 80 metros, com irradiação solar considerada 6 kWh/m<sup>2</sup>/dia modelo SPM600H, do fabricante Solatech, conforme ilustrado na figura 21, composto por:

- Três painéis solar fotovoltaico com potência de 280 Wp
- Bomba Solartech helicoidal 600 W construída em aço inox AISI304;
- Inversor controlador bomba solar;

Figura 21 – Kit bombeamento solar do sistema idealizado



Fonte: Manual de operações Solatech, (2022).

Em posse das especificações primárias dos equipamentos, passa-se agora à análise das informações fornecidas pelo fabricante a fim de validar a escolha. Recorrendo ao anexo F, na qual apresenta uma curva de performance do modelo, tendo em vista que a vazão diária da bomba para uma altura manométrica em metros depende da relação vazão diária para altura manométrica da bomba, onde é diretamente proporcional a irradiação local e inversamente proporcional a irradiação do catálogo da bomba, corrigimos a partir da equação abaixo.

$$\text{Vazão diária p/ H x Irradiação local / Irradiação catálogo} = \text{Vazão corrigida} \quad (18)$$

Com a altura manométrica de 22,76 metros a vazão diária é de aproximadamente 16.5m<sup>3</sup>/dia. Para a irradiação média de 4,02 kWh/m<sup>2</sup>.d de Águas Mornas, a vazão corrigida é de 11.054 litros de água diário, atendendo o que foi proposto.

#### 4.1.6 Análise financeira do sistema dimensionado

Nessa análise financeira o principal objetivo é valorar serviços de mão de obra, equipamentos e materiais de um sistema, (SBFV). Onde pretende-se avaliar o melhor custo-benefício, buscando minimizar valores de serviços, componentes e materiais disponível no mercado Brasileiro para um sistema de bombeamento fotovoltaico.

No caso em questão, inicialmente vamos estudar a viabilidade financeira desde a perfuração de um poço, instalação de tubulações, reservatório (caixas da água), descrevendo os valores dos itens conforme tabela 2.

Tabela 2: Preço poço, tubulações, reservatórios e acessórios

Item	Quantidade Unidade/Mts	Valor R\$
Poço, materiais e mão de obra	1,00	5.000,00
Reservatório (caixa da água) 20000 Litros	1,00	8.400,00
Mangueiras, tubulação	100,00	289,00
Joelho, curva e união	3,00	1,50
Válvula de retenção	1,00	48,00
Total		13738,5

Fonte: Autoria própria, (2022).

A perfuração de poço e preparação do mesmo para uso consultando profissionais do ramo, foi visto que o valor mínimo encontrado foi por volta de R\$ 5000,00 incluindo mão de obra e materiais necessários.

Para instalação de tubulações que vão do poço ao reservatório, (caixas da água) os valores mínimos encontrado, isso inclusa mão de obra e materiais ficou por volta de R\$ 8.738,50.

Somando as despesas totais da tabela 2, o valor encontrado é de R\$ 13.738,50 incluindo todas as despesas com materiais, mão de obra e equipamentos.

Seguindo o estudo, descrevemos preços dos itens que compõem um kit sistema de bombeamento fotovoltaico, (SBFV) completo, conforme tabela 3.

Tabela 3: Preços equipamentos (SBFV), investimento inicial do sistema

<b>Item</b>	<b>Quantidade Unidade/Mts</b>	<b>Valor R\$</b>
Kit sistema de bombeamento fotovoltaico (SBFV)	1,00	8.409,09
Acionamento motobomba	1,00	898,00
Estrutura montagem de painéis	1,00	1.500,00
Quadro de comando elétrico	1,00	197,00
Cabo elétrico	40,00	219,52
Chave seccionadora rotativa	1,00	105,00
Fusível e compartimento	2,00	60,00
Mão de obra instalação	1,00	6.500,00
Investimento inicial (Io), para 23m de AMT	1,00	17888,61

Fonte: A autoria própria, (2022).

Diante do exposto, apresenta-se agora a análise que visa estabelecer custos unitários do sistema seguindo a metodologia proposta por (Melendéz, 2009), utilizando vida útil de 25 anos para o kit de (SBFV). Para isso, foi considerada uma taxa de desconto ou atratividade de 12% ao ano por ser normalmente aplicada aos sistemas energéticos.

Outro parâmetro considerado nessa análise é o custo de operação e manutenção (O&M) essa atividade se resume basicamente a manter os módulos limpos e a verificação periódica das condições físicas do restante do sistema, logo, depende muito do local da instalação e por isso é difícil valorar com precisão. Dessa forma será adotado o valor de 1% do custo total do sistema.

A tabela 4 reúne os valores obtidos das figuras de mérito para o custo de ciclo de vida (CCV), que é soma de todas as despesas ao longo da vida-útil do projeto trazidas ao valor presente, também determinar o custo total do investimento para 25 anos. Custo do ciclo de vida anualizado (CCVA), é a soma entre os gastos iniciais anualizados do projeto e todos os gastos ao longo de um ano. Custo do volume bombeado (CVB), é determinado pelo custo anual do projeto dividido pelo volume bombeado ao longo de um ano e custos do volume bombeado segundo a altura manométrica (CVBH).

**Tabela 4:** Figura análise financeira, ciclo de 25 anos

<b>Figura de mérito</b>	<b>Resultado</b>
<b>CCV (R\$)</b>	20180,26
<b>CCVA (R\$/ano)</b>	2572,98
<b>CVB (R\$/mt)</b>	0,6480
<b>CVBH (R\$/m4)</b>	0,028

Fonte: Aatoria própria, (2022).

