

Elias Heuko da Silveira

**Desenvolvimento de Uma Ferramenta  
Computacional Utilizando Visual Basic for  
Applications (VBA) Para Consultoria no  
Projeto de Geradores Fotovoltáicos Residenciais**

Alegrete, RS

14 de dezembro de 2018

Elias Heuko da Silveira

**Desenvolvimento de Uma Ferramenta Computacional  
Utilizando Visual Basic for Applications (VBA) Para  
Consultoria no Projeto de Geradores Fotovoltáicos  
Residenciais**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Sistemas ELétricos de Potência, da Universidade Federal do Pampa (Unipampa, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Elétrica**.

Universidade Federal do Pampa – Unipampa

Curso de Engenharia Elétrica

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Carboni de Mello

Alegrete, RS

14 de dezembro de 2018

**ELIAS HEUKO DA SILVEIRA**

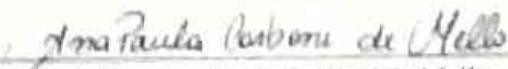
**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL UTILIZANDO VISUAL BASIC  
FOR APPLICATIONS (VBA) PARA CONSULTORIA NO PROJETO DE GERADORES  
FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.


Área de Concentração: Sistemas Elétricos de Potência

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 4 de dezembro de 2018.

Banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Ana Paula Carboni de Mello  
Orientadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Giovanni Guarienti Pozzebon  
UNIPAMPA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sidinei Ghisoni  
UNIPAMPA

# Resumo

O presente documento apresenta as etapas de desenvolvimento de uma ferramenta automatizada para consultoria em projetos de geração de energia fotovoltaica residencial, isoladas ou conectadas à rede elétrica. A ferramenta foi desenvolvida utilizando-se dos recursos de Visual Basic for Applications (VBA), aplicado sobre o software Microsoft Excel. Para tanto, fez-se necessário conhecimentos sobre dimensionamento de sistemas fotovoltaicos como: determinação da demanda a ser atendida, definição do local a ser instalado o gerador, incidência de radiação solar no local, análise de desvio azimutal, configuração do gerador e determinação do inversor e baterias (se houver) mais indicados para a instalação. Além disso, a implementação da ferramenta exige domínio sobre programação em VBA e Macros para Excel a fim de determinar rotinas para realização de cálculos pertinentes ao processo de escolha dos componentes a integrarem o sistema fotovoltaico. Aponta-se como principal característica a possibilidade de alterar em tempo real as configurações do sistema de geração, tornando o aplicativo uma ferramenta cuja principal vantagem é a determinação do orçamento para implementação de acordo com os dispositivos escolhidos. Ainda, foi necessário que a ferramenta, ao ser desenvolvida, estivesse amparada sob a Resolução Normativa Nº 687, de 24 de Novembro de 2015, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL que, em seus autos, define micro e minigeração distribuídas e, também, o sistema de compensação de energia brasileiro. Posto isto, no presente documento consta a descrição do desenvolvimento do trabalho, assim como uma revisão bibliográfica sobre projetos fotovoltaicos. Ao final, o algoritmo comentado é apresentado ao leitor.

**Palavras-chave:** Sistemas fotovoltaicos. Energia solar. Sistemas on-grid. Sistemas off-grid. Visual Basic for Applications - VBA.

# Abstract

The present document presents as stages of development of an automated survey for the consulting on projects of generation of photovoltaic energy, residential or connected to the electric grid. The tool was developed using Visual Basic for Applications (VBA) features, applied over the Excel Microsoft software. In order to do so, it was necessary to design resources of photovoltaic systems such as: the precision of the solar demand, the definition of the local energy generator, the incidence of solar energy in the place, the analysis of azimuthal deviation, the configuration of the generator and the determination of the inverter and batteries for more installation. In addition, there is a license implementation for running VBA and Macros for Excel and for executing component selection processes to integrate the photovoltaic system. Aim the main feature of chance to change the time as the generation system wizard, making it a tool with greater decision-making power to implement according to the chosen data. In addition, it is useful, when developed, in force in Normative Resolution No. 687 of November 24, 2015, of the National Electric Energy Agency (ANEEL), which in its records defines distributed micro and mini-generation, and also the system of Brazilian energy compensation. Therefore, no document is present in the description of the work, as well as a bibliographic review on photovoltaics systems. At the end, the commented algorithm is presented to the reader.

**Key-words:** photovoltaics systems. solar energy. on-grid systems. off-grid systems. Visual Basic for Applications (VBA)

