

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIA

RODRIGO ALEX SILVA BARROS

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SOFTWARES PVSYST E PVSOL

RIO LARGO, AL 2022

RODRIGO ALEX SILVA BARROS

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SOFTWARES PVSYST E PVSOL

Trabalho Final de Graduação apresentado a banca examinadora do curso de Engenharia de Energia no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (UFAL), como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenheiro de Energia.

Orientadora: Profa Jamile Pinheiro Nascimento.

Catalogação na fonte Universidade Federal de Alagoas Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana – CRB 1512

B277a	Barros, Rodrigo Alex Silva. Análise comparativa entre os softwares PVSYST e PVSOL. / Rodrigo Alex Silva Barros. – 2022.
	47f.: il.
	Orientador (a): Jamile Pinheiro Nascimento.
	Tabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia) – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2022.
	Inclui bibliografia
	1. Simulação fotovoltaica. 2. PVSyst. 3. PVSol. 4. Energia solar. I. Título.
	CDU: 621.383

Folha de Aprovação

RODRIGO ALEX SILVA BARROS

Análise comparativa entre os softwares PV SYST e PV*SOL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Energia pela Universidade Federal de Alagoas. Aprovado em 21 de dezembro de 2022.

Documento assinado digitalmente



JAMILE PINHEIRO NASCIMENTO AMOAH Data: 19/01/2023 08:09:05-0300 Verifique em https://verificador.iti.br

Profa. Dra. Jamile Pinheiro Nascimento Amoah (Orientadora)

Banca Examinadora:

gov.br

ALANA KELLY XAVIER SANTOS Data: 18/01/2023 23:27:29-0300 Verifique em https://verificador.iti.br

Documento assinado digitalmente

Profa. Dra. Alana Kelly Xavier Santos, CECA/UFAL (1ª Avaliadora)

Documento assinado digitalmente



AMANDA SANTANA PEITER Data: 19/01/2023 07:55:59-0300 Verifique em https://verificador.iti.br

Profa. Dra. Amanda Santana Peiter, CECA/UFAL (2º Avaliador)

RESUMO

A utilização da energia solar fotovoltaica tem crescido constantemente – inclusive no Brasil ao longo dos últimos cinco anos – devido, principalmente, à demanda cada vez maior por fontes alternativas de energia e ao aumento das tarifas relacionadas a esse bem de consumo. Alinhado a tal crescimento, o emprego de *softwares* na elaboração de projetos fotovoltaicos também tem se difundido, uma vez que estes garantem diversos benefícios, sendo o principal deles o aumento da eficiência do sistema fotovoltaico. O presente estudo tem como objetivo demonstrar o passo a passo da utilização dos *softwares* PVSyst e PVSol, bem como realizar a comparação – baseada em uma unidade de geração em operação – entre os dois, já que estes são os programas computacionais mais utilizados para o dimensionamento fotovoltaico. Entre os vários modelos existentes atualmente, inclusive os dois estudados, há diferenças que podem favorecer inúmeros tipos de instalações, logo, cada uma das ferramentas de programação se destaca em uma área de atuação como, por exemplo, o PVSol que, apesar da quantidade limitada de módulos fotovoltaicos para simulação, se sobressai ao PVSyst por permitir a importação de um modelo 3D do sistema de geração.

Palavras-Chave: Simulação fotovoltaica; PVSyst; PVSol

ABSTRACT

The use of photovoltaic solar energy has grown steadily – including in Brazil over the last five years – mainly as a result of the increasing demand for alternative energy sources and the increase in tariffs related to these consumer goods. Accordingly to this growth, the use of softwares to elaborate photovoltaic projects has also been widespread, since they guarantee several benefits, the main one being the increase in the efficiency of the photovoltaic system. The present study aims to demonstrate the step-by-step uses of the PVSyst and PVSol software, as well as to perform the comparison between both-based on a unit generation in operation – since nowadays, these are the most used computer programs for dimensioning photovoltaic Among several models currently existing, including the two studied, there are differences that can favor many types of installations. Therefore every single programming tools stands out in an area of activity. For example, PVSol in despite of the limited amount of photovoltaic modules for simulation, stands out from PVSyst for allowing the import of a 3D model of the generation system.

Keywords: Photovoltaic simulation; PVSyst; PVSol

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema Solar Fotovoltaico	13
Figura 2 - Página inicial do site pvsyst.com	17
Figura 3 - Interface inicial do Software PvSyst	
Figura 4 - Interface do Sistema PvSyst	19
Figura 5 - Ícones de entrada para cadastro do cliente	19
Figura 6 - Ícones de localização	20
Figura 7 - Importação dos dados de irradiância	20
Figura 8 - Opção "guardar" os dados fornecidos	21
Figura 9 - Botão "Parâmetros projeto"	22
Figura 10 - Os parâmetros do projeto	22
Figura 11 - Página inicial do site pvsol. software	24
Figura 12 - Página inicial do <i>software</i>	25
Figura 13 - Etapa de preenchimento dos dados do usuário do software	
Figura 14 - Opção de sistema de unidades	27
Figura 15 - Opção de rede c.a	27
Figura 16 - Opção simulação	
Figura 17 - Continuação dos dados sobre a simulação	30
Figura 18 - Página sobre o limite de configurações	31
Figura 19 - Continuação da página de limite de configurações	31
Figura 20 - Janela de dados do projeto	32
Figura 21 - Tipo de sistema, clima e rede	33
Figura 22 - Janela sobre o consumo de energia elétrica	33
Figura 23 - Informações sobre o módulo fotovoltaico	
Figura 24 - Etapa sobre a inserção de parâmetros para o cálculo das células fot	ovoltaicas.
	35
Figura 25 - Opções sobre o perfil de instalação do projeto	35
Figura 26 - Etapa sobre perdas por sombreamento.	
Figura 27 - Etapa de degradação do módulo	36
Figura 28 - Página sobre inversor de frequência	37

Figura 29 - Dimensionamento dos cabos	38
Figura 30 – Ícones de acesso para as últimas etapas do projeto	38
Figura 31 - Definição da disposição dos módulos no software PVSyst	40
Figura 32 - Visualização 3D da disposição do projeto no software PVSol	41
Figura 33 - Projeto solar fotovoltaico real	42
Figura 34 - Comparativo entre os erros dos softwares.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Diferença entre desvios de transposição da irradiação difusa do projeto SWERA
Tabela 2 - Quadro comparativo entre a estimativa de geração de energia e o real 43

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO1	10
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	FONTE DE ENERGIA E O MEIO AMBIENTE	12
2.2	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA1	13
2.3	PVSYST	14
2.4	PVSOL	15
3	METODOLOGIA	16
3.1	PLANEJAMENTO SEQUENCIAL	16
3.1.	1 Definição do software de análise	16
3.1.	2 Mapeamento de utilização dos <i>softwares</i>	16
3.1.	3 Utilização dos <i>softwares</i>	16
3.1.4	4 Comparativo entre o PVSyst e o PVSol	16
3.2	COMO UTILIZAR O SOFTWARE PVSYST	17
3.2.	1ADESÃO DO PVSYST1	17
3.2.2	2INTERFACE INICIAL DO SOFTWARE1	17
3.2.	3INSERÇÃO DOS DADOS PARA O SISTEMA ON GRID1	18
3.2.4	4ELABORAÇÃO DO PROJETO	23
4	COMO UTILIZAR O SOFTWARE PVSOL	24
4.1	ADESÃO DO PVSOL	24
4.2	INTERFACE INICIAL DO SOFTWARE	24
4.3	PARAMETRIZAÇÃO DO SOFWTARE	25
5	DIFERENÇA ENTRE PVSYST E <i>PVSOL</i>	38
6	APLICAÇÃO DOS <i>SOFTWARES</i> PVSYST E PVSOL	39
7	CONCLUSÃO	45
REI	FERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

A demanda por energia elétrica vem crescendo ao longo dos últimos anos e assim, a necessidade por fontes alternativas e renováveis para geração de energia elétrica está cada vez maior.

Dentre essas fontes a que mais se destaca é a energia solar fotovoltaica, pois além de contribuir para o meio ambiente é a mais silenciosa e a que menos necessita de manutenção. Além disso, a instalação e operação são mais simples e necessitam de menos tempo quando comparada com as outras opções de geração de energia renovável, como a energia eólica, de biomassa, hídrica e geotérmica.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2022) em 2022 o Brasil ultrapassou a marca de 10 GW de potência instalada em micro e minigeração (que é quando o consumidor gera sua própria energia), o que é uma marca muito expressiva, já que em 2019 havia apenas 1 GW de potência instalada em todo país, e que a fonte mais utilizada é a energia solar.

Com esse crescimento notório, o uso de *softwares* para auxiliar e dar rapidez a elaboração e dimensionamento dos projetos é indispensável em instalações que buscam uma máxima eficiência, com o intuito de evitar perdas por: sombreamento, mal dimensionamento e orientações erradas.

O PVSyst e o PVSOL são *softwares* bastante utilizados no mercado solar, que utilizam dados climatológicos do local, modelos matemáticos para identificar possíveis perdas e o quanto de energia vai ser gerada e possuem a tecnologia tridimensional que permite o cálculo da influência de sombreamento no local. Também elaboram relatórios completos com estatísticas e recomendações para a construção de sistemas fotovoltaicos, com base em um banco de dados de variáveis meteorológicas do local escolhido.

Um ponto positivo do PVSOL sob o PVSyst, é que ele permite uma modelagem tridimensional a partir de um arquivo 3D (esse desenho em 3D pode ser realizado a partir de um conjunto de fotos) importado de outros *softwares*, deixando a simulação do sombreamento mais assertiva e estimando mais precisamente as perdas.

Pelo que já foi supracitado, os *softwares* são ferramentas importantes para o setor de Engenharia por conseguir facilitar a criação de projeto solar fotovoltaico com pequenas chances de erro e maior agilidade.

Tratando-se de valores de aquisição, o PVSyst tem a vantagem de possuir o menor valor do mercado, custando R\$ 3.396,00/ano (€ 600/ano), o que facilita a sua

aquisição, já a aquisição do PV Sol é de forma vitalícia, no valor de R\$ 7.329,70 (€ 1.295) com a cobrança de 18% (R\$ 1.319,35) desse valor ao ano para atualizações.