Devido os valores encontrados, fica claro que um dos maiores empecilhos no uso do bombeamento solar fotovoltaico é o investimento inicial elevado, isso considerado para uma família de baixa renda.

Portanto caso o produtor pretenda adquirir o sistema, para melhorar a produtividade na sua lavoura em períodos de estiagem, “principal intuito desse estudo”. Deve-se procurar alguma forma de concretizar a compra do sistema, mas mesmo com linhas de financiamento facilitadas por bancos públicos e privados buscando incentivar o uso da energia renovável os pequenos produtores rurais podem não conseguir a implementação desse tipo de sistema.

Salienta-se que além do custo de manutenção baixíssimo ao longo dos anos, não há mais dispêndio de dinheiro na operação de um sistema de bombeamento fotovoltaico, e por isso a importância de avaliar a relevância de investimentos em projetos nessa área.

Com análise das tabelas anteriores, observa-se que os valores somados todas a despesas elencadas, fica explícito que para um agricultor com poucos recursos financeiros, pode ser inviável devido ao custo total do empreendimento.

O valor mínimo somando-se montantes das tabelas 2 e 4, fica por volta de R\$ 31.627,11, no entanto, vale ressaltar que nesse valor não está incluindo manutenção preventiva, danos ocasionados por mal uso ou desastres naturais.

Porém é óbvio que existe a possibilidade de montar outros kits de sistemas de bombeamento fotovoltaico e que a tendência é de um valor mais elevado, propondo uso de melhores equipamentos ou produtos, mas nesse trabalho foi procurado o melhor valor custo benefício minimizando ao máximo os valores dos materiais, equipamentos e mão de obra com intuito de que tal projeto fosse acessível para a agricultura familiar em Santa Catarina.

## 5 CONCLUSÃO

O potencial energético referente a energia limpa principalmente energia eólica e solar a ser explorado do nosso país é enorme, essa que tem como principal objetivo ajudar a frear os grandes problemas ambientais causados por fontes de energia que utilizam combustíveis fósseis.

Pensado nisso! Nada mais gratificante e sem dúvida é o caminho para a busca de um mundo sustentável e ecologicamente correto, desenvolver trabalhos ou projetos, voltados para a sustentabilidade, e poder conciliar bombeamento de água utilizando energia solar fotovoltaico para desenvolvimento do pequeno produtor rural proporcionando a ele uma regularidade da colheita de suas lavouras de forma constante e melhor, fazendo com que o mesmo não precise esperar o ciclo das chuvas para realizar seu plantio, ou até mesmo correr o risco de perder toda a colheita devido a períodos de estiagem, em que dependendo da fase da planta pode comprometer praticamente tudo.

Uma das grandes vantagens de se utilizar o sistema de bombeamento solar é proporcionar uma solução viável para pequenas comunidades ou pontos de captação de água remotas distantes da rede elétrica. O consumo de água do local determinado a altura manométrica e o perfil de radiação solar de uma determinada localidade são fundamentais para o dimensionamento adequado de sistemas de bombeamento fotovoltaico. Como o sistema foi projetado sem banco de baterias, a quantidade de água bombeada varia muito ao longo do dia, visto que a profundidade de sucção e altura de do reservatório é proporcional ao volume de água bombeada e o consumo de energia, ou seja: quanto maior a profundidade da água e a elevação do reservatório, menor será a quantidade de água bombeada ou maior será a quantidade de energia necessária.

Contudo, podemos concluir que o objetivo geral de dimensionar um SFVB, com análise financeira, para atender ao perfil de consumo proposto foi atendido, visto que se compararmos o investimento inicial do sistema, (investimento que pode sim, ser obtido através de financiamentos, linhas de créditos para os produtores rurais cadastrados na agricultura familiar) com o faturamento da produção de tomates por exemplo, onde segundo a Epagri tem um valor médio de mais 60 mil reais por hectare, não cabendo um análise complexa para concluir que não é viável correr o risco de comprometer toda a produção.

Com a implementação de novas tecnologias e sistemas que ajude no campo, além de atrair a permanência dos jovens proporciona uma maior produtividade de alimentos e aumento da renda do agricultor familiar.