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Exemplos de perfis de radiação solar diária para dias ensolarados, nublados e chuvosos, com valores equivalentes em horas de sol de pico (HSP). Fonte: (PINHO et al., 2008) . . . . .	12
Figura 2 – (a) Modelo em blocos de um sistema fotovoltaico isolado da rede elétrica (SFVIR). (b) Modelo em blocos de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (SFVCR). . . . .	13
Figura 3 – Inversor monofásico de ponte completa . . . . .	16
Figura 4 – Onda quadrada gerada pelo chaveamento do circuito de ponte completa (full-bridge) . . . . .	17
Figura 5 – Técnica de modulação por largura de pulso . . . . .	17
Figura 6 – Componentes semicondutores utilizados na construção dos circuitos de chaveamento dos inversores. (A - Anodo, K - Catodo, G - gate, B - base, E - Emissor, C - coletor, D - dreno) . . . . .	20
Figura 7 – Arquitetura do algoritmo VBA . . . . .	28
Figura 8 – Tela inicial do aplicativo. . . . .	29
Figura 9 – Planilha do módulo de cálculo. . . . .	30
Figura 10 – Caixa de combinação para seleção do local onde o sistema de geração será instalado. . . . .	30
Figura 11 – Planilha do banco de dados de cada localidade. . . . .	31
Figura 12 – Campo de exibição das informações contidas no banco de dados sobre a cidade selecionada. . . . .	31
Figura 13 – Módulo de inserção de consumo. . . . .	32
Figura 14 – Formulário para inserção de consumo mensal do último ano. . . . .	32
Figura 15 – Campo de seleção da modalidade tarifária. . . . .	33
Figura 16 – Botão de ignição para o calculo da potência dos painéis. . . . .	34
Figura 17 – Planilha contendo o banco de dados dos painéis fotovoltaicos. . . . .	34
Figura 18 – Campo de seleção do modelo de painel fotovoltaico. . . . .	35
Figura 19 – Módulo de seleção de estruturas para fixação dos painéis fotovoltaicos. . . . .	36
Figura 20 – Planilha do banco de dados contendo os modelos de estruturas disponíveis para seleção. . . . .	36
Figura 21 – Módulo de seleção do modelo de inversor. . . . .	37
Figura 22 – Banco de dados contendo os modelos de inversores disponíveis para seleção no módulo de inversores. . . . .	38
Figura 23 – Planilha contendo o banco de dados com os dispositivos de proteção. . . . .	39
Figura 24 – Módulo de visualização da proteção indicada para o sistema. . . . .	39
Figura 25 – Resultado obtido através do aplicativo disponível no site NeoSolar. . . . .	41

Figura 26 – Resultado obtido para um sistema de geração fotovoltaica para atender uma demanda de 176,4 kWh por mês na localidade de Mafra - SC. . . 41

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>10</b>
1.1.1	Objetivos Gerais	10
1.1.2	Objetivos Especificos	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>O Recurso Solar</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Sistemas Fotovoltaicos</b>	<b>11</b>
2.2.1	Sistemas Fotovoltaicos Isolados da Rede (SFVIR)	12
2.2.2	Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Rede (SFVCR)	13
<b>2.3</b>	<b>Projeto de um Sistema Fotovoltaico</b>	<b>14</b>
2.3.1	Gerador Fotovoltaico	14
2.3.2	Inversor CC-CA	16
2.3.2.1	Inversores Comutados Pela Rede	18
2.3.2.2	Inversores Autocomutados	19
2.3.3	Acumulador (Bateria)	19
2.3.4	Controlador de Carga	20
2.3.5	Projeto Elétrico	21
<b>2.4</b>	<b>Resolução Normativa Número 687 - ANEEL</b>	<b>21</b>
<b>2.5</b>	<b>Visual Basics for Applications (VBA)</b>	<b>23</b>
<b>2.6</b>	<b>Ferramentas de Projeto Existentes</b>	<b>23</b>
2.6.1	PVsys	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA PARA CONSTRUÇÃO DA FERRAMENTA NO VISUAL BASICS FOR APPLICATIONS (VBA)</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Estrutura Proposta</b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Construção da Ferramenta e detalhamentos dos módulos</b>	<b>28</b>
3.2.1	Módulo de Projeto	29
3.2.2	Módulo de Locais	30
3.2.3	Módulo de Consumo	32
3.2.4	Módulo de Modalidade Tarifária	33
3.2.5	Módulo de Painéis	33
3.2.6	Módulo de Estruturas	35
3.2.7	Módulo de Inversor	36
3.2.8	Módulo Proteção	38



<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Estudo de Caso</b> . . . . .	<b>40</b>
4.1.1	Análise dos Dados . . . . .	40
4.1.2	Análise do Projeto a partir da Ferramenta . . . . .	41
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .	<b>44</b>
<b>5.1</b>	<b>Trabalhos Futuros</b> . . . . .	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>46</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>47</b>
	<b>APÊNDICE A – ALGORITMO DESENVOLVIDO PARA A TELA PRINCIPAL O APLICATIVO</b> . . . . .	<b>48</b>
	<b>APÊNDICE B – ALGORITMO DESENVOLVIDO PARA A TELA DE INSERÇÃO DE CONSUMO ANUAL</b> . . . . .	<b>55</b>

# 1 Introdução

A energia elétrica é um fator fundamental no desenvolvimento humano em geral. Sendo assim, precisaremos de cada vez mais energia a fim de promover e garantir o desenvolvimento da espécie. Entretanto, essa demanda cada vez maior prejudica o meio ambiente, seja através da queima de combustíveis fósseis por usinas termoelétricas e automóveis causando o aquecimento global ou a construção de grandes barragens para usinas hidrelétricas que, apesar de serem uma fonte de energia renovável e limpa, afetam o eco-sistema local. Até mesmo a construção de usinas nucleares podem tornar inabitável uma grande área a sua volta devido a contaminações que podem ocorrer em consequência de falhas na operação das mesmas. Diante disto, tem sido colocado grande foco sobre as energias renováveis limpas, que podem nos proporcionar a energia que necessitamos sem afetar de maneira agressiva o meio ambiente em que vivemos, como é o caso de usinas eólicas que utilizam a força dos ventos para gerar eletricidade, usinas maremotrizes que geram energia através do movimento das marés e os módulos fotovoltaicos que convertem diretamente luz do sol em energia elétrica.