Com isso, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um passo a passo da modelagem e simulação de um sistema fotovoltaico utilizando o PVSyst e o PVSOL para fins de aprendizagem do uso do *software*.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FONTE DE ENERGIA E O MEIO AMBIENTE

Segundo Goldemberg (2003), os impactos ambientais se destacam como local, regional e global. O impacto local se refere a poluição do ar urbana e em ambientes fechados, o regional pode ser a chuva ácida, por exemplo e a global, o efeito estufa, desmatamento, degradação costeira e marinha.

A demanda por energia elétrica cresceu em todo o mundo e a necessidade de diminuir a dependência de combustíveis fósseis aliado à preferência por fontes de energia que não poluem têm levado à busca de novas fontes de energia para geração de eletricidade (VILLALVA e GAZOLI 2012).

Atualmente são procuradas cada vez mais fontes de geração de energia para suprir a crescente demanda, dentre essas fontes, as fontes renováveis de geração de energia têm ganhado destaque, porém, muitas delas também podem trazer prejuízos ao meio ambiente, como por exemplo a geração por fonte hidráulica que é considera uma energia limpa, porém demanda uma grande área para os reservatórios, influenciando a comunidade local, a fauna e a flora.

Outro caso são as termoelétricas que trazem impactos negativos ao meio ambiente pela emissão de gases de efeito estufa. Já a energia nuclear não tendo a devida segurança durante sua atividade e o tratamento correto, pode causar danos duradouros ao meio ambiente.

As fontes alternativas possuem alguns problemas, que podem danificar a biodiversidade, mas quando são cuidadas de forma apropriada antes, durante e após a sua atividade de funcionamento se tornam as melhores opções para a geração de eletricidade (SANTOS, 2016).

Segundo Santos (2016), a energia eólica e a solar fotovoltaica são as fontes renováveis de geração de energia que geram o menor impacto ambiental, e um ponto positivo da energia solar sob a energia eólica é que precisa-se de menor espaço para geração de energia, podendo ser instalada em telhados de casa e comércios, por exemplo.

Em 2021 o Brasil foi alvo de uma crise energética provocada por falta de chuvas que consequentemente diminuíram os níveis nos reservatórios trazendo efeitos negativos para a população, como aumento na conta de energia, por conta da necessidade do acionamento das usinas termoelétricas para complementar a geração hídrica de energia. Segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE (2022), o consumo de energia elétrica no Brasil no ano de 2021 foi 4,1% maior que em 2020, esse crescimento é atribuído também ao retorno das atividades econômicas no país após a pandemia do COVID-19.

No Brasil, o consumo de energia elétrica está em constante crescimento, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) o consumo energético no Brasil cresceu 3,0% no mês de agosto de 2022 quando comparado com o mesmo período do ano de 2021 e a tendência é que os números continuem em escala crescente.

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O sistema de energia solar fotovoltaica (Figura 1) converte a energia da radiação solar em eletricidade através de células fotovoltaicas.



Figura 1 - Sistema Solar Fotovoltaico

Fonte: Autor (2022).

Os sistemas solares fotovoltaicos podem ser classificados em dois grupos: *Off grid*, que é o sistema isolado da rede elétrica da concessionária e o *on-grid* que é o sistema conectado à rede.

A categoria *on-grid* é o sistema em que a energia produzida é direcionada diretamente para a rede e precisam atender as normativas impostas pela concessionaria, já no sistema *off-grid* são os isolados que não possui conexão com rede elétrica e,

consequentemente precisa de algum método de armazenamento para o momento que não tiver irradiação solar, como por exemplo a bateria (ANDRADE, 2017).

A implementação desses sistemas conectados à rede elétrica da concessionaria de energia local só foi possível a partir do Projeto de Lei (PL) 5.829/2019, que criou o "Marco Legal da Geração Distribuída", que foi regulamentado pela Resolução Normativa da ANEEL – a REN nº 482/2012, que estabelece os critérios e condições para os consumidores que desejam gerar sua própria energia por meio de várias fontes como: eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidroelétrica (PCH's) por meio da geração distribuída – GD, e dentre as várias formas de geração própria de energia, a fonte solar se destaca no panorama brasileiro.

2.3 PVSYST

O *software* PVsyst é um programa operacional que tem o objetivo de fazer análise do sistema de energia fotovoltaica e que serve também para a produção de relatórios de sistemas solares fotovoltaicos.

Ele possui uma caixa de entrada de dados que permite inserir a localização geográfica da instalação, fazer uma análise financeira, o dimensionamento dos sistemas, e estimar as perdas especificas no sistema (BRITO, 2015).

Além disso, através do PVSyst é possível fazer estudos e cálculos de perdas por sombreamento e da sujeira nos módulos, e ainda estima a produção de energia considerando a eficiência de todo o equipamento.

De acordo com o site do PVSyst, ele foi projetado para que arquitetos, engenheiros e pesquisadores façam uso dele. O *software* contém uma biblioteca extensa que possui informações técnicas sobre diferentes fabricantes dos materiais que são utilizados para a instalação e funcionamento do projeto solar fotovoltaico, dados climáticos exportados da NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) e Meteonorm (*Software* para dados Meteorológicos para Geração de Energia Fotovoltaica).

Foi elaborado na década de 90 pela Universidade de Genebra localizada na Suíça com objetivo principal de fazer uma simulação completa de sistemas fotovoltaicos e ganhou força no mercado devido às ferramentas que são oferecidas com precisão e dessa forma se tornou um dos *softwares* mais procurados no mundo.

2.4 PVSOL

O *software* PVSol é uma ferramenta de simulação de projetos de sistemas fotovoltaicos, construído na Alemanha pela empresa *Valentin Software*. O seu diferencial é a possibilidade da utilização de modelos tridimensionais a fim de estimar a geração de energia com simulações de sombreamento (GALLE, 2019).

Para a elaboração dos projetos fotovoltaicos, o *software* utiliza um banco de dados meteorológicos, com uma série histórica desde 1981 até 2010, que possui registros de velocidade do vento, temperatura média, umidade relativa e radiação global horizontal desta forma, a modelagem do *software* consegue estimar a geração de energia elétrica considerando o sombreamento que existe na planta (GALLE, 2019).

Diferente do PV Syst, ele não possui dados atualizados do Meteonorm em suas bases de dados, mas, permite que os mesmos sejam importados e possui uma simulação limitada em até 7500 módulos fotovoltaicos, o que é um fator limitante para grandes usinas.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho consiste na abordagem de um mapa sobre a utilização dos *softwares* e um comparativo, a partir da literatura, entre a elaboração de projetos fotovoltaicos a partir dos *softwares* PVsyst e PVSol.

3.1 PLANEJAMENTO SEQUENCIAL

3.1.1 Definição do software de análise

Nessa etapa os programas foram decididos a partir da relevância que eles possuem no mercado de energia solar fotovoltaica.

De acordo com a literatura, o sistema PVSol apresentou resultados de simulação mais próximos aos valores reais obtidos por medição, dessa forma foi realizado um comparativo entre ele e o *software* PVSyst que obteve resultados diferentes com os mesmos parâmetros, no entanto um olhar diferente no quesito de sombreamento.

3.1.2 Mapeamento de utilização dos softwares

Após a definição dos sistemas operacionais que foram colocados em estudo, foi realizada uma investigação das funcionalidades dos mesmos para ter mais conhecimento e poder abordar com propriedade o assunto e por fim, foi feita a apresentação da *interface*, a explicação sobre os comandos e as ferramentas que são oferecidas para o usuário.

3.1.3 Utilização dos softwares

Em seguida, foi colocado em prática a demonstração de uso dos programas em um projeto solar fotovoltaico real.

3.1.4 Comparativo entre o PVSyst e o PVSol

Por fim, foi realizado um comparativo entre a construção de projetos solar fotovoltaicos a partir dos *softwares* PVSyst e o PVSol com abordagem no que eles podem oferecer e, de acordo com a literatura, um comparativo entre eles.

3.2 COMO UTILIZAR O SOFTWARE PVSYST

3.2.1 ADESÃO DO PVSYST

Para aderir o *software* é necessário acessar o site *pvsyst.com* e a opção de *download* já é mostrada em sua página inicial (Figura 2).

Para conseguir acesso ao *software* é necessário pagar, mas pode ser utilizado de forma gratuita com a opção de teste que é oferecida. O site possui o francês e o inglês como opções de idioma, entretanto quando é feito o *download* do *software* ele oferece outras opções de idiomas, sendo o português uma delas.



Figura 2 - Página inicial do site pvsyst.com

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

3.2.2 INTERFACE INICIAL DO SOFTWARE

Na interface inicial do software as opções de uso são apresentadas, como:

- Acoplado à rede que são os sistemas on grid;
- Isolado com baterias que são os sistemas off grid;
- Bombagem que é o bombeamento solar; e os
- Utilitários que são as funções de análises.

Para prosseguir com o método utilizado neste trabalho, é necessário selecionar a opção do sistema *on-grid*. (Figura 3)

Pvsyst 7.2 - avaliação			х
Ficheiro Pré-dimensionamento Projeto Definições Lingua/Language Licença Ajuda			
🙀 Bem-vindo ao PVsyst 7.2			
Conceção de projeto e simulação			
共 Acceptedo à rede Isolado com baterias Bombagem			
Utilitários			
Bases de dados Ferramentas Dados medidos			
Projetos recentes	🚹 Documentação		
	2 Abra a Ajuda do PVsyst	(F1)	
	Q, F.A.Q.	🛯 🕻 Tutorial vide	20
	A Ajuda contextual está disponível ao lon e é acessível através da teda [F1]. Também há vários botões do tipo "?" com especifica adicional.	go do programa informação	•

Figura 3 - Interface inicial do Software PvSyst

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

3.2.3 INSERÇÃO DOS DADOS PARA O SISTEMA ON GRID

A *interface* do *software* após a seleção da opção "sistema On Grid" é o início da confecção do projeto (Figura 4).