## REFERÊNCIAS

- VICENTE, Laís de C.; RUSIN; OLIVEIRA, Carolina Rossi D.; et al. **Hidráulica, Irrigação e Drenagem**. [Digite o Local da Editora]: Grupo A, 2021. 9786556902548. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902548/>. Acesso em: 21 abr. 2022.
- SILVA, Rui Correa da *et al.* **Extensão Rural**. São José dos Campos, Sp: Erica, 2014. 120 p.
- BRASIL. GOVERNO FEDERAL. (GF). **Censo IBGE**: divulgação censo agro. Brasília, 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/divulgacao-censo-agro-2017.html>. Acesso em: 05 mar. 2022.
- STEIN, Ronei T.; COSCOLIN, Renata Bruna dos S. **Agricultura climaticamente inteligente e sustentabilidade**. [Digite o Local da Editora]: Grupo A, 2020. 9786581492083. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786581492083/>. Acesso em: 23 abr. 2022.
- Santa Catarina dá início a década de incentivo a agricultura familiar: Agricultura familiar em Santa Catarina**. Governo de Santa Catarina, 02 ago. 2021. Disponível em: <https://www.sc.gov.br/noticias/temas/agricultura-e-pesca/santa-catarina-da-inicio-a-decada-da-agricultura-familiar>. Acesso em: 14 mar. 2022.
- BORGHETTI, Nádia R. et al. **Água, elemento essencial**. 2004. Disponível em: [http://www.oaqueroguarani.com.br/index\\_02.htm](http://www.oaqueroguarani.com.br/index_02.htm). Acesso em 07 de maio. 2022.
- TESTEZLAF, Roberto. **IRRIGAÇÃO: MÉTODOS, SISTEMAS E APLICAÇÕES**: grupo de pesquisa tecnologia de irrigação e meio ambiente. Campinas, Sp: Feagri, Faculdade de Engenharia Agrícola Unicamp, 2017. 208 p. (1). Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br>. Acesso em: 09 abr. 2022.
- PETRUZELLA, Frank D. **Motores elétricos e acionamentos**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 359 p. (Tekne). Tradução de: José Lucimar do Nascimento.
- PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES)**. CEPEL–DTE–CRESESB, 2014.
- MORALES, Luis Roberto Valer. **A utilização de sistemas fotovoltaicos de bombeamento para irrigação em pequenas propriedades rurais**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- BRASIL. CRESESB. (MME). **O Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB)**: potencial solar. Potencial solar. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- PERFURARTE, (São Paulo). **Tipos de poços: conheça diferentes poços para captação de água e suas vantagens**: tipos de poços para captação de água. Tipos de poços para captação de água. Disponível em: <https://www.perfurarte.com.br/post/tipos-de-pocos>. Acesso em: 07 maio 2022.

SANTA CATARINA. (SIRHESC). **Sistema de informações de recursos hídricos do estado de Santa Catarina: águas subterrâneas.** Águas Subterrâneas. Disponível em: [https://www.aguas.sc.gov.br/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=1952&Itemid=1181&jsmallfib=1&dir=JSROOT/DRHI/Aguas+Subterraneas](https://www.aguas.sc.gov.br/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1952&Itemid=1181&jsmallfib=1&dir=JSROOT/DRHI/Aguas+Subterraneas). Acesso em: 07 maio 2022.

SANTA CATARINA. SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL. (SDS). **Cartilha de águas subterrâneas** disponível em: [https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib\\_top/DRHI/Aguas%20Subterraneas/2017-04-19-su\\_008\\_15\\_aguas\\_subterraneas\\_folder\\_17x26\\_01.pdf](https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DRHI/Aguas%20Subterraneas/2017-04-19-su_008_15_aguas_subterraneas_folder_17x26_01.pdf). Acesso em: 07 maio 2022.

BERNARDO, Salassier *et al.* **Manual de Irrigação.** 9. ed. Viçosa, Mg: Ufv, 2019. 545 p.

TOLMASQUIM, Mauricio T... **ENERGIA RENOVÁVEL: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>>. Acesso em: 15 maio.2022.

PEDRO, Machado... **GERAÇÃO ENERGIA SOLAR.** Disponível em: < <https://sintonia.fm.br/noticias/santa-catarina/geral/sc-mais-do-que-dobra-potencia-instalada-para-geracao-de-energia-solar-em-2021-37026.html>>. Acesso em: 16 maio.2022.

SOLAR, Incentive... **RADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL.** Disponível em: < <https://incentivesolar.com.br/radiacao-solar/>>. Acesso em: 17 de maio.2022.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOALR.** 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <<http://doi.org/10.34024/978851700089>>. Acesso em: 18 maio.2022

SOLAR, Portal...**TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.** Disponível em:< <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-sistemas-fotovoltaicos> >. Acesso em: 19 maio.2022.

FOTOVOLTAÍCA, Energia... **ENERGIA SOLAR.** Disponível em: < <https://isovolt.com.br/energia-solar/>>. Acesso em: 20 maio.2022

ENERIGIA SOLAR, BlueSol... **EFEITTO FOTOELÉTRICO E FOTOVOLTAÍCO.** Disponível em: < <https://blog.bluesol.com.br/efeito-fotoeletrico-fotovoltaico/>>. Acesso em: 21 maio.2022

APP.POWERBI, Agência nacional de águas...**COEFICIENTES TÉCNICOS DE USO DA ÁGUA PARA A AGRICULTURA IRRIGADA.** Disponível em: < <https://app.powerbi.com/view> />. Acesso em: 28 agosto.2022

NEOSOLAR, Loja...**KIT BOMBA SOLAR SOLARTECH.** Disponível em:< <https://www.neosolar.com.br/loja/kit-bomba-solar-solartech-spm600h> >. Acesso em: 15 outubro.2022.

## APÊNDICES A

 <b>UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA</b>	Questionário para levantamento de dados sobre consumo de água em propriedades rurais que utiliza irrigação - TCC-2022 – 2 Curso de Engenharia elétrica
---	--

Dados da propriedade 01	
Nome do produtor 01: Valdeci Sebold	
Localidade: Rio Miguel	Cidade: Águas Mornas
Entrevistador: Andreilton carvalho	<b>Data:</b> 16/ 07/2022

**Tipo de cultivo:** cultiva de hortaliças (alfaces, cebolinhas, salsinhas, rúculas, agrião, coentro entre outras) em estufas numa área de aproximadamente 3000 metros quadrados utilizando sistemas hidropônicos.

Figura X: Cultivo de hortaliças em estufa utilizando sistemas hidropônicos.



Fonte: Autoria própria, (2022).