Esta última tem se mostrado uma das melhores soluções, já que podem ser instalações de pequeno porte situadas diretamente nas casas dos consumidores para os quais o sistema irá prover eletricidade. Além disso, o sol é a fonte mais abundante de energia disponível à humanidade. Segundo relatórios apresentados pelo projeto GREENPRO (ALTENER; GREENPRO, 2004), a quantidade de energia solar que atinge a superfície da Terra corresponde, aproximadamente, a dez mil vezes à procura global de energia. Assim, teríamos de utilizar apenas 0,01% desta energia para satisfazer a procura energética total da humanidade.

O projeto e dimensionamento de geração fotovoltaica muitas vezes mostra-se repetitivo devido ao fato de ser realizado através de vários passos pré estabelecidos que, normalmente, não se alteram de um projeto para outro.

Baseado nessas considerações, este documento apresenta a proposta de trabalho de conclusão de curso com o desenvolvimento de uma ferramenta automatizada para auxiliar projetistas de sistemas de geração fotovoltaica, dando-lhes informações pertinentes ao projeto e servindo como ferramenta de consultoria tendo como alvo acelerar o processo de dimensionamento do gerador, inversor, banco de baterias e controladores de carga.

## 1.1 Objetivos

Definição do problema: desenvolver uma ferramenta computacional para consultoria em projetos residenciais para geração de energia elétrica fotovoltaica, apresentando para o usuário a informação da potência necessária para o gerador fotovoltaico. Adicionalmente deverá entregar a configuração do sistema e os componentes mais adequados ao projeto.

São objetivos deste Trabalho:

### 1.1.1 Objetivos Gerais

- Desenvolver uma ferramenta automatizada para consultoria em projetos de geração fotovoltaica residencial.

### 1.1.2 Objetivos Especificos

- Desenvolver uma ferramenta que contenha um banco de dados com informações de irradiação global para localidades onde se deseja implementar a geração fotovoltaica;
- Desenvolver uma ferramenta que contenha um banco de dados com informações de fabricantes sobre inversores de frequência;
- Desenvolver uma ferramenta que contenha um banco de dados com informações de fabricantes sobre módulos fotovoltaicos;
- Desenvolver uma ferramenta que contenha um banco de dados com informações de fabricantes sobre estruturas de fixação de painéis fotovoltaicos;
- Desenvolver uma ferramenta que contenha um banco de dados com informações de fabricantes sobre dispositivos de proteção;

## 2 Revisão Bibliográfica

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (efeito fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão (PINHO; GALDINO, 2014)

### 2.1 O Recurso Solar

O primeiro passo para a concepção de um projeto Fotovoltaico (FV) é a determinação da radiação solar global incidente sobre os módulos fotovoltaicos. Estes dados podem estar dispostos na forma de fluxo de potência instantâneo ou valores de energia por unidade de área, chamados de irradiância e irradiação solar, respectivamente. Comumente, estes dados de radiação são apresentados através de valores médios mensais referentes a energia acumulada no decurso de um dia.

Para a estimativa da produção de energia pelos módulos, é conveniente considerar a totalidade da energia convertida em intervalos de tempo. Assim, a melhor maneira de expressar o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia é: o número de Horas de Sol Pleno (*HSP*). Esta grandeza reflete o a quantidade de horas em que a irradiância solar deve permanecer constante e igual a  $1 \text{ kW}/\text{m}^2$ . A figura 1 ajuda na compreensão desta grandeza.

O local onde os painéis fotovoltaicos são efetivamente instalados é determinante para o desempenho do sistema. Elementos de sombreamento ou superfícies reflexivas podem afetar a eficiência. Além disso, a capacidade de trocar calor com o ambiente impacta na eficiência do painel. Em instalações do tipo rooftop (nos telhados) o projetista tem menos liberdade no posicionamento dos painéis.

Quanto a configuração do sistema, deve ser escolhida pelo projetista com base na característica da carga e se o sistema vai ser isolado ou conectado à rede.

### 2.2 Sistemas Fotovoltaicos

O dimensionamento de um sistema fotovoltaico é o ajuste entre a energia radiante recebida do sol pelos módulos fotovoltaicos e a necessidade de suprir a demanda de energia elétrica (PINHO; GALDINO, 2014).