Inicialmente na caixa de entrada, em "nome do projeto" é possível nomear o projeto e em "nome do cliente" é possível colocar o nome do para qual o projeto está sendo elaborado. (Figura 5)

Projeto	t Novo	📂 Carregar 💾 Guardar 🔯 Parâmetros projeto	o 📅 Eliminar 👗 Cliente	
ome do projeto	ovo Projeto	Nome do clien	nte Não definido	D 📂 🕈
icheiro meteorológico				
		Escolha, por favor, a localização.		
/ariante	Novo	Guardar importar i Eliminar	Gerir	
'ariante ° de Variante ⅣCO	Novo Nova variante da simulação	Elminar Guardar Elminar	Gerir Sinopse dos resultados- Tipo de sistema	Sem cenário 3D de sombras, sem sombras
/ariante ° de Variante VCO Parâmetros principais	Nova variante da simulação	Guardar Diportar 📺 Elminar 🕼	Gerr Sinopse dos resultados Tipo de sistema Produção do sistema	Sem cenário 3D de sombras, sem sombras 0.00 kWh/ano
/ariante ° de Variante VCO Parâmetros principais © Orientação	Nova variante da simulação Opcional 	Guardar Diportar 🛅 Elminar 🕼	Genr Sinopse dos resultados Tipo de sistema Produção do sistema Produção do sistema Codução especifica	Sem cenário 3D de sombras, sem sombras 0.00 kWh/ano 0.00 kWh/kWp/ano 0.00
Variante * de Variante Parâmetros principais Orientação Sistema	Nova variante da simulação Nova variante da simulação Opcional Smotras tráxmas	Guardar in Importar in Elminar in Importar in Elminar in Importar	Gerir Sinopse dos resultados - Tipo de sistema Produção do sistema Produção específica Indice de performance Produção normalizada	Sem cenário 3D de sombras, sem sombras 0.00 kV/h/ano 0.00 kV/h/kWp/ano 0.00 kV/h/kWp/da
Variante VCO • de Variante VCO • de Variante VCO • de Variante VCO • orientação • Orientação • Orientação • Sistema • Perdas detalhadas	Novo Nova variante da simulação Opcional Orizonte Sombras próximas Disposição módulos	Sundação Executar simulação Simulação Executar simulação Simulação avançada	Gerr Sinopse dos resultados Tipo de sistema Produção do sistema Produção cormalizada Perdas do grupo Perdas do sistema	Sem cenário 3D de sombras, sem sombras 0.00 kWh/ano 0.00 kWh/kWp/da 0.00 kWh/kWp/da 0.00 kWh/kWp/da 0.00 kWh/kWp/da
Variante VCO ° de Variante VCO Parâmetros principais (a) Orientação (b) Sistema (c) Sistema (c) Perdas detalhadas (c) Self-consumo	Nova variante da simulação Nova variante da simulação Opcional	Guardar Importar III Elminar C	Gerr Sinopse dos resultados Tipo de sistema Produção especifica Indice de performance Produção normalizada Perdas do grupo Perdas do sistema	Sem cenário 3D de sombras, sem sombras 0.00 kWh/ano 0.00 kWh/kWp/dia 0.00 kWh/kWp/dia 0.00 kWh/kWp/dia

Figura 4 - Interface do Sistema PvSyst

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

to Localização Variante				- 0
Projeto	🛨 Novo 📂	🔿 Carregar 💾 Guardar 🔯 Parâmetros projeto	📅 Elminar 💄 Clente	0
Nome do projeto	iovo Projeto	Nome do client	Não definido	
Projeto		t Novo	📂 Carregar 💾 Guarda	ar 🔯
Nome do projet	Novo Proje	to		
Variante	Novo	Guardar 🗰 Importar 🔛 Eliminar 💟		6
N° de Variante VCO :	: Nova variante da simulação	· · ·	Sinopse dos resultados Tipo de sistema Sem cenário 3	3D de sombras, sem sombras
Nº de Variante VCO	: Nova variante da simulação	- Simulação	Sinopse dos resultados Tipo de sistema Sem cenário 3 Produção do sistema 0.0	3D de sombras, sem sombras 0 kWh/ano
Nº de Variante VCO -Parâmetros principais (a) Orientação	: Nova variante da simulação Opcional () Horizonte	- Simulação	Sinopse dos resultados Tipo de sistema Sem cenário 3 Produção do sistema 0.0 Produção específica 0.0	3D de sombras, sem sombras 0 kWh/ano 0 kWh/kWp/ano 0
N° de Variante VCO -Parâmetros principais (a) Orientação (a) Sistema	Nova variante da simulação Opcional	Simulação Executar simulação	Sinopse dos resultados Tipo de sistema Sem cenário 3 Produção do sistema 0.00 Produção específica 0.00 Indee de performance 0.00 Produção normalizada 0.00	3D de sombras, sem sombras 0 kWh/ano 0 kWh/kWp/ano 0 0 kWh/kWp/dia
N° de Variante VCO Parâmetros principais © Orientação © Sistema © Perdas detalhadas	Nova variante da simulação Opdonal	Simulação Executar simulação Simulação avançada	Sinopse dos resultados Tipo de sistema Sem cenário 3 Produção do sistema 0.0 Produção específica 0.0 Indra de performance 0.0 Produção normalizada 0.0 Perdas do pupo 0.0 Perdas do sistema 0.0	3D de sombras, sem sombras 0 kWh/ano 0 kWh/kWp/da 0 kWh/kWp/da 0 kWh/kWp/da
Nº de Variante VCO Parâmetros principais Orientação Sistema Perdas detalhadas Self-consumo	Nova variante da simulação Opdonal	Simulação Executar simulação Simulação avançada Relatióno	Sinopse dos resultados Tipo de sistema Sem cenário 3 Produção do sistema 0.0 Produção específica 0.0 Índex de performance 0.0 Produção normalizada 0.0 Perdas do grupo 0.00 Perdas do sistema 0.0	3D de sombras, sem sombras 0 kWh/kWp/ano 0 0 kWh/kWp/dia 0 kWh/kWp/dia 0 kWh/kWp/dia

Figura 5 - Ícones de entrada para cadastro do cliente

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Após o preenchimento dos dados do cliente, é necessário fazer o reconhecimento geográfico de onde será instalado o sistema solar fotovoltaico, a fim de exportar os dados de irradiância do local. Para isso, é fundamental pesquisar a latitude e longitude do local

de instalação para encontrar a irradiância do ponto específico e assim, a simulação ser efetuada.

No ícone "escolher uma localização" existe uma tabela com locais cadastrados, porém é necessário adicionar o ponto específico da instalação no ícone "nova localização" para que faça a importação dos dados. (Figura 6)

ojeto: New.PRJ							—	
to Localização Variante								
Projeto		🛨 Novo 📂	Carregar Guardar	Parâmetros projeto	📰 Elminar 🔒 Cliente			0
Nome do projeto	Novo Projeto			Nome do cliente	Não definido			
Ficheiro localização						a 📂	+	
Ficheiro meteorológico	ĺ					a 🗎	0	
			Escolha, por favo	, a localização.				
	r						_	1
Variante								0
Nº de Variante	: Nova variante da simulação							heas
								bras
Parâmetros principais	Opcional		0					i/ano
Parâmetros principais	Opcional Horizonte		Q					i/ano
Parâmetros principais Orientação Sistema	Opcional (e) Horizonte (e) Sombras próx		Q)/ano)/dia)/dia
Parāmetros principais Orientação Sistema Perdas detalhadas	Opcional Horizonte Sombras próx Disposição mo		Q			_		ı/ano ı/dia ı/dia
Parâmetros principais Orientação Orientação Sistema Perdas detalhadas Self-consumo	Copcional Horizonte Sombras próx Disposição ma Gestão da ener	ja	Q.			_		ı/ano ı/dia ı/dia ı∕dia
Parámetros principas Orientação Orient	Opcional Oncional Oncional	gia imica	Relatório Resultador	s detalhados				i/ano i/da i/da

Figura 6 - Ícones de localização

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Após ser feita a seleção do ícone de localização, surge a segunda *interface* que permite fazermos a identificação do local, na qual é necessário: colocar o nome do local, nome do país e a região, com isso é preenchido o campo da latitude e longitude, altitude e fuso horário.

Para concluir é necessário importar os dados de irradiância que foram fornecidos. (Figura 7)

ordenadas geográficas Meteorologia mensal Mapa interativo Local Nome da localização País V Repão V	Defina o nome da localização
Coordenadas geográficas	Importar meteorologia @ Meteororm 8.0 Importar meteorologia @ Meteororm 8.0 O NASA-SSE O PVGIS TMY O NREL / NSR08 TMY O Solcast TMY Importar

Figura 7 - Importação dos dados de irradiância

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Após todo o processo de coleta de dados básicos sobre localização, o *software* importa os dados de irradiação global, irradiação horizontal, velocidade do vento, turbulência e umidade e temperatura local.

E por fim, é necessário selecionar a opção "guardar" para que o programa libere a *interface* completa e assim possa ser possível continuar o projeto. (Figura 8)

Projeto: New.PRJ				
ojeto Localização Variante				
Projeto	🛨 Novo 📂	👌 Carregar 🔛 Guardar 🔯 Parâmetros projeto	📅 Eliminar 🚨 Cliente	0
Nome do projeto	ivo Projeto	Nome do cliente	e Não definido	
Ficheiro localização			a	📂 主
Ficheiro meteorológico				
Variante N° de Variante VCO	T Novo C	Carregar Guardar Parâmetros	projeto III Eliminar A Clie	ente de sombras, tm sombras
Variante	Novo C	arregar 😝 Guardar 🐺 Parâmetros	projeto Eliminar Cie o cliente Não definido	ente le sombras, m sombras
Variante Nº de Variante VCC 0 Parâmetros principais (a) Orientação	Novo Novo C	Carregar Guardar V Paràmetros Nome da	projeto Iminar Eliminar Cie cliente Não definido Produção do sistema	te sombras, m sombras 0.00 kWh/eno 0.00 kWh/kWp/eno
Variante Nº de Variante VCC D Parâmetros principais © Crientação © Sistema	Novo Coconal @ Horizonte @ Sontras prolomas	Carregar Guardar Paràmetros Nome da Simulação Executar simulação	Oriente Não definido Oriente Não definido Produção do satema Produção do satema Produção especifica Indice de performance Produção normalizada	ente le sombras, im sombras 0.00 kWh/ano 0.00 kWh/dWg/ano 0.00 kWh/dWg/da
Variante VC 0 Padmetros principas © Crientação © Sistema © Perdas detalhadas	Novo Novo Coconal @ Hortconte @ Someras prolomas @ Disposição módulos	Carregar Guardar Paràmetros Nome da Simulação Executar simulação Simulação avançada	Oriente Não definido Oriente Não definido Oriente Produção do astema Produção escorifica Indica de performance Produção normalizada Perdas do subema Perdas do subema	E sombras, m sombras 0.00 kWh/ano 0.00 kWh/ano 0.00 kWh/ano 0.00 kWh/kWp/da 0.00 kWh/kWp/da 0.00 kWh/kWp/da
Variante vc 0 Parámetos procpas © crentação © tistema © rendas detalhadas © self-consumo	Novo Novo Cococci Occocci Occoccici Occoccici Occocci Occocci Occ	Carregar Guardar Paràmetros Nome de Simulação Executar simulação Endação avançada Relatino	Crection Constraints Constraints	E sombras E sombras Con kVM/ano Con kVM/ano Con kVM/ano Con kVM/aNo/ano Con kVM/AVD/da Con kVM/AVD/da
Variante	Novo Novo Cococci Occocci Occoccicici Occocci Occocci Occocci Occ	Carregar Guardar Paràmetros Nome de Simulação Executar simulação Endação avançada Relatino Relatino	Crection Constraints Constraints	fe sombras, m sombras fe sombras, m sombras 0.00 kVh/sv0 0.00 0.00 kVh/kV0/an 0.00 kVh/kV0/a 0.00 kVh/kV0/a 0.00 kVh/kV0/a

Figura 8 - Opção "guardar" os dados fornecidos.