<p><b>Qual método/sistemas de irrigação:</b> Sistema de ferti-irrigação por inundação sem uso de solo</p>
<p><b>Horário de Irrigação:</b> Os períodos de irrigação variam dependendo da época e do clima, no verão a irrigação acontece a cada 15 minutos (15 ligados e 15 desligados) no dependendo da fase da planta, esses períodos podem ser maiores podendo chegar a 45 minutos.</p>
<p><b>Componentes e processo de irrigação:</b> Para a área de cultivo são necessários 39 reservatórios de água com fertilizantes de 1000 litros cada e 86 bombas. O processo de irrigação é o seguinte: uma bomba de 80W com capacidade de até 3700 litros horas, bobeia até a parte mais altas dos piquetes que retorna até o reservatório por gravidade. A água desses reservatórios precisa ser substituída por novas a cada 15 dias.</p>

<b>Tem animais na propriedade / volume máximo tratamento animal:</b> Apenas animais domésticos
<b>Tipo de captação água para a irrigação e volume mensal:</b> A captação de água é proveniente de nascentes, (águas do morro) com um consumo mensal de aproximadamente 80 mil litros
<b>Outras opções de captação água:</b> A propriedade se encontra em uma local privilegiado, ou seja, a propriedade está no ponto mais baixo que a nascente da água, porém caso precisasse poderia captar água de: captação de água do rio, com profundidade de 3 metros a uma distância de 100 e uma altura de 15 metros até reservatório. Outra fonte seria a captação de poços simples popularmente conhecida como porteiras onde ele teria as seguintes características: profundidade de 15 metros a uma distância de 30 metros e 5 de altura até o reservatório. (lembrando que a utilização de água de rio ou porteira para essa propriedade é apenas hipotética).
<b>Observação:</b> a propriedade necessita de um sistema de backup para a falta energia elétrica, atualmente é feita por um gerador a diesel. A falta de energia ou água dependendo do período do ano pode comprometer toda a produção em menos de meia hora.

Dados da propriedade 02	
Nome do produtor : Jonas Vanbomel	
Localidade: Rio do Cedro	Cidade: Águas Mornas
Entrevistador: Andreilton carvalho	<b>Data:</b> 16/ 07/2022

<b>Tipo de cultivo:</b> Cultivo de morango em bancadas suspensas, onde sobre elas fica os slabs (sacos plásticos preenchidos com substratos).
---

Figura X: Cultivo de hortaliças em estufa utilizando sistemas hidropônicos.



Fonte: Autoria própria, (2022).

<b>Qual método/sistemas de irrigação:</b> O sistema de irrigação é por gotejamento (localizada).
<b>Horário de Irrigação:</b> A irrigação depende muito do período do ano, no verão é mais frequente variando entre duas há três vezes ao dia dependendo da temperatura, já no inverno pode ficar até dias sem precisar irrigar.
<b>Componentes e processo de irrigação:</b> utilizando uma bomba monofásica alternada de 1 /2 CV, em um período mais quente do ano utiliza-se 900 litros de água por dia para o cultivo de 2400, necessitando de aproximadamente 2600 litros de água por dia para irrigar os seus 7 mil pés de morangos, em uma área de um pouco mais de mil metros quadrados
<b>Tem animais na propriedade / volume máximo tratamento animal:</b> Apenas animais domésticos
<b>Tipo de captação água para a irrigação e volume mensal:</b> Para a irrigação a captação de água vem da nascente por gravidade sendo acumulada em um reservatório de 5 mil litros, podendo chegar um consumo de 78 mil litros considerando o mês mais crítico do ano.
<b>Observação:</b> A propriedade de seu Jonas possui uma ponteira de 12 metros de profundidade próximo a sua casa para o consumo familiar e sistema de energia solar.

Coleta de dados empresa perfuradora de poços	
Nome da empresa: Nino poços artesanais	Proprietário: Valdinei da Cruz
Cidade: Águas Mornas	Entrevistador: Andreilton carvalho
<b>Histórico:</b> O senhor Valdinei com mais de 20 anos no mercado de perfurador de poços na região da grande Florianópolis, em especial na região de Águas Mornas, tem uma vasta experiência e conhecimento no ramo.	
<b>Tipo de poços e vazão:</b> para o caso estudo ele aconselha um poco simples proveniente de veio d'água, característicos da região. Esses poços têm uma profundidade entre 12 há 25 metros de profundidade, 110mm de diâmetro com vazão que pode variar de 500 a 2000 litros de água por horas.	
<b>Há risco de falta de água no mês mais crítico do ano:</b> nestes longos anos na área o senhor Valdinei relatou que não conhece nenhum cliente que tenha relato a falta de água por problema de estiagem, porém nessas épocas é sempre bom economizar.	
<b>Quanto ao reservatório e tipo de bomba:</b> não há necessidade de reservatórios muitos grandes, pois o poço não é para variar o volume diário de abastecimento sem contar que esses reservatórios são caros e a água parada, dependendo da aplicação pode ter problemas com a oxigenação.	
<b>Valor e tipo de bomba:</b> os poços já com a tubulação sem bomba têm um custo aproximado de 5 mil reais e aconselha-se utilizar bomba submersa (tipo caneta).	

## ANEXO A

## COEFICIENTES TÉCNICOS para AGRICULTURA IRRIGADA

Os **Coeficientes Técnicos de Uso da Água para a Agricultura Irrigada** fornecem informações estratégicas ao planejamento e à gestão da agricultura irrigada e dos recursos hídricos, contribuindo para a segurança hídrica. Os coeficientes são um desdobramento de estudos técnicos da ANA, em especial do [Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada](#) e do [Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil](#).