O processo de dimensionamento envolve muitos fatores, tais como a orientação dos módulos, a área ocupada, a quantidade de irradiação solar recebida na localidade, a

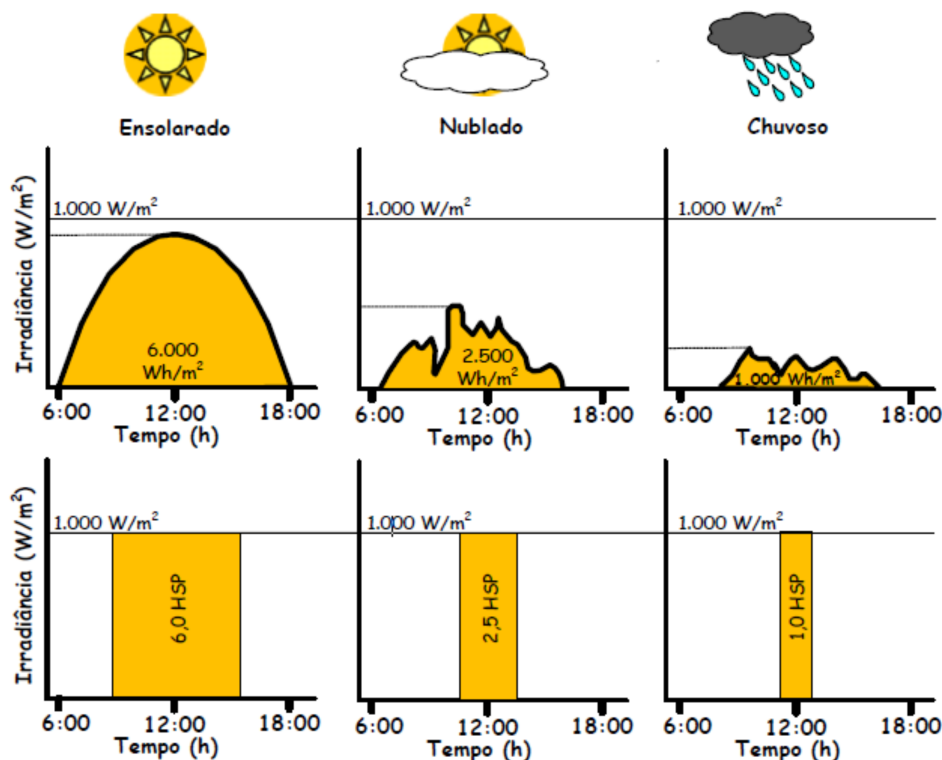


Figura 1 – Exemplos de perfis de radiação solar diária para dias ensolarados, nublados e chuvosos, com valores equivalentes em horas de sol de pico (HSP). Fonte: (PINHO et al., 2008)

demanda de energia a ser atendida, estética, entre outros.

Primeiramente, é necessário relizar a distinção entre sistemas fotovoltaicos isolados (SFVIR) e conectados à rede (SFVCR) elétrica urbana. Nos sistemas isolados é necessário a informação precisa do consumo para que não haja falta ou excesso de energia, enquanto que no segundo caso o cálculo da demanda não precisa se fazer tão exato, visto que pode ser complementada com energia retirada da rede de distribuição. Apesar disso, muitas etapas do processo para dimensionamento de sistemas isolados são requeridos para dimensionar sistemas conectados a rede.

A Figura 6 mostra, na forma de diagrama de blocos, a composição e disposição dos sistemas fotovoltaicos citados acima.

### 2.2.1 Sistemas Fotovoltaicos Isolados da Rede (SFVIR)

Na prática, os sistemas isolados de geração de energia fotovoltaica necessitam de acumuladores (baterias) para compensar a diferença no tempo entre a produção de energia e a solicitação pela carga. A necessidade de acumuladores torna obrigatório uso de controladores de carga, visto que tais acumuladores possuem um limite de energia que pode ser armazenado em seu interior. Sendo assim, num sistema isolado típico constam os seguintes componentes: (ALTENER; GREENPRO, 2004)