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Para que os resultados da simulação tenham precisão é necessário selecionar o botão "Parâmetros projeto" onde são estabelecidos alguns dados em que o sistema irá operar, tais como: temperaturas de início da manhã e temperaturas operacionais.

É importante para o sistema solar fotovoltaico a informação da temperatura mínima e máxima pois elas interferem na tensão e dessa forma é possível determinar a quantidade de painéis por grupo (Figura 9).



Figura 9 - Botão "Parâmetros projeto"

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Para indicar os parâmetros do projeto precisa-se selecionar a opção "condições de conceção" e a partir disso é preciso definir a mínima temperatura – temperatura histórica do início da manhã e em seguida a temperatura que o sistema vai operar durante o inverno, depois a temperatura usual da operação e a temperatura máxima que o projeto vai ser exposto.

Também faz-se a seleção da tensão máxima do conjunto de módulos, utilização de um modelo de diodo e um modelo de transposição, para tais valores podem ser utilizados parâmetros pré-definidos. Para conclusão, os dados são enviados a partir da seleção dos botões "ok" e "salvar", respectivamente. (Figura 10)



Dedo	Condições de conceção	Outras limitação	Preference	35			
Para	àmetros da localiza	ção				Drada	finida
temperaturas de referência para o dimensionamento do		2 Temperatura baixa para limite de Tensão Absoluta			-10 °C	Thido	
		•	Temperatur	a de funciona	mento de inverno para VmpnMax	20 90	
gru	po segundo as	Tem	nerstura bal	situal de fue	inerto de inverto para importax		
inve	sões de entrada do ersor	Tem	peratura nat	Jituai de Turi	ionamento e interior a 1000w/m-		
			Temperat	ura de funci	onamento de verão para VmppMin	60℃	
Out	ros parâmetros de	conceção					
ter	são máx. do grupo	valor µVe	C			-	-
• II	EC (tipicamente 1000V)	A partir de um modelo de um perda limite de sobrecarga		3.0 %	\sim		
Ou	IL (tipicamente 600 V)	O A partir	das especific	ações (2		
Mo	delo de transposição	para este proje	0	Potência	de referência para perdas C	4	
ON	Iodelo de Hay (robusto)		0	PNomF	V(ca) em STC		0
• N	Iodelo Perez-Ineichen (dit	ferenciado)	O PNom (inversores)				
Tra	tamento circunsolar						
01	ncluído no difuso		0				
	ratamento cenarado						
	ratamento separado						

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

3.2.4 ELABORAÇÃO DO PROJETO

Após a inserção de todos os dados no sistema, é inicializada a parte da elaboração do projeto, para isso é preciso selecionar o botão "orientação" e definir a inclinação e o azimute do sistema fotovoltaico.

Para a continuidade da produção do projeto, é importante analisar o telhado onde será feita a instalação e os dados de orientação do local, que podem ser coletados com ajuda da ferramenta "Google Earth", dessa forma, é possível visualizar a posição em que as placas serão fixadas. Por fim, após os dados serem preenchidos, é necessário colocar "ok".

Quando o campo "orientação" for concluído, passa-se para a etapa do "sistema". Nesse *layout* será possível inserir os dados sobre o módulo fotovoltaico, inversor e arranjo fotovoltaico que serão utilizados no sistema.

Na etapa que solicita "nome" é necessário colocar a nomenclatura do sub arranjo do sistema e, em seguida, no botão "Selecionar o Módulo Fotovoltaico" é a etapa de escolha de marca e tipo do módulo que será utilizado no sistema, e logo após é selecionado o inversor, no campo "Selecionar o inversor".

Após esse estágio, mas ainda na mesma *interface*, é necessário inserir a quantidade de módulos e *strings* (conjunto de módulos associados em série numa mesma entrada do inversor).

Quando efetuada a inserção de todos os dados, é possível observar o "sumário global do sistema" no qual mostra algumas especificações sobre o projeto, como: a área de módulos, potência, a máxima potência do sistema e a potência do inversor. Além disso, mostra a tensão mínima, média e máxima, esses dados podem ser importados no projeto.

Para concluir e conseguirmos o projeto, após a inserção de todos os dados e parâmetros necessários é preciso importar os dados sobre "orientação" e do "sistema" e por fim, selecionar a opção "rodar simulação" para obter o projeto.

4 COMO UTILIZAR O SOFTWARE PVSOL

4.1 ADESÃO DO PVSOL

Para baixar o *software* é necessário acessar o site *pvsol.software* e clicar na opção de *download* que já é mostrada em sua página principal (Figura 11).

O *software* disponibiliza duas versões, a forma gratuita como "teste" durante 31 dias e a opção "*premium*" que é paga, e a diferença entre eles é a marca d'água no relatório final.

O site possui opções de idioma, porém quando o *download* do *software* é realizado, ele oferece a linguagem tcheca, inglês, francês, espanhol, alemão, italiano, português, língua polaca e o turco como idiomas para acesso.



Figura 11 - Página inicial do site pvsol. software.

Fonte: Adaptado do software PVSOLol (2022).

4.2 INTERFACE INICIAL DO SOFTWARE

Na página inicial do *software* existem as opções de tutoriais em "Introdução ao programa", conforme a Figura 12.



Figura 12 - Página inicial do software

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

4.3 PARAMETRIZAÇÃO DO SOFWTARE

Antes de iniciar a simulação, alguns dos parâmetros precisam ser configurados, essas configurações são colocadas a partir do botão "opções" e em seguida, no botão "opções do programa" (Figura 13).

Após selecionar "opções de programa" aparece uma página com diversas entradas, iniciando com a opção "usuário" que é aba própria para fornecer os dados do projetista e deixar salvos para a demarcação de projetos feitos utilizando o *software*. (Figura 13)

Opçõ						\times
poções do programa Susiano Avançado Asec de dados Resetar as definições de fábrica Opções do projeto Rede c.a. Simulação Limites de configuração Configuração automática Resultados da simulação	Contato Empresa Endereço Telefone	Insira o seu nome. Insira o nome da sua empresa Insira a rua. Insira o código postal e a cidade. Insira o país. Insira o país.				
	Fax	Insira o seu número de fax.				
	E-mail	Insira o seu endereço de email.	Carregar			
Salvar como padrão Resetar a padrã	io		() () () () () () () () () () () () () (:	Cance	lar

Figura 13 - Etapa de preenchimento dos dados do usuário do software.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Em seguida, é possível encontrar a opção "avançado" no qual é possível configurar e escolher as grandezas que serão utilizadas nos parâmetros do projeto (Figura 14).

Dando continuidade na configuração do *software* para iniciar o projeto, existe o botão "Rede c.a" (c.a – corrente alternada) que é a janela com opções sobre a inserção dos dados da tensão da rede, quantidade de fases, fator de potência, e por fim, sobre a redução de CO_2 para o projeto que faça a opção por ter menos emissão do gás (Figura 15).

Opções			_		х
Opçõe do programa Usubio Usubio Avançado Base de dados Resetar as definições de fábrica Opções do projeto Derde e a	Pasta padrão Sistema de unidades Moeda	C:\Users\Natália Albuquerque\Documents\Valentin EnergieSoftw Unidade SI ~ As definições relativas à moeda podem ser consultadas no <u>painel</u>	are\PVSOL 2022\Project	(S)
— Simulação — Limites de configuração — Configuração automática — Relatório — Resultados da simulação	 Iniciar programa con lo construir procura automático Criar sempre cópia Mostrar janela de 	om tipo de sistema definido Sistema fv conectado à rede a de atualizações (1 x dia, durante inicalização do programa) a de segurança notificação			
	 Mensagens de Avisos relativo O banco de de O banco de de 	e erro os à simulação ados online voltou a ser acessível. ados online não é accessível.			
	Aceito enviar dada Declaração de privacida	os de uso anonimizados para aprimorar o software ade			
Salvar como padrão Resetar a padr	ão		ОК	Canc	elar

Figura 14 - Opção de sistema de unidades.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Figura 15 - Opção de rede c.a.

Opções						\times
Opções do programa Usuário Avançado Base de dados Base de dados Opções do projeto Opções do projeto Rede c.a. Simulação Configuração automática Relatório Resultados da simulação	Tensão da rede entre fase e neutro Quantidade de fases Fator de potência (cos φ) Limitação da potência de injeção	+/-	230 - 3-fásico - 1,00 - 70 - 0 no inversor 0 no ponto de	V % da potên injeção	ncia fotovi	oltaica
	Redução de CO2 específica devido à utilização da energia fv		470 🛓	g/kWh		
Salvar como padrão Resetar a padr	ão		•	ОК	Ca	ncelar

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Outra opção para essa página é a "simulação" (Figura 16), que pode alterar o modelo para radiação difusa, modelo para radiação no nível inclinado que vai depender do estado do projeto e a escolha entre as opções "perez" e "klucher" que vai de acordo com a Tabela 1, onde demonstra os dados da diferença entre os desvios apresentados por modelos matemáticos de transposição da irradiação difusa dos dados de satélite do projeto SWERA, para isso primeiro segue o estado do projeto e analisa as duas colunas e escolhe a opção que o resultado for mais próximo de zero e então, é possível decidir entre "perez" e "klucher". Nessa tabela também é possível identificar a irradiação total que vai chegar no painel que é importante para saber quanto de energia vai gerar.