Os Coeficientes Técnicos foram obtidos por meio de simulações mensais de áreas plantadas, para 61 culturas identificadas pelo IBGE, para cada município, totalizando aproximadamente 10 milhões de simulações. As variáveis calculadas mensalmente por município, são:

- a) **Necessidade hídrica da cultura:** demanda total por hectare, considerando as características da cultura e do clima médio local (demanda evapotranspirométrica total).
- b) **Precipitação efetiva:** demanda que pode ser atendida pela precipitação, considerando as características da cultura, do solo e do clima médio local (demanda evapotranspirométrica suprida pelas chuvas e pelo solo – “água verde”).
- c) **Déficit de consumo:** parcela da necessidade hídrica da cultura **não atendida** pela precipitação efetiva. Representa a necessidade de irrigação da cultura (demanda evapotranspirométrica não atendida) sem considerar as perdas.
- d) **Necessidade de irrigação:** déficit de consumo acrescido da ineficiência global do uso da água (perdas). Representa a necessidade de água para a cultura acrescida de perdas totais do sistema de irrigação, ou seja, a necessidade total de captação de água superficial ou subterrânea (demanda de captação – “água azul”).

Para as culturas temporárias, as simulações são disponibilizadas por estágio ou fase da cultura, ou com um valor médio, que representa uma média das quatro fases. Para as culturas permanentes são utilizados coeficientes de cultura médios.

A ferramenta disponibilizada permite ao usuário simular os coeficientes técnicos variando a precipitação consumida e a eficiência do sistema de irrigação. Quanto menor a precipitação e a eficiência do uso da água, maiores serão os déficits e, conseqüentemente, o requerimento de irrigação.

Acesse a documentação para mais informações e instruções de utilização.

## CULTURAS TEMPORÁRIAS

ESCOLHA O ESTADO

SC

ESCOLHA O MUNICÍPIO

SC - Águas Mornas

ESCOLHA A CULTURA

Todos

ESCOLHA O ESTÁGIO DA CULTURA

Todos



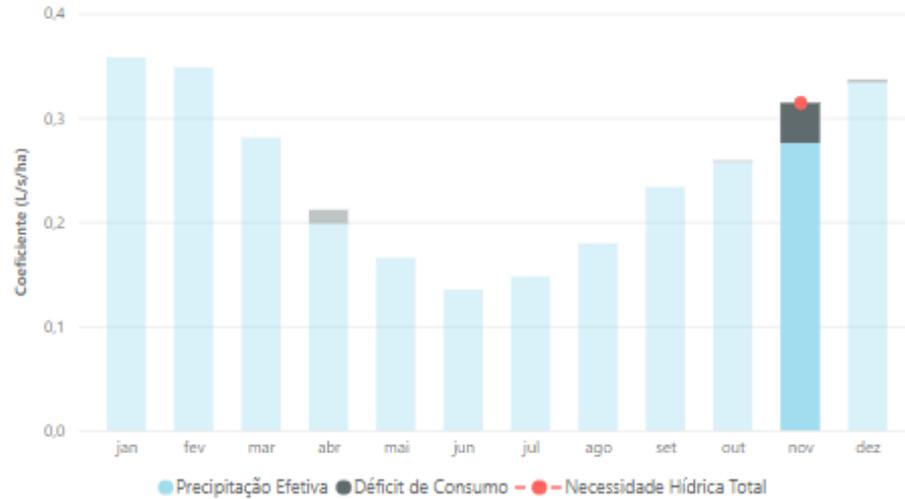
Precipitação Efetiva Esperada (% da média mensal)



Eficiência do Uso da Água (%)



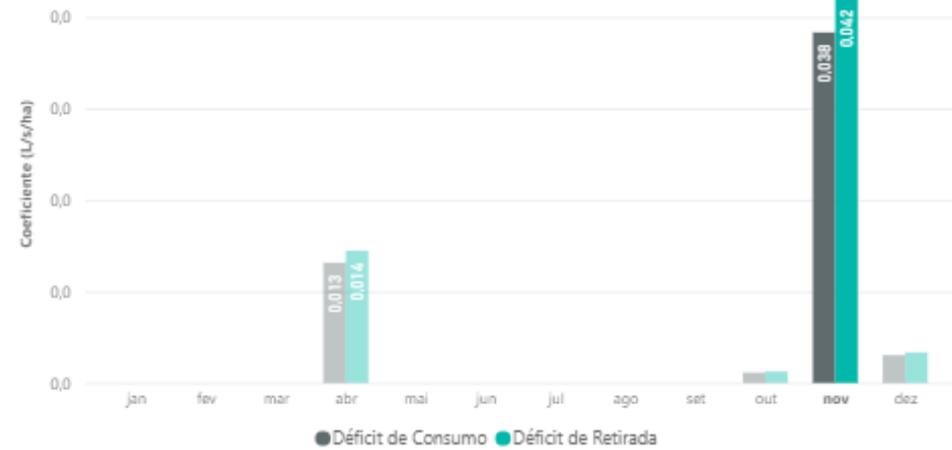
Necessidade Hídrica, Precipitação e Déficit



Coeficiente Médio Anual (L/s/ha)

0,314	0,276	0,038
Necessidade Hídrica Total	Precipitação Efetiva	Déficit de Consumo

Déficit de Consumo e de Necessidade de Irrigação



Coeficientes de Irrigação - Média Anual (L/s/ha)