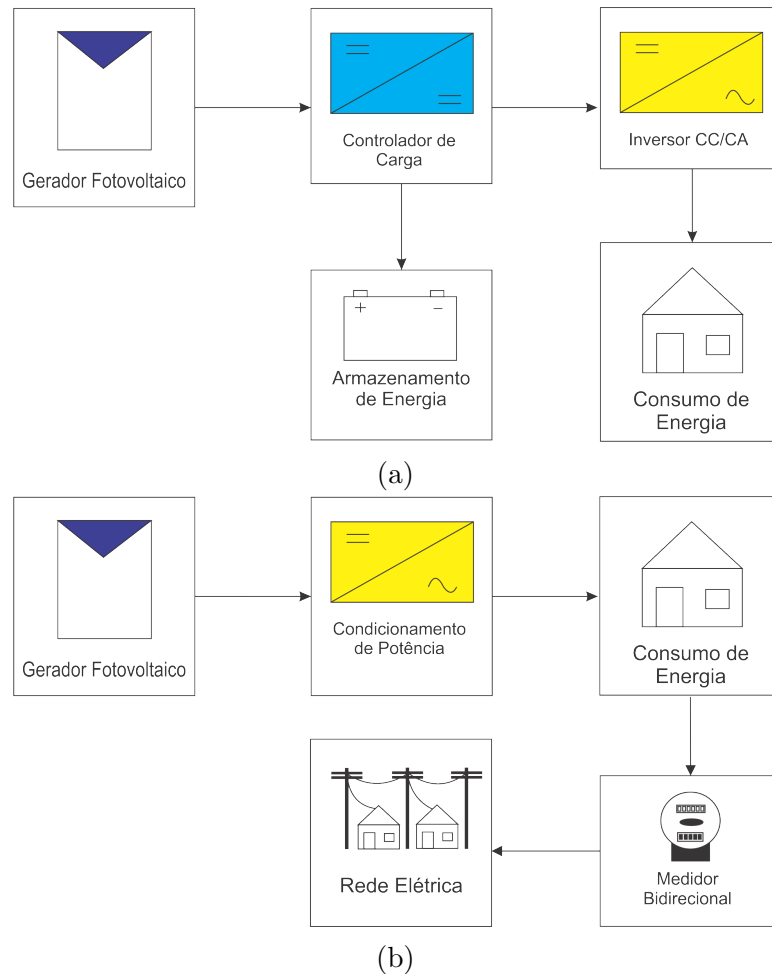


Figura 2 – (a) Modelo em blocos de um sistema fotovoltaico isolado da rede elétrica (SFVIR). (b) Modelo em blocos de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (SFVCR).

- Gerador Fotovoltaico (um ou mais módulos fotovoltaicos, dispostos maioritariamente em paralelo);
- Regulador de Carga;
- Acumulador (Baterias);
- Proteções para o circuito.

### 2.2.2 Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Rede (SFVCR)

O aspecto mais importante de sistemas fotovoltaicos ligados à rede é a sua interligação direta à rede pública elétrica e a consequente troca de energia entre consumidor e concessionária.

Este tipo de sistema é composto, normalmente, pelos seguintes componentes: (ALTENER; GREENPRO, 2004)

- Gerador fotovoltaico (vários módulos fotovoltaicos dispostos em série e em paralelo, com estruturas de suporte e montagem);
- Caixa de junção (equipada com dispositivos de proteção e interruptor de corte principal DC);
- Condutores CC-CA
- Inversor CC-CA
- Mecanismo de proteção e aparelho de medição.

## 2.3 Projeto de um Sistema Fotovoltaico

Segundo o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (PINHO; GALDINO, 2014), as principais etapas para elaboração do projeto de um SFV são:

- Levantamento adequado do recurso solar disponível no local da aplicação;
- Definição da localização e configuração do sistema;
- Levantamento adequado da demanda e consumo de energia elétrica;
- Dimensionamento do gerador fotovoltaico;
- Dimensionamento dos equipamentos de condicionamento de potência que, no caso de; sistemas conectados à rede, se restringe ao inversor para interligação com a rede;
- Dimensionamento do sistema de armazenamento, usualmente associado aos sistemas isolados.

Nas seções subsequentes são descritos, de forma breve, cada componente presente em um sistema fotovoltaico, bem como suas características que devem ser observadas na determinação do dispositivo ideal para o projeto.

### 2.3.1 Gerador Fotovoltaico

A conversão fotovoltaica é baseada em três importantes princípios; excitação dos portadores de carga devido a absorção da luz, separação dos portadores de carga e a coleta dos portadores de carga nos contatos metálicos da célula (banda de condução)(CABRAL, 2001).

Células fotovoltaicas são dispositivos semicondutores que realizam esta tarefa de forma simples, sem gerar nenhum tipo de resíduo. Sua eficiência gira, tipicamente, em

torno de 16% e 20%. Um módulo fotovoltaico é um conjunto de várias células fotovoltaicas. A associação em série das células determina a característica de tensão elétrica do módulo.

Existem várias tecnologias de construção de módulos fotovoltaicos. Os três tipos mais básicos são (GUIMARÃES, 2016):

- Monocristalino
  - Mais eficientes;
  - Feitos com células monocristalinas de silício de alta pureza;
  - Fabricação complexa.
- Policristalino
  - Menor eficiência comparado ao monocristalino;
- Filme Fino.
  - São flexíveis
  - Menos eficientes.

Como a escolha dos módulos fotovoltaicos é feita, normalmente, na fase final do projeto, é importante ter o entendimento de como funciona o Sistema de Compensação de Energia adotado pelo Brasil (Resolução Normativa ANEEL 687/2015) (ANEEL, 2015b).

Nela está disposto que, quando o SFV gerar mais energia do que unidade consumidora estiver demandando, a energia excedente é entregue à rede elétrica da concessionária e o medidor contabiliza essa energia (fluxo contrário). Se a energia demandada pela unidade consumidora for maior do que a gerada pelo SFV, o medidor registra o fluxo convencional. Ao término do mês, se o balanço for positivo, ou seja, se a unidade gerou mais energia do que consumiu, a concessionária irá disponibilizar um crédito energético referente ao excedente, que será compensado nas faturas subsequentes, conforme descrito na seção 2.4. Em virtude da disposição deste sistema de compensação de energia, não é interessante gerar mais energia do que a consumida, ao longo de um ano. Logo, para dimensionar a potência do gerador fotovoltaico de forma otimizada, deve-se levantar o consumo diário médio anual da edificação, descontado o valor da disponibilidade mínima de energia. Este valor pode ser calculado com o histórico de faturas mensais disponibilizados pela distribuidora local.

A potência dos módulos fotovoltaicos (gerador) pode ser calculada de acordo com a Equação 2.1.

$$P_{FV}(Wp) = \frac{E}{\frac{TD}{HSP}} \quad (2.1)$$



Onde:

$P_{FV}(Wp)$  - potência de pico do gerador fotovoltaico;

$E(Wh/dia)$  - Consumo médio diário anual da edificação;

$HSP_{MA}(h)$  - Média diária anual das HSP incidente no plano do painel FV;

$TD$ (adimensional) - Taxa de desempenho.