Opções		— 🗆	×
 Opções do programa Usuário Avançado Base de dados Resetar as definições de fábrica Opções do projeto 	Intervalo da simulação	 1 hora (simulação mais rápida) 1 minuto (simulação mais precisa) 	^
Simulação	Parâmetros para os dados climáticos		
Limites de configuração Configuração automática	Perdas devido a desvio do espectro padrão	1,00 🔺 %	
Relatório Resultados da simulação	Modelo para radiação difusa	Hofmann V	
	Modelo para radiação no nível inclinado	Klucher	
	Resultados detalhados da simulação		
	Registar valores de radiação difusa e direta	Não 🗸	
	Gravar curvas características para módulos	Não 🗸	
	Parâmetros para as áreas de módulos		
	Inserir as áreas de módulos separadamente		
	Perdas de potência devido a queda da tensão nos diodos de desvio	0,5 %	
	Perdas de potência devido a Mismatch ou menor rendimento	2,0 %	
	Usando micro-inversores e otimizadores de potência não são consideradas quaisquer perdas de Mismatching.		
	Reflexão do solo (albedo)		
	í ● Albedom édioaolongodoano O Albedoem valores mensais	20 %	~
Salvar como padrão Resetar a padrã	io	OK Cancela	r

Figura 16 - Opção simulação.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

2 14 4	Latitude	irradiação média diária a partir de	Desvio d	a do SWERA (%)		
Cidades	Local	dados do projeto SWERA (α= Latitude)	PEREZ	ISOTROPIC	KLUCHER	HAY AND MCKAY
Boa Vista (RR)	0°	5,3	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0
Macapá (AP)	0°	5,3	1,1	1,1	1,1	1,1
Belém (PA)	1*	5,4	-0,2	-0,3	3,1	-0,3
São Luís (MA)	2°	5,5	-0,1	-0,3	3,1	-0,3
Manaus (AM)	3°	5,1	-0,1	-0,3	3,0	-0,3
Fortaleza (CE)	4*	5,6	-0,1	-0,5	2,9	-0,5
Teresina (PI)	5*	5,7	-0,1	-0,6	2,8	-0,5
Natal (RN)	6*	5,5	-0,2	-0,8	2,7	-0,7
João Pessoa (PB)	7*	5,4	-0,4	-1,1	2,4	-1,0
Recife (PE)	8°	5,2	-0,4	-1,3	2,2	-1,2
Maceió (AL)	9°	5,3	-0,6	-1,6	2,0	-1,4
Porto Velho (RO)	9°	5,2	-0,0	-1,0	2,6	-0,6
Palmas (TO)	10°	5,6	-0,3	-1,2	2,3	-0,8
Rio Branco (AC)	10°	5,2	0,1	-1,1	2,5	-0,8
Aracaju (SE)	11°	5,5	0,7	-1,9	1,8	1,6
Salvador (BA)	13°	5,5	-1,1	-2,5	1,2	-2,2
Cuiabá (MT)	15°	5,6	-0,5	-2,0	1,8	-1,1
Brasilia (DF)	16°	5,7	-0,5	-2,0	1,7	-1,0
Goiânia (GO)	16"	5,8	-0,6	-2,0	1,6	-1,1
Belo Horizonte (MG)	20°	5,7	-1,8	-3,7	0,2	-2,4
Campo Grande (MS)	20°	5,7	-1,4	-3,3	0,7	-2,0
Vitória (ES)	20°	5,0	-1,9	-4,4	-0,2	-3,4
Rio de Janeiro (RJ)	22°	5,2	-3,9	-6,4	-2,1	-5,1
São Paulo (SP)	23°	5,0	-2,4	-5,2	-0,7	-3,7
Curitiba (PR)	25°	4,9	-2,8	-6,0	-1,5	-4,4
Florianópolis (SC)	27"	4,8	-3,5	-7,0	-2,4	-5,2
Porto Alegre (RS)	29°	5.1	-2.5	-6.0	-1.2	-3.8

Tabela 1 -Diferença entre desvios de transposição da irradiação difusa do projeto SWERA

Fonte: Santos & Ruther, 2014.

Além dessas informações, também podem ser inseridas as perdas de potência, mas no próprio programa ele já disponibiliza valores mais conservadores que podem ser utilizados também.

Em seguida, vem a opção do "albedo" que é a reflexão do sol e que pode ser determinado a partir do solo em que as placas ficarão sobrepostas, por fim, tem o botão sobre as perdas devido a sujeira que varia de acordo com a localização do projeto (Figura 17).

O albedo, conhecido também como coeficiente de reflexão, é definido a partir da razão entre as radiações de ondas curtas refletidas e incidentes, que é primordial para determinar o balanço de radiação da superfície. (Blad & Baker, 1972; Leitão, 1989; Azevedo et al., 1990a e b).

Opções			٥	\times
 ✓ Opções do programa — Usuário — Avançado 	Resultados detalhados da simulação			^
Base de dados Resetar as definições de fábrica	Registar valores de radiação difusa e direta Não 🗸			
 ✓ Opções do projeto Rede c.a. Simulação 	Gravar curvas características para módulos Não 🗸			
– Limites de configuração – Configuração automática – Relatório	Parâmetros para as áreas de módulos			
Resultados da simulação	Inserir as áreas de módulos separadamente			
	Perdas de potência devido a queda da tensão nos diodos de desvio 0,5 %			
	Perdas de potência devido a Mismatch ou menor rendimento 2,0 %			
	Usando micro-inversores e otimizadores de potência não são consideradas quaisquer perdas de Mismatching.			L
	Reflexão do solo (abedo)			
	Albedo médio ao longo do ano Albedo em valores mensais 20 %			
	Jan Fev Mar Abr Maio Jun Jul Ago Set Out Nov Dez			
	2016 2016 2016 2016 2016 2016 2016 2016			
	Perdas de potência devido a sujeira nos módulos fotovoltaicos			
	Sujeira ao longo do ano OSujeira em valores mensais 0,0 %			
	Jan Fev Mar Abr Maio Jun Jul Ago Set Out Nov Dez 0,0 % 0,0 % 0,0 % 0,0 % 0,0 % 0,0 % 0,0 % 0,0 % 0,0 % 0,0 % 0,0 % 0,0 %			
Salvar como padrão Resetar a padrão	۲	ОК	Cancela	ar

Figura 17 - Continuação dos dados sobre a simulação.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Em "limites de configuração" é possível inserir os dados sobre a tensão e corrente que o *software* vai responder quando escolher o inversor (Figura 18), abaixo tem-se a opção para colocar a temperatura máxima e mínima históricas da cidade em que vai ser instalado o sistema.

Sabendo que a temperatura tem influência direta na tensão da saída dos módulos, o simulador pode afirmar se a *string* escolhida está correta ou se vai exceder o limite de tensão do inversor.

Na etapa sobre circuito aberto - quando o sol não está gerando energia ainda - e é muito importante para locais frios em que a temperatura fica ainda mais baixa (Figura 19).

Após a inserção desses dados existe a opção de "salvar como padrão" para que o projeto possa ficar salvo para outros projetos e por fim, precisa selecionar a opção "ok". (Figura 19)

Opções					– 0 ×
 ✓ Opcies do programa Uquério Base de dados Base de dados Resetar as definições de fábrica ✓ Opcies do projeto Rede c.a. Simulação 	Tolerâncias Fator dimensionamento em % , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	90,0 100,0 60 70 80 90 100	0 120,0 140, 1 10 120 130 140	0 iso ico i70 iso	190 200 210 220
Conformação automática - Conformação automática - Relatório - Resultados da simulação	Tensão abaixo da tensão PMP mínima em %	0,0 5,0 0 i0 i0 i0 i0	40 50 60) 70 έο	
	Tensão acima da tensão PMP máxima em %	0,0 5,0 0 10 20 30	40 50 60) 70 80	
	Corrente acima da corrente de entrada máxima em %	0,0 5,0 0 10 20 30	40 50 60) 70 so	
				Legenda	1: Faixa ideal Faixa tolerada Faixa não permitida
	 Desbalanceamento de fases Tensão máxima do sistema (adicionalmente aos valores informados pelos fabricantes) 	4,60 ↓ kVA 1000 ↓ V			_
	Parâmetros climáticos usados no cálculo das ten	sões do módulo			
	Irradiação 1000 W/m²	Temperatura 70 °C			~
Salvar como padrão Resetar a padrão					OK Cancelar

Figura 18 - Página sobre o limite de configurações.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Figura 19 - Continuação da página de limite de configurações.

Opções										- 0	×
 ✓ Op;ões do programa Usuário Avançado Base de dados 	Tensão abaixo da tensão PMP mínima em %	0,0 5,0 0 10	20	30	40	50	60	70	80		^
Resetar as definições de tabrica ✓ Opções do projeto Rede c.a. Simulação Umites de configuração Configuração automática	Tensão acima da tensão PMP máxima em %	0,0 5,0	20	30	40	50	60	70	80		1
-Relatório Resultados da simulação	Corrente acima da corrente de entrada máxima em %	0,0 5,0	20	30	40	50	60	70	80		
										Legenda: Faixa ideal Faixa tolerada Faixa não permitida	
	 Desbalanceamento de fases Tensão máxima do sistema (adicionalmente aos valores informados pelos fabricantes) 	4,60									
	Parâmetros climáticos usados no cálculo das te	nsões do módulo									
	Verificação da tensão PMP mínima Irradiação 1000 W/m²	Temperatura	70 °C								
	Verificação da tensão PMP máxima Irradiação 1000 W/m²	Temperatura	15 °C								
	Verificação da tensão máxima em circuito aberto Irradiação 1000 W/m²	Temperatura	-10 °C								
	Sistemas nos EUA: Calcular as temperaturas com ba	se no National Electrica	I Code®								
Salvar como padrão Resetar a padrão										() ОК С	× ancelar

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Em seguida, ao selecionar a "seta" azul para a direita fica a etapa de cadastro do sistema onde pode colocar os dados do projeto (Figura 20).