0,038	0,042
Déficit de Consumo	Necessidade de Irrigação

## ANEXO B

Perda de Carga em Tubulações (valores em %)													
DC Ø Comercial (pol)	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
DN Ø Nominal (mm)	20	25	32	40	50	65	75	100	125	150	200	250	300
DE Ø Externo (mm)	25	32	40	50	60	75	85	110	125	170	222	274	326
Vazão m³/h	Perdas de carga em 100 metros de tubos novos												
0,5	1,2	0,4	0,1										
1,0	4,0	1,2	0,4	0,1	0,1								
1,5	8,2	2,5	0,8	0,3	0,1								
2,0	13,5	4,1	1,3	0,5	0,2	0,1							
2,5	20,0	6,0	2,0	0,7	0,3	0,1	0,1						
3,0	27,5	8,3	2,7	0,9	0,4	0,1	0,1						
3,5	36,0	10,8	3,5	1,2	0,5	0,2	0,1						
4,0	45,4	13,7	4,5	1,5	0,6	0,2	0,1						
4,5	55,8	16,8	5,5	1,9	0,8	0,3	0,1						
5,0	67,1	20,3	6,6	2,3	0,9	0,3	0,2	0,1					
5,5	79,3	23,9	7,8	2,7	1,1	0,4	0,2	0,1					
6,0	92,4	27,9	9,1	3,1	1,3	0,4	0,2	0,1					
6,5		32,1	10,4	3,6	1,4	0,5	0,3	0,1					
7,0		36,5	11,9	4,1	1,6	0,6	0,3	0,1					
7,5		41,2	13,4	4,6	1,9	0,6	0,4	0,1					
8,0		46,1	15,0	5,2	2,1	0,7	0,4	0,1					
8,5		51,3	16,7	5,8	2,3	0,8	0,4	0,1					
9,0		56,6	18,5	6,4	2,6	0,9	0,5	0,1					
9,5		62,3	20,3	7,0	2,8	1,0	0,5	0,2	0,1				
10,0		68,1	22,2	7,7	3,1	1,1	0,6	0,2	0,1				
12,0		93,7	30,5	10,6	4,2	1,5	0,8	0,2	0,1				
14,0			40,0	13,9	5,5	1,9	1,1	0,3	0,1				
16,0			50,5	17,5	7,0	2,4	1,3	0,4	0,1				
18,0			62,1	21,5	8,6	3,0	1,6	0,5	0,2	0,1			
20,0			74,7	25,9	10,3	3,6	2,0	0,6	0,2	0,1			
25,0				38,2	15,2	5,3	2,9	0,9	0,3	0,1			
30,0				52,6	21,0	7,3	4,0	1,2	0,4	0,1			
35,0				68,9	27,5	9,6	5,3	1,6	0,5	0,2	0,1		
40,0				87,0	34,7	12,1	6,7	2,0	0,6	0,2	0,1		
45,0					42,6	14,9	8,2	2,4	0,8	0,3	0,1		
50,0					51,3	18,0	9,8	2,9	0,9	0,3	0,1		
55,0					60,6	21,2	11,6	3,4	1,1	0,4	0,1		
60,0					70,5	24,7	13,5	4,0	1,3	0,5	0,1		
65,0					81,1	28,4	15,6	4,6	1,5	0,5	0,2	0,1	
70,0					92,4	32,4	17,7	5,2	1,7	0,6	0,2	0,1	
75,0						36,5	20,0	5,9	1,9	0,7	0,2	0,1	
80,0						40,9	22,4	6,6	2,1	0,8	0,2	0,1	
85,0						45,4	24,9	7,3	2,4	0,9	0,2	0,1	
90,0						50,2	27,5	8,1	2,6	1,0	0,3	0,1	
95,0						55,2	30,2	8,9	2,9	1,1	0,3	0,1	
100,0						60,4	33,1	9,7	3,2	1,2	0,3	0,1	0,1
120,0						83,1	45,5	13,4	4,3	1,6	0,4	0,2	0,1
150,0							67,2	19,8	6,4	2,4	0,7	0,2	0,1
200,0								32,7	10,6	3,9	1,1	0,4	0,2
250,0								48,4	15,7	5,8	1,6	0,6	0,3
300,0								66,6	21,6	7,9	2,2	0,8	0,4
350,0								87,2	28,2	10,4	2,9	1,1	0,5
400,0									35,7	13,1	3,7	1,4	0,6
450,0									43,8	16,2	4,5	1,7	0,7
500,0									52,7	19,4	5,4	2,0	0,9
600,0									72,5	26,7	7,5	2,8	1,2
700,0									95,0	35,0	9,8	3,6	1,6
800,0										44,2	12,4	4,6	2,0

**OBSERVAÇÕES:**  
1 - Cálculo baseado na equação de Flamant. Os valores apresentados são resultantes de cálculos onde os diâmetro internos foram extraídos das normas ABNT NBR 5648 e ABNT NBR 7665/2007;

## ANEXO C

<b>Comprimentos Equivalentes em Conexões</b>											
Tabela de comprimentos equivalentes em metros de canalização, para cálculo das perdas de carga localizadas											
Conexão		Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização									
		Material	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"
Curva 90°		PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9
		Metal	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,6	2,1
Curva 45°		PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
		Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
Joelho 90°		PVC	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9
		Metal	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,2
Joelho 45°		PVC	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,5
		Metal	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9
Tê de Passagem Direta		PVC	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3
		Metal	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7
Tê de Saída Lateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
Tê de Saída Bilateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
União		PVC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25
		Metal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04
Saída de Canalização		PVC	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,9
		Metal	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0
Luva de Redução (*)		PVC	0,3	0,2	0,15	0,4	0,7	0,8	0,85	0,95	1,2
		Aço	0,29	0,16	0,12	0,38	0,64	0,71	0,78	0,9	1,07
Registro de Gaveta ou Esfera Aberto		PVC	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1
		Metal	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9
Registro de Globo Aberto		Metal	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	43,0
Registro de Ângulo Aberto		Metal	2,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0
Válvula de Pé com Crivo		PVC	9,5	13,3	15,3	18,3	23,7	25,0	26,8	28,8	37,4
		Metal	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	22,0	23,0	30,0
Válvula de Retenção	Horizontal 	Metal	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	6,4	10,4
	Vertical 	Metal	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1