A Taxa de Desempenho (PR - Performace Ratio) é a relação entre o desempenho real sobre o desempenho máximo teórico do sistema. Normalmente, a TD de um sistema de pequeno porte (até  $10kWp$ ) é entre 70% e 75%.

Ainda, o valor de HSP deve ser corrigido devido ao azimute e a inclinação em relação ao plano horizontal dos módulos fotovoltaicos.

Azimute é o angulo formado entre o Norte e o alinhamento em questão, medido a partir do norte, no sentido horário, podendo variar de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  (JELINEK, 2009).

### 2.3.2 Inversor CC-CA

A função do inversor em um SFV é realizar a conversão da energia contínua CC gerada pelos módulos fotovoltaicos em energia alternada CA. A tensão de saída CA deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados às cargas e, em caso de o sistema ser conectado à rede elétrica, deve ser sincronizada com a da rede.

A Figura 3 representa o circuito elétrico de um conversor de ponte completa (full-bridge) de um inversor monofásico. Se suas chaves forem acionadas aos pares alternadamente, o sinal de tensão resultante será uma onda quadrada, conforme a Figura 4

Aplicando técnicas de controle de modulação por largura de pulso (PWM), é possível conformar a onda da Figura 4 de acordo com a onda da figura 5

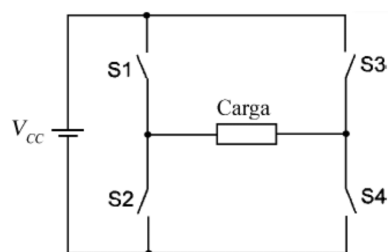


Figura 3 – Inversor monofásico de ponte completa

No mercado, observa-se que os módulos fotovoltaicos tem sofrido acentuada queda de custo nos últimos anos, porém, esta tendência não é observada com mesma intensidade no custo de inversores. Este fato tem levado projetistas a otimizar ao máximo o inversor

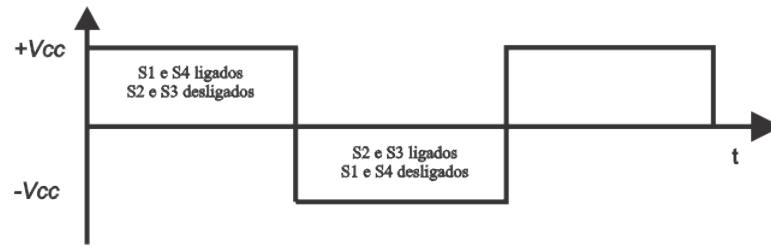


Figura 4 – Onda quadrada gerada pelo chaveamento do circuito de ponte completa (full-bridge)

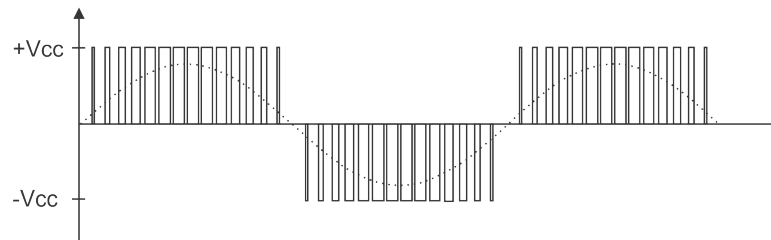


Figura 5 – Técnica de modulação por largura de pulso

utilizado, com o intuito de obter o menor custo de energia possível e tornar o mercado mais competitivo.

Como as tecnologias de módulos FV possuem coeficientes de temperatura negativo, ou seja, a potência fornecida pelos módulos diminui com o aumento da temperatura, costuma-se dimensionar o gerador FV com potência nominal superior à do inversor, pois mesmo sob uma irradiância de  $1 \text{ W/m}^2$  o gerador FV dificilmente irá fornecer sua potência nominal devido a temperatura que ele irá se encontrar sob esta condição de operação. Além disso, a tensão de circuito aberto dos módulos fotovoltaicos deve ser considerada pela manhã, que é o caso em que a maior tensão é gerada pelas células, dado que elas ainda estão frias.

Corriqueiramente os inversores de SFVCR's são instalados em telhados, junto aos módulos FV, assim, estão sujeitos a altas temperaturas. Neste caso, recomenda-se que a potência do inversor seja igual ou até mesmo superior à potencia nominal do gerador fotovoltaico.

O dimensionamento do inversor depende, principalmente, das características de potência do gerador FV, da topologia escolhida para o sistema e da curva de carga da unidade consumidora. Para isto, é preciso estimar o período do dia em que os equipamentos presentes na edificação estarão sendo utilizados. A potência do inversor deve ser igual ou superior ao maior valor encontrado na curva de carga. A compatibilidade entre inversor e controlador também deve ser verificada, pois em alguns modelos não é possível trabalhar com fabricantes diferentes.

As características que devem ser observadas nas especificações de um inversor são apresentadas a seguir (PINHO; GALDINO, 2014).