PV*SOL 2022 (R7) Versão de teste		– 0 ×
Arquivo Base de dados Opções Idioma Ajuda		Status BD: Online Acesso: Automático
00 P 🗋 🖻 🕶 🎾 Ø	8≥ \$€ 🖩 🖻	PV
Dados do projeto Número da proposta Responsável Dados do cliente Número de cliente Número de cliente Contato Enpresa Telefone Frail E-mail Endrespo	Inicio da operação Nome do projeto Imagem do projeto Imagem do projeto Descrição do projeto Endereço da Instaleção	Dedos do projeto Nome do projeto Tipo de sistema frequencia de la conservación Tipo de sistema frequencia de la conservación Tipo de sistema frequencia de la conservación de
		Análise financeira 🗸 🗸

Figura 20 - Janela de dados do projeto.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Ao selecionar a "seta" azul novamente, mais etapas sobre o projeto aparecem, inicialmente com opções de tipos de projeto e é mais comum a utilização da opção "Sistema Fotovoltaico Com Consumo", no qual pode colocar o consumo dos últimos 12 meses e que resulta em informações sobre os módulos e inversores, ou a opção "Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede" que serve para saber quanto de energia o sistema vai gerar e existem outras temáticas que são menos utilizadas.

Na mesma página, na parte inferior, ó possível escolher país e cidade, assim que selecionada essas opções o *software* responde com a soma anual da irradiação global e a média anual da temperatura, latitude e longitude do local.

Já na opção "rede c.a" é possível inserir o tipo de rede do sistema (Figura 21).

uivo Base de dados	Opcões Idioma Aiuda		Status BD: Online Acesso: Automát
0	D 💽 🗭 🎾 🖉 🚼 🎗	€ 🖩 🖻	PV
po de sistema, d ipo de sistema Sistema fv conectado à	clima e rede	kWh	 Numero da propo Responsável. Inicio da operação 27/11/2022 Tipo de sistema Sistema for conectado Dados dináticos Maceo, BRA Intervaio da simu Initração da simu Initração da social da simu Não Hódulos fotovoltacos Área do módulo Pados do módulo Dados dos módulos 200 Wp - 5 polynystal Federicas Exemple
ipo de modelagem Modelar s Esta funç	sistema em 3D Zio está disponível somente no PV*SOL premium	Intervalo da simulação () 1 hora (simulação mais rápida) () 1 minuto (simulação mais precisa)	Numero de modulos 18 Potênia do gera 3,6 KWp Indinação 30° Orientação 180° Situação de mont Paralelo ao telhado - b
lados climáticos País Brasil	Local 🗸 🗸 🗸 Macelo (1996-2015, Meteonorm 8.1) 🗸 🍯	Rede c.a.	Inversion Poténcia total 3,4 kW ⊙ Área do módulo Área do módulo 1 Inversor 1 1 MPP - 1700 W Quantidade 2 Pábricante Example
Latitude Longitude	-9° 40' 1" (-9,67°) Soma anual da irradiação global 1986 kWh/m² -35° 42' 0" (-35,7°)	Tensão (N-L1) 127 V Quantidade de fases 3-fásico	Contiguração PMP 1: 1 x 9 Fator dimension 105,9 %
Fuso horário Período Fonte	UTC-3 Média anual da temperatura 25,1 °C 1996 - 2015 Meteonorm 8.1	Limitação da potência de Não njeção	Cabos Perda total 0 % (0 W) Análise financeira Custos de investi 8.000,00 R\$/kWp

Figura 21 - Tipo de sistema, clima e rede.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Dando continuidade com a "seta" azul é possível adicionar o consumo de energia elétrica mês a mês inserindo os dados na opção "consumo mensal/anual" que oferece a opção de inserir ambos os consumos e resulta em uma demonstração com gráfico de barras (Figura 22). Essa modalidade existe na escolha do "Sistema Fotovoltaico Com Consumo" mostrado na etapa anterior, caso contrário essa janela não seria uma possibilidade.

PV*SOL 2022 (R7) Versão de teste			- 🗆 ×
Arquivo Base d	e dados Opções Idioma Ajuda		▲ (Status BD: Offline Acesso: Automático
00	P 🗋 🔒 😣	Perfil de carga resultante do	Consumo mensal/anual, sistema de compensação de − □ ×	PV
Consumo	NOME	Nome	Novo	projeto ojeto propo
Valorer mens	Adicionar consumo	1 Período da tarifa	Se houver mais que um período de tarifa, então defina primeiro a tarifa na tela Análise Financera e retorne depois para preencher o consumo na tabela abaixo.	el eração 27/11/2022 stema, clima e rede
	Carpet Mot Serie temporal	 Valor anual Valores mensais 	Periodo da tarifa 1 [kivih] Valor anual 0	bitos Maceio, BRA a simu 1h 127 V, 3-fásico, cos φ a pot Não
a em kwh				stal 0 kWh ma 0,0 kW dos d 1 h
Energi				idulo Área do módulo 1 módulos 200 Wp - Si polycrystal Example módulos 18 I gera 3,6 kWp
	Jan Fev Mar Abr		OK Cancelar	180° mont Paralelo ao telhado - b
. Defen e ere			Consumo total anual 0 kWh Carga máxima 0,0 kW • kres do mú Inversor 1 Quentidas	tal 3,4 kW idulo Área do módulo 1 1 MPP - 1700 W de 2
A tarifa de c	nsumo. consumo selecionada não é válida para o país do	registro climático.	Fabricante Coontra	ção PMP 1: 1 x 9

Figura 22 - Janela sobre o consumo de energia elétrica.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Avançando na simulação utilizando a "seta" azul para a direita, vem a próxima etapa que é responsável pelas informações do módulo fotovoltaico que será utilizado no projeto.

A primeira caixa de entrada disponibiliza opções sobre o fabricante, e caso não seja visível a opção escolhida o *software* permite cadastro de novos produtos no banco de dados. A aba ao lado se refere a um botão que pede o tipo do módulo (Figura 23).

Na parte inferior existem botões que possibilitam a entrada de informações se já existir um sistema fotovoltaico pronto, que pede o número de módulos fotovoltaicos e o inversor, mas se o objetivo for que o *software* calcule quantos módulos vão ser necessários em função daqueles parâmetros cadastrados no início da simulação a opção escolhida é o botão "calcular em relação ao consumo" (Figura 23) que pode inserir a porcentagem do consumo que deseja ser compensada e seleciona o botão "ok". Essas informações vão gerar os dados sobre a quantidade de módulos necessários para o consumo do projeto (Figura 24).

Na página demonstrada na Figura 23, o *software* possibilita a inserção de dados sobre a localização que serão instalados os módulos fotovoltaicos e a opção é escolhida de acordo com o perfil do projeto (Figura 25), além disso, é possível inserir parâmetros sobre a inclinação do telhado e a orientação do sistema.

Modulos fotovoltaicos * Faes do nódulo 1 Sombreamento Degradação do módulo - Photo Pien - Previeão fotográfica da cobertura do teñvado - O cupação gráfica Nimero de módulos Blace do modulos - Photo Pien - Previeão fotográfica da cobertura do teñvado - O cupação gráfica Nimero de módulos Blace 3.60 @ KWp Studição de montagem Resteamento Indinação 30 @ * Blace 3.00 @ * Diagente	A Status BD: Offine Acesso: Auto
□ Photo Plan - Previdão fotográfica do cobertura do telhado □ Ocupação gráfica Número de módulos 13 😨 3,60 😨 KVp Stuação de montagem Image: Stuação de montagem Stuação de montagem Rastreamento Nerhum Inclinação Job 🚆 * Image: Stuação Stuação Orientação Job 🚆 * Image: Stuação	Dados do projeto Nome do projeto Niere do propos. Responsível Inicio da operação 27/11/2022 Tipo de sistema, clima e rede Topo de sistema Sistema frometado. Dados dimitistos Minicio, BRA
Shuqão de montagem Paralelo ao telhado - boa ventil v Rastreamento Nenhum V Indinação 30 2 • 1 0 0 Orientação 180 2 • 0 0	Intervalo da simu 1h Rede c.a. 127 V, 3-fásico, cos φ Limitação da pot Não Consumo Consumo total 0 kWh Carga máxima 0,0 kW Resolução dos d 1h
ŝ	Hódulos fotoveltaicos O krea do módulo A krea do módulo 1 Dedos dos módulos 200 krss Społyczystał Pałoncante Example Nalemo do módulos 200 krss Społyczystał Połoncante Example Nalemo do módulos 200 krss Społyczystał Ocentacji do modulos 200 krss Społyczystał Ocentacji do modulos 200 krss Społyczystał Stłuacjia de mont Paralelos ao telhado - b
A simular 1909 2.4 Second and a generative totovottaliou 2.4 SK Area do genador fotovottalico 20,2 SK	p Potência total 3,4 kW ⊙ Área do módulo 1 Inversor 1 1 MPP - 1700 W

Figura 23 - Informações sobre o módulo fotovoltaico.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Figura 24 - Etapa sobre a inserção de parâmetros para o cálculo das células fotovoltaicas.