**Observações:** 1 - Os valores acima estão de acordo com a NBR-5626/82 e Tabela de Perda de Carga da Tigre para PVC rígido e cobre, e NBR-92/80 e Tabela de Perda de Carga Tupy para ferro fundido galvanizado, bronze ou latão.

2 - (\*) Os diâmetros indicados referem-se à menor bitola de reduções concêntricas, com fluxo da maior para a menor bitola, sendo a bitola maior uma medida acima da menor.  
Ex: 1 1/4" x 1" - 1 1/2" x 1 1/4"

## ANEXO D

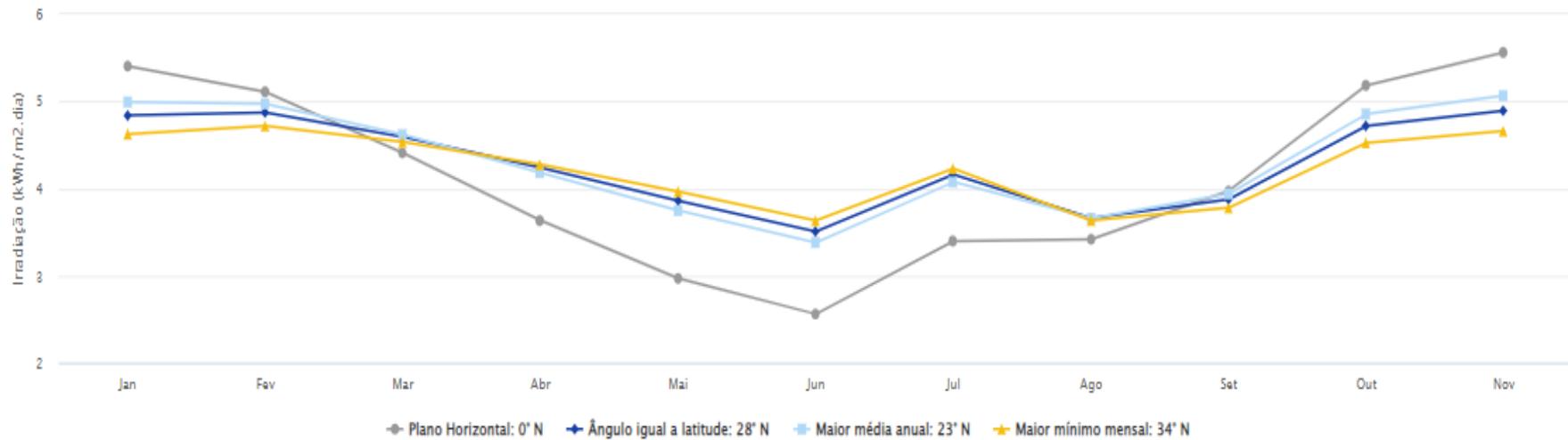
### Cálculo no Plano Inclinado

Estação: AÃşuas Mornas  
 Município: AÃşuas Mornas , SC - BRASIL  
 Latitude: 27,701° S  
 Longitude: 48,949° O  
 Distância do ponto de ref. ( 27,73003° S; 48,972892° O ) : 4,0 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,40	5,11	4,41	3,83	2,97	2,56	2,68	3,40	3,42	3,97	5,18	5,56	4,02	3,00
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	28° N	4,84	4,87	4,59	4,24	3,88	3,51	3,58	4,18	3,68	3,88	4,72	4,89	4,23	1,39
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	23° N	4,99	4,97	4,62	4,18	3,75	3,38	3,45	4,07	3,68	3,94	4,85	5,07	4,24	1,68
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	34° N	4,62	4,72	4,53	4,27	3,97	3,63	3,68	4,23	3,63	3,78	4,53	4,68	4,19	1,09

### Irradiação Solar no Plano Inclinado -AÃşuas Mornas-AÃşuas Mornas, SC-BRASIL

27,701° S; 48,949° O

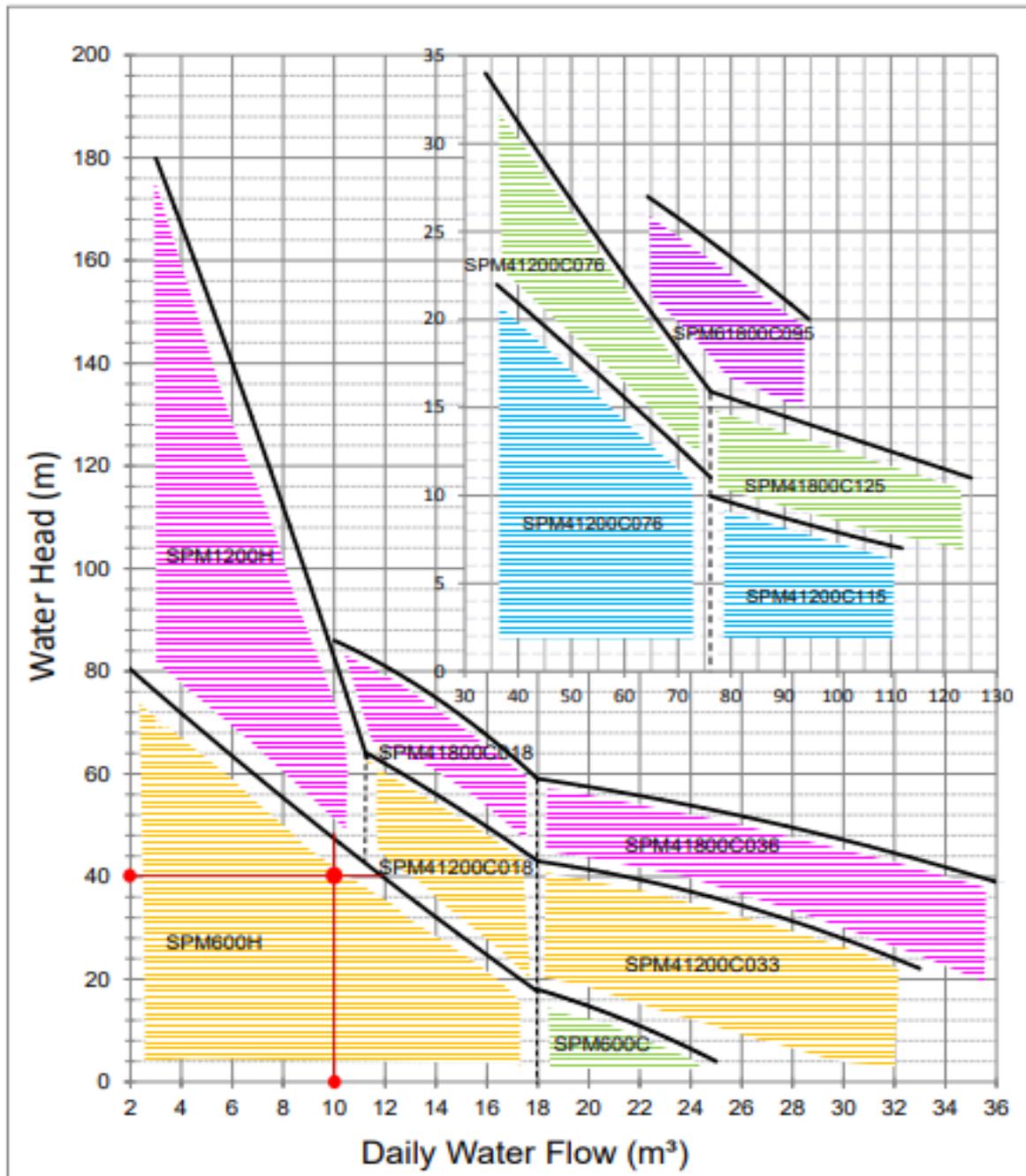


## ANEXO E



## Solar Pump Selection

Head/Lift Range: 4-180m. Daily Water Supply Range: 2-125 m<sup>3</sup>/day. Solar Radiation: 6kWh/m<sup>2</sup>/day.



Steps for System Design:

- To confirm the basic requirements of water consumption: Head and Daily water consumption; (e.g. 40m)
- Y axis corresponds to Head; X axis corresponds to Daily water supply; (e.g. 10m<sup>3</sup>/day)
- To adjust the system configuration in accordance with the local solar radiation condition. (e.g. SPM600H)

## ANEXO F



# SPM600H

## Bomba Solar de Imã Permanente

### Performance

Altura Manométrica Total	80 - 18 m
Vazão Diária	2 - 18 m <sup>3</sup>

### Informações Técnicas

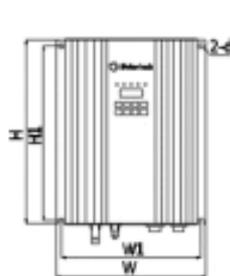
Especificações da bomba	Bomba Helicoidal 48V 110Hz
Diâmetro Saída Bomba	25 mm, 1"
Diâmetro Adaptação Poço	125 mm
Modelo do Driver	PM600D
Potência do Driver	600 W
Tensão Entrada Max. CC	150 V
Tensão Recomendada MPP	60-120VDC
Temperatura Amb. Controlador	-20 ~ 60 °C
Modelo da Bomba	SPM4-3-0.6H
Potência da Bomba	600 W
Classe de proteção da bomba	IP68
Varição do PH da água	6.5 - 8.0
Temperatura Ambiente água	1 - 35 °C



### Dimensões, Peso e Material

#### Driver

W = 202 mm
H = 244 mm
D = 146 mm
W1 = 187 mm
H1 = 232 mm
D1 = 113 mm
d = 6 mm



#### Bomba

A = 560 mm
B = 351 mm
C = 209 mm
ΦD = 1"
ΦE = 95 mm
Φmax = 100 mm



Bomba Solar Peso Líquido	12 kg	Material do Rotor da Bomba	POM
Bomba Solar Peso Bruto	14.8 kg	Material do Corpo da Bomba	AISI 304
Volume Bomba Solar	0.04 m <sup>3</sup>	Material da Carcaça do Driver	Liga de Alumínio

### Informação Relevante

#### Garantia

Driver	3 anos
Bomba	1 ano

#### Padrões



EN 61000-6-3:2007+A1:2011  
 EN 61000-6-1:2007  
 EN 60335-1:2012  
 EN 60335-2-41:2003  
 +A1:2004+A2:2010

### Curva de Performance Radiação Solar : 6kWh/m<sup>2</sup>/dia