- Forma de onda e distorção harmônica;
- Eficiência na conversão de potência;
- Potência nominal de saída;
- Potência de surto;
- Taxa de utilização;
- Tensão de entrada;
- Tensão de saída;
- Regulação de tensão;
- Frequência da tensão de saída;
- Fator de potência;
- Consumo de potência sem carga;
- Modularidade;
- Temperatura e umidade do ambiente;
- Compatibilidade eletromagnética;
- Grau de proteção;
- Proteções:
  - Sobretensão na entrada C.C.;
  - Inversão de polaridade na entrada C.C.;
  - Curto circuito na saída C.A.;
  - Sobrecargas e elevação de temperatura.

Existem dois tipos de inversores: os que são comutados pela rede, ou naturalmente comutados, e os autocomutados. As características de cada um são apresentadas nas seções 2.3.2.1 e 2.3.2.2, respectivamente.

### 2.3.2.1 Inversores Comutados Pela Rede

Os primeiros inversores construídos utilizavam tiristores (SCR, TRIAC), Figuras 6a e 6b, respectivamente, como elementos de chaveamento. Desta forma, o dispositivo só é levado ao corte quando a corrente que flui através de seus tiristores for menor que a corrente de manutenção de condução ou quando a polaridade entre Anodo e Catodo for invertida. Devido a este fato, inversores baseados nesta tecnologia são chamados de inversores comutados pela rede ou inversores de comutação natural, uma vez que é o próprio circuito de potência que o leva ao estado de corte. Inclusive, devido a esta característica, se houver uma falta ou falha na rede este inversor desliga-se automaticamente.

Apesar de robustos e simples, sua baixa qualidade de tensão e corrente de saída requer o uso de redes de filtragem complexas, onerosas e que implicam em perdas. Com o surgimento de novos dispositivos de chaveamento (MOSFET, IGBT) a utilização destes inversores tem sido reduzida e é hoje restrita a unidades de potência elevada (acima de 100Kw ) e acionamentos (drivers) de motores elétricos de grande porte. (PINHO; GALDINO, 2014)

### 2.3.2.2 Inversores Autocomutados

Neste tipo de inversor, os elementos de chaveamento (IGBTs MOSFETs), Figuras 6d e 6c, respectivamente, são semicondutores que podem ser colocados em estado de condução ou de corte a qualquer instante, através de um terminal de controle (gate). Nestes dispositivos trabalham com modulação por largura de pulso (PWM), permitindo controle preciso sobre a forma de onda da tensão de saída.

Os inversores autocomutados podem ser do tipo fonte de tensão (VSI - Voltage Source Inverter) ou fonte de corrente (CSI - Current Source Inverter). Na configuração fonte de tensão, que é a mais empregada em sistemas fotovoltaicos, o controle pode ser feito tanto por tensão quanto por corrente, dependendo da grandeza utilizada como referência da sua saída, sendo mais utilizado o controle por corrente em sistemas conectados à rede (SFVCR's) cabido à sua alta estabilidade e facilidade no controle do fator de potência, enquanto que o controle por tensão é mais utilizado em sistemas isolados (SFVIR's) (PINHO; GALDINO, 2014).

A priori, os inversores auto-controlados são mais adequados para sistemas isolados. Caso estes inversores estejam ligados à rede elétrica pública, a frequência do sinal injetado na rede deve ser sincronizada com a da rede elétrica. Os impulsos de disparo dos comutadores eletrônicos são gerados em conformidade com a frequência fundamental da rede. (ALTENER; GREENPRO, 2004)

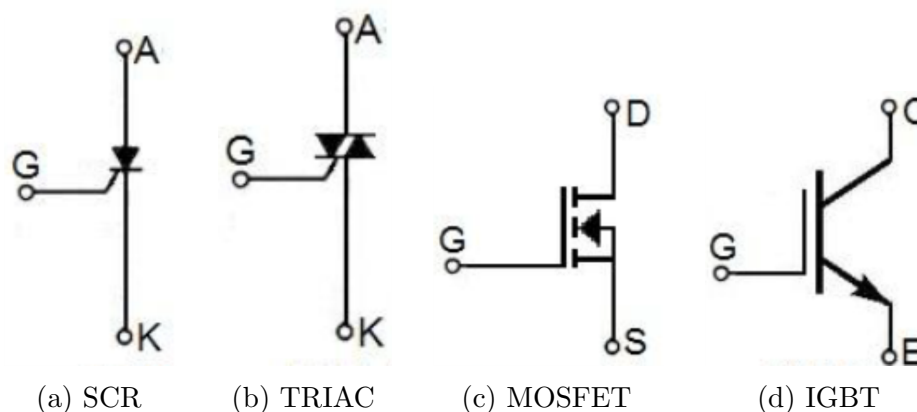


Figura 6 – Componentes semicondutores utilizados na construção dos circuitos de chaveamento dos inversores. (A - Ânodo, K - Catodo, G - gate, B - base, E - Emissor, C - coletor, D - dreno)

### 2.3.3 Acumulador (Bateria)

Em um sistema off-grid, as baterias são responsáveis por acumular parte da carga elétrica produzida durante o dia para que seja consumida no período da noite ou dias nublados. Também utilizadas, em outros países, como nobreaks que garantem a operação isolada do sistema fotovoltaico caso ocorra uma falta de energia na rede urbana. No Brasil não há regulamentação prevendo este tipo de operação e as concessionárias de energia não o aceitam.

As baterias mais utilizadas em sistemas de geração FV são as baterias estacionárias, tipicamente aplicadas a funções que demandam longos períodos de corrente elétrica moderada.

A bateria de Chumbo-ácido (Pb-ácido) ainda é a tecnologia mais empregada (PINHO; GALDINO, 2014). Apesar de já existirem tecnologias mais modernas apresentando maior eficiência, vida útil e profundidade de descarga, as baterias construídas com estas tecnologias não são economicamente viáveis para a maioria dos projetos fotovoltaicos.

As baterias devem ser carregadas da maneira mais eficiente possível, seu carregamento excessivo é prejudicial e influencia diretamente na sua vida útil. As características do dispositivo controlador de carga serão tratadas na seção 2.3.4

### 2.3.4 Controlador de Carga

Os controladores de carga se localizam instalados entre os módulos fotovoltaicos (gerador) e as baterias (acumulador). São necessários devido ao fato da não linearidade na produção de energia pelas células fotovoltaicas e, também, para cortar o carregamento das baterias quando as mesmas já se encontram totalmente carregadas e interromper seu fornecimento quando sua carga atingir o nível mínimo de segurança.

Existem duas tecnologias de controladores disponíveis: os controladores PWM (Pulse Width Modulation) e os MPPT (Maximum Power Point Tracking). O primeiro é o mais utilizado devido ao seu baixo custo, mesmo sendo menos eficiente. O controlador MPPT é cerca de duas vezes mais caro que o PWM. O controlador do tipo MPPT ajusta a corrente de carga da bateria para que toda a potência gerada e entregue pelos módulos fotovoltaicos seja disponibilizada para o acumulador, aumentando a eficiência do sistema. São indicados quando a tensão fornecida pelos módulos é razoavelmente maior que a tensão de operação da bateria.

O controlador de carga deve ser dimensionado para atender à maior corrente exigida no sistema, podendo ser a corrente de carga ou a fornecida pelos módulos fotovoltaicos. Também, deve ser escolhido conforme a tensão de operação do sistema.

Ainda, segundo (ALVES, 2016), o número de módulos em série (strings) , deve ser tal que a tensão de saída do painel fotovoltaico esteja dentro da faixa de operação ótima do controlador recomendada pelo fabricante, conforme mostra a Equação 2.2.

$$\frac{V_{SPPMin}}{V_{mpTmax}} < N^{\circ} \text{ de módulos em série} < \frac{V_{SPPMax}}{V_{mpTmin}} \quad (2.2)$$

Atualmente, os inversores de frequência presentes nos sistemas de geração fotovoltaica já vem de fábrica implementados com seguidores de máxima potência. Não sendo necessária a aquisição em paralelo do seguidor.

### 2.3.5 Projeto Elétrico

Outros desafios para o projetista durante o dimensionamento de um SFV (PINHO; GALDINO, 2014), são:

- Interconexão dos diversos dispositivos do sistema de forma a manter a eficiência da instalação;
- Adequação aos requisitos de segurança, tornando-os seguros do ponto de vista elétrico, contemplando a segurança do próprio sistema e do usuário, bem como da rede elétrica;
- Cumprimento das normas e regulamentos técnicos vigentes (ABNT, ANEEL, distribuidora local, etc.)

Os pontos supracitados incluem desde a escolha dos condutores até o dimensionamento de dispositivos de proteção. Os projetos são tipicamente em baixa tensão, portanto devem respeitar a Norma NBR 5410 - Instalações Elétricas em Baixa Tensão (ANEEL, 2015a).

## 2.4 Resolução Normativa Número 687 - ANEEL

Todos os projetos e instalações de geração fotovoltaica, conectados à rede de distribuição de energia elétrica, devem atender aos autos da Resolução Normativa N° 687, de 24 de Novembro de 2015 (RN687), que altera a Resolução Normativa N° 482, de 17 de Abril de 2012 e os módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST.

Esta RN estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e para o sistema de compensação de energia elétrica.

A principal característica de um sistema de geração FV conectado à rede elétrica é a troca de energia entre consumidor e concessionária, segundo o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, que é instituído no Art.2º de tal Resolução como: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa. (ANEEL, 2015b)

Ainda no Art.2º, o documento define microgeração distribuída e minigeração distribuída:

- Microgeração Distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- Minigeração Distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

Desta forma, instalações de geração fotovoltaica residenciais serão, em sua maioria, enquadradas como Microgeração Distribuída.

No Art.6º é estabelecido que podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica consumidores responsáveis por unidades consumidoras:

- (i) Com microgeração ou minigeração distribuída;
- (ii) integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras;
- (iii) caracterizada como geração compartilhada;
- (iv) caracterizada como autoconsumo remoto.

No parágrafo primeiro do mesmo Artigo é firmado que, para fins de compensação, a energia ativa injetada na rede pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses.

De acordo com o Art 7º da Resolução, mesmo que a unidade consumidora injete mais energia do que é consumido pela mesma, em um ciclo de faturamento, deverá ser cobrado o valor referente ao custo