PV*SOL 2022 (R7) Versão Arquivo Base de dados	de teste Opções Idioma	Ajuda	P 1 0 1	\$€ 🕅				- G >
Módulos fotovolta	aicos							Dados do projeto Nome do projeto
Area do módule Sombreamento Degradação do mód	o 1 dulo	Fabricante Example Seleção somente Photo Plan - Prev	dos favoritos são fotográfica da cobertura do teĥado	Má dulo Totovoltárco 200 Wp - Si polycrystal				$\label{eq:response} \begin{split} &N_{\text{mero}} dap ropo_{-}\\ &Responsive\\ Inico da operação & 27/11/2022 \end{split}$
	Relação entre en	Ocupação gráfica ergia fotovoltaica i a	(.c.) e consumo — — — X	<u>Calcular em relaçã</u>	o ao consumo		ł	Consumo total 0 kWh Caraga máxima 0,0 kW Resolução dos d 1 h Módulos fotovoltaicos © Área do módulo 1
	Consumo anual		0, kWh					Dados dos módulos 200 Wp - Si polycrystal Patricante Example Nimero de módulos 18 Potência do gera 3,6 kWp Inclinação 30° Orientação 180° Situação de mont Paralelo ao telhado - b
 Defina o consumo. A tarifa de consumo se 	elecionada não é válida	para o país do regist	OK Cancelar	10	Potër Ai	cia do gerador fotovoltaico ea do gerador fotovoltaico	✓ 3,6 kWp 30,2 m ²	Inversor Potěncia total 3.4 kea do módulo 1.1 MPP - 1700 W Quantidade 2. Fabricante Configuração PMP 1: 1 x 9

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Figura	25 -	Opções	sobre o	perfil	de	instalação	do	projeto.
0		1.5		I ·		5		r J

Arguivo Base de dados Opções Idom Idom Idom Idom Idom	a Auda ▶ ⊗ 🗪 🗯 Ø 🚰 \$€ 📰 🕒	Status BD: Offline Acesso: Automático
Módulos fotovoltaicos	Fabricante Módulo fotovoltaco isorgéa iolo W/p sis rokyczystaline iolo W/p sis rokyczystaline Seleção somente dos favoritos iolo W/p sis rokyczystaline iolo W/p sis rokyczystaline Photo Plan - Previsão fotográfica da cober tura do tehado o ocupação gráfica O cupação gráfica Isile 3,60 W/p Calcular em relação ao consumo Stituação de montagem Paralelo ao telhado - boa ventilição trans Indinação Montagem elevada - telhado rem sen posição trans Indinação Montagem flutuante	Consumo total OkWh Carga máxima O.0kWh Carga máxima O.0kW Resoluçida da In
	Polisiva do gerador fotovaltaico 3,6. Area do gerador fotovaltaico 30,7	V Inversor VVp Potěnia total 3,4 kW 2 m² Č Área do módulo Área do módulo Inversor 1 1 MPP - 1700 W Quantidade 2
 Defina o consumo. A tarifa de consumo selecionada não é v 	álide para o país do registro climático.	Fabricante Example Configuração PMP 1: 1 × 9 Fator dimension 105,9 %

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Na parte inferior, ainda na mesma página sobre as informações do módulo fotovoltaico, é possível inserir dados sobre o sombreamento do local que vai ser instalado o projeto.

Na opção PVSOL *premium* é possível inserir dados sobre as perdas por sombreamento em 3D e obter a porcentagem com mais exatidão (Figura 26).

PV*SOL 2022 (R7) Versão de teste	- o ×
Arquivo Base de dados Opções Idoma Ajuda	🔥 Status BD: Offline Acesso: Automático
◦ • ▶ 🗋 🖻 ⊗ 💌 🗯 ϭ 🛱 \$€ 🖩 🖻	
Módulos fotovoltaicos	Pados do projeto Nome do
Potenda do gerador totovoltaco 3,6 KWp Area do gerador fotovoltaco 30,2 m²	Inversor Potěnda total 3,4 kW S Area do módulo Area do módulo 1 Inversor 1 1 MPP - 1700 W
Defina o consumo. A tarifa de consumo selecionada não é válida para o país do registro climático.	Quantidade 2 Fabricante Example Configuração PHP 1: 1 x 9 Fator dimension 105,9 %

Figura 26 - Etapa sobre perdas por sombreamento.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Mais abaixo na página sobre as informações do módulo, existe a aba "degradação do módulo" e a informação pode ser obtida no *datasheet* (documento que contém os parâmetros técnicos do modulo) dos módulos, que na maioria dos casos informa que, a partir de 25 anos de utilização o módulo fica com, no mínimo, 80% da sua capacidade total de geração, pois existe perda de potência com o decorrer dos anos e o *software* gera um gráfico linear contendo os parâmetros inseridos (Figura 27).

PV*SOL 2022 (R7) Versão de teste				- ø ×
Arquivo Base de dados Opções Idioma	i Ajuda			🔥 Status BD: Offline Acesso: Automático
G O 🤌 🗋	2 🛛 💌 🐉 🔇	⊃ ¦≊ \$€ ■ 🖻		PV
Módulos fotovoltaicos			•	A Dados do projeto
Area do módulo 1 Sombreamento Degradação do módulo	Degradação do módulo	Utnear Deponencial Anos Z5 0%		Nome do projeto Nomero da propo Responsável Trico da operação 27/11/2022 Tipo de sistemas Satema for conectado Dados dantácios A Macalo, RRA Intervalo da simu 1h Rede c.a. 127/1,546sico, cos g Lintargão da pot Não
	120 -	Degradação do módulo		Consumo Consumo total 0 kWh Carga máxima 0,0 kW Resolução dos d 1 h
		8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 Tempo em anos	23 24 25 26 27 28 29 30	Hódulos fotovoltaicos Área do módulo 1 Deder do módulo 2001p - Spolycrystal Deder do módulos 2001p - Spolycrystal Deternica do gera Indinação 30° Orientação 30° Orientação 30° Orientação 30°
 Defina o consumo. A tarifá de consumo selecionada não é vá 	ida para o país do registro climático.	Ρ	otência do gerador fotovoltaico 3,6 KWp Area do gerador fotovoltaico 30,2 m ³	Inversor Poténsia tota 3,4 kW Área do módulo Área do módulo 1 Inversor 1 1MPP - 1700 W Quantidade 2 Pabricante Example Configuração PMP 1:1 x 9 Fabor dimensiona: 105.9 %

Figura 27 - Etapa de degradação do módulo.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Dando continuidade, a próxima opção é sobre a escolha do inversor. A primeira etapa é a escolha a marca e em seguida o modelo, a potência tem que ser um pouco menor do que é dado de informação na área do módulo.

Com essas informações, o *software* responde com a quantidade de PMP (*string*) e quantos módulos em série por PMP, os módulos podem ser editados pelo próprio projetista, porém o programa envia um aviso sobre alteração dos dados que não coincidem com o que foi indicado por ele (Figura 28).

PV*SOL 2022 (R7) Versão de teste		- 0 ×
Arquivo Base de dados Opções Idioma	Ajuda	Status BD: Online Acesso: Automático
G O 🤌 🗋	⊵ ⊗ 🐲 🎜 ⊘ 🗗 \$€ 🔳 🖻	PV
Inversor		Dados do projeto
0 ⁴ ⁹ Configurar áreas de módulos juntas 0 ⁴ w ³ → V Área do módulo 1	Padrão Selecão de Inversorer: para a configuração automática: Adequado: 0 / Seleção: 0 SolarEdge * Propor configuração Selecionar configuração	Nome do projeto Número da propo Responsável Inicio da operação 27/11/2022 Tipo de sistema, clima e rede Topo de sistema Sustema fo conectado Dados dimitistos Macalo, BRA
	VERIFICAÇÃ: VALORES POTÊNCIA ✓ CONFIGURAÇÃo: Área do módulo 1	Intervalo da simu 1 h Rede c.a. 127 V, 3-fásico, cos φ Limitação da pot Não Consumo
	INVERSOR 1: Conexão polistring ✓ 2 x Example • @ 1 MPP - 1700 W • Ø 1 MPP - 3,6 KMp = 3,6 KMp	Consumo total 0 kWh Carga máxima 0,0 kW Resolução dos d 1 h
	Outridou de potencia PMP 1: [] String x @ Módulos em série	Módulos fotovoltaicos ⊘ Área do módulo 1 Dados dos módulo 200 Wp - Si polycrystal Fabricante Example Número de módulos 18 Potópnia de nera 36 Win
	Área do módulo: Configura	Incinação 30° Orientação 180° Situação de mont Paralelo ao telhado - b
	[Årea do módulo 1] 18 x	Potência total 3,4 kW Sárea do módulo Área do módulo 1 Inversor 1 1MPP - 1700 W
 Defina o consumo. A tarifa de consumo selecionada não é vál 	da para o país do registro dimático.	Quanddade 2 Fabricante Example Configuração PMP 1: 1 × 9 Fator dimension 105,9 %

Figura 28 - Página sobre inversor de frequência.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

A próxima etapa fala sobre o dimensionamento de cabos, na qual é importante a inserção de dados sobre "entrada de perda nos cabos" que varia entre perdas "detalhadas" e "perda total" (Figura 29).

📅 PV*SOL 2022 (R7) Versão de teste		-	0	×
Arquivo Base de dados Opções Idoma Ajuda	Status BD	: Online Aces:	io: Automá	tico
○ ○			PV	/
Cabos Entrade de perde nos cabos O Detahada @ Perde total 0,00 % Detahada @ Perde total 0,00 % Detahada	 Dados do projeto Nome do projeto Número da propo Responsável Inicio da operação Tipo de sistema, cl Tipo de sistema Dados climáticos Intervalo da simu Rede c.a. Limitação da pot 	27/11/2022 ima e rede Sistema fv coni Maceio, BRA 1h 127 V, 3-fásico Wão	ectado , cos φ	^
A A Area do módulo 1 Cabos a.c. (Todosos inversores) Cabos para 1 MPP - 1700 W (2x)	Consumo Consumo total	D kWh		
Simbolos antes da carga (A) Nome Info Simbolo regional da carga (A) Meddor de injeção	Carga máxima Resolução dos d Hódulos fotovoltai Ó área do módulo Dados dos módulos Fabricante Número de módulos Potência do gera Indinação Orientação Situação de mont	0,0 kW 1 h cos 200 Wp - Si pol Example 18 3,6 kWp 30° 180° Paralelo ao tell) 1 ycrystal iado - b	
Resumo de todos os cabos > Defina o consumo.	Inversor Potência total Área do módulo Inversor 1 Quantidade Fabricante Configuração Fator dimension	3,4 kW Área do móduk 1 MPP - 1700 V 2 Example PMP 1: 1 x 9 105,9 %) 1 /	v

Figura 29 - Dimensionamento dos cabos.

Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

Em seguida, a próxima etapa gera o diagrama unifilar com todos os parâmetros necessários para a instalação do sistema solar fotovoltaico.

Na *interface* seguinte é disponibilizada a página inicial para o cálculo financeiro e a última etapa, passando a "seta" azul para a direita, é para fazer a simulação durante os 365 dias do ano, em forma de gráficos, com os resultados sobre a energia gerada e o consumo energético (Figura 30).

Figura 30 – Ícones de acesso para as últimas etapas do projeto.



Fonte: Adaptado do software PVSOL (2022).

5 DIFERENÇA ENTRE PVSYST E PVSOL

O PVSyst e o PVSol são diferentes *softwares* que possuem conhecimento no setor de energia solar e proporcionam alta confiabilidade, porém cada ferramenta dispõe de uma particularidade e se encaixa melhor para determinado procedimento e objetivo.

O *PVSol* é recomendado para projetos *rooftop* por ter a facilidade em efetuar simulações utilizando-se de estruturas modulares com cálculos feitos para o sombreamento da região, além disso, é possível dimensionar e fazer inserção de cabos que serão utilizados, exportar diagramas e o layout da conexão de *strings* e módulos do modelo 3D para o *software autocad*, otimizando o processo. Outra vantagem é a possibilidade da realização da análise energética do sistema e o fluxo financeiro do projeto.

Já no PVSyst, a *interface* é mais complicada, menos intuitiva e precisa de mais tempo de aprendizado para utilizar. Porém, possui dentro das vantagens, a popularidade e o tempo dentro do mercado.

Além disso, ele é utilizado e possui grande reconhecimento quando se trata do dimensionamento de grandes usinas, possui o diferencial do levantamento topográfico do terreno dentro do próprio *software*, já no PVSol é mais complicado o levantamento de usinas de solo e há dificuldade por ter o limite da utilização de módulos que não pode ultrapassar os 7500 no modelo 3D e isso faz com que a potência seja limitada.

6 APLICAÇÃO DOS SOFTWARES PVSYST E PVSOL

Foram realizados dois projetos utilizando PVSyst e PVSol com dados reais para a afirmação de todas as informações trazidas acima.

Após os projetos concluídos, foi realizada uma instalação solar fotovoltaica projetada a partir dos dois *softwares* em estudo.

O projeto foi efetuado na cidade de Colônia Leopoldina no estado de Alagoas que possui uma latitude -8,9105 e longitude -35,7165. O sistema foi composto por 18 painéis fotovoltaicos, da marca Canadian com 365W de potência e sendo policristalinos, com uma *string* com 8 painéis voltada para o norte e outra *string* de 10 painéis direcionada ao oeste.

Para a realização do levantamento de ambos os projetos, inicialmente, foi feita a seleção do local da instalação que assim, os *softwares* são capazes de puxar dados como da radiação solar.

Em seguida, foi feita a inserção dos dados da temperatura que o sistema vai operar, onde a temperatura de operação no inverno foi 20°C e para o verão, 50°C.

O fator de perda inserido foi de $20W/m^2k$ e o fator anual de perda de 3%.

No PVSyst foi feito o desenho utilizando ferramentas sólidas para poder se aproximar mais do real e assim, alguns pontos de sombreamento ficam de fora (Figura 31).



Figura 31 - Definição da disposição dos módulos no software PVSyst.

Fonte: Adaptado do software PVSyst (2022).

Já no PVSol foi possível gerar o arquivo em 3D utilizando o ponto a ponto de imagens feitas por um drone e dessa forma foi possível identificar melhor os sombreamentos vizinhos (Figura 32).



Figura 32 - Visualização 3D da disposição do projeto no software PVSol.

Fonte: Adaptado do software PVSol (2022).

A distribuição das placas e todo o projeto foi delimitado pelos *softwares* PVSYST e PVSol. Na Figura 33 é possível visualizar o resultado do projeto colocado em prática.

A simulação, tanto no PVSyst quanto no PVSol, levou em consideração as condições reais do projeto, onde 8 painéis ficaram voltados para o Norte com azimute de 0° e o telhado com angulação de 12° e a outra parte, com 10 painéis, ficou orientada a oeste com azimute de 90° e angulação de 6°.

De acordo com os dois projetos realizados, foi levado em consideração o *software* PVSol que apresentou maior confiabilidade e assim, foi realizada a instalação dos painéis fotovoltaicos (Figura 33) seguindo as exigências solicitadas pelo projeto.



Fonte: Autor (2022).

Por fim, foi montada uma tabela (Tabela 2) comparativa das estimativas de geração de energia em KWh de janeiro até o mês de outubro entre os dois *softwares* em estudo e o real após a instalação do projeto e foi utilizado o cálculo de erro como mostra na fórmula 1.

Dessa forma foi possível fazer uma breve análise sobre qual o *software* que demonstrou melhor desempenho para o projeto em questão.

$$Erro = \frac{|Estimado-Real|}{Real} \times 100$$
 Fórmula 1

COMPARATIVO ENTRE OS SOFTWARES							
MÊS.22	PVSol	PVSyst	Real	Erro PVSol	Erro PVSyst		
Janeiro	830,94	875	884,5	6,05539853	1,074053137		
Fevereiro	770,02	781,9	825,9	6,765952294	5,327521492		
Março	870	763,6	781	11,39564661	2,227912932		
Abril	748,19	795	766,6	2,401513175	3,704669971		
Maio	656,01	725,7	626	4,793929712	15,92651757		
Junho	558,8	639,6	572	2,307692308	11,81818182		
Julho	602,47	652,5	600,5	0,32805995	8,659450458		
Agosto	708,74	756	688,1	2,999564017	9,86775178		
Setembro	777,63	724,4	758,5	2,522083059	4,495715227		
Outubro	833,64	873,6	848,8	1,786050895	2,921771913		
TOTAL	7356,44	7587,3	7351,9	0,061752744	3,201893388		

Tabela 2 - Comparativo entre a estimativa de geração de energia e o real

Fonte: Autor (2022).

A partir disso foi construído um gráfico para melhor análise, dessa forma foi possível enxergar que nos primeiros meses o *software* que mais se aproximou do real foi o PVSyst pois o erro foi menor, mas a partir do mês de abril o que mais se destacou foi o PVSol que teve o erro bem mais abaixo que o outro.



Figura 34 - Comparativo entre os erros dos softwares.

Fonte: Autor (2022).

7 CONCLUSÃO

Existem diferentes modelagens computacionais com o objetivo em realizar projeto de energia solar fotovoltaica que oferecem diferentes vantagens, mas é importante a avaliação do projetista para a escolha do que será utilizado para determinado perfil do projeto, e é comum que a escolha fique delimitada entre os *softwares* PVSyst e PVSol devido a demanda e a confiabilidade conquistada por ambos, no setor.

Foi possível notar uma diferença entre a geração estimada dos dois *softwares* e a geração real, e isso se deu devido a permissão da entrada de arquivos em 3D que existe no PVSol, no qual possibilita a simulação da área do projeto e a captação de parâmetros que podem gerar problemas para a geração, pois é permitido o acesso aos obstáculos de até 100 metros tanto para Leste como para Oeste, como por exemplo a detectação do sombreamento. Já o PVSyst, não possibilita a entrada de arquivos em 3D e existe a utilização de desenhos projetados de forma artesanal.

Mais dificuldades foram encontradas quanto à utilização do PVSyst, pois foram identificadas burocracias maiores na sua utilização e uma *interface* mais complicada. Além disso, o PVSol faz a utilização de parâmetros do projeto pré-definidos, coisa que não acontece com o PVSyst, visto que ele libera a edição de muitos dos dados.

Nesse sentido, conclui-se que para o projeto em questão, o *software* que teve maior desempenho foi o PVSol.

A demonstração da utilização foi realizada a fim de confirmar a importância de sua utilização para a construção de um projeto solar fotovoltaico, e por fim, o comparativo abordado obteve o intuito de corroborar que não existe uma melhor escolha entre os dois, visto que cada um obtém a sua particularidade e as suas vantagens para determinados perfis.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Brasil ultrapassa marca de 10 GW em micro e minigeração distribuída. 2022. Disponível em: <u>https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/brasil-ultrapassa-marca-de-10-</u> gw-em-micro-e-minigeracao-distribuida. Acesso em: 12 de dezembro de 2022.

ANDRADE, Caio Vinícius Aguiar. Análise da inserção de armazenadores de energia na rede elétrica de distribuição. Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília. Brasília, 2016. Disponível em: https://fga.unb.br/articles/0001/6659/Caio_Andrade_TCC_1.pdf>. Acesso em: 19 de setembro de 2020.

AZEVEDO, P.V.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; SOUZA, I.F. Balanço de radiação sobre culturas, nas condições semi-áridas do cariri paraibano. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 4, Salvador, BA. Anais... I. 1990a, p. 33-38.

BBC NEWS, "Risco de apagões em 2021 é baixo, mas 2022 preocupa, alerta representante de indústria de máquinas", 05/10/2021. Disponível em: < https://www.bbc.com/portuguese/brasil-58431070>. Acesso em: 24 de setembro de 2020

BLAD, B.L.; BAKER, D.G. Reflected radiation from a soybean crop. Agronomy Journal, Madison, v.64, p.277-280, 1972.

BRITO, Kal-El Basílio et al. Estudo de caso de um projeto de unidade de captação de energia fotovoltaica empregando o *software* PVsyst. 2015.

CAMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA - CCEE, "Consumo de energia elétrica cresce 4,1% em 2021, aponta CCEE". 2022. Disponível em: https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/consumo-de-energia-eletrica-cresce-4-1-em-2021-aponta-ccee>. Acesso em: 14 de dezembro de 2022.

DE OLIVEIRA, Thalles Rodrigues; JÚNIOR, Walteno Martins Parreira. UM ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE FONTES ALTERNATIVAS. Intercursos Revista Científica, v. 11, n. 2, 2012. LEITÃO, M.M.V.B.R. Balanço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada. Campina Grande, PB:UFPB. 1989, 110p. Dissertação Mestrado. DCA/CMM – TD no 03

GALLE, Vicente Veloso. Estudo da estimativa de geração de energia solar fotovoltaica do software PV* SOL em sistemas residenciais de até 4 kW conectados à rede elétrica. 2019.

GOLDEMBERG, J; Villanueva, L. D. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento. Edusp. São Paulo, 2003.

SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. ENERGIA SOLAR: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG. Simpósio de excelência em Gestão e Tecnologia, XIII, Rio de Janeiro, RJ, 2016.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 1ª ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.

ZANELLA, L.C.H. Metodologia de Estudo e de Pesquisa em Administração. Florianópolis: Departamento de Ciências da Admnistração/UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2009.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. BA.; OLIVEIRA, S. H. F. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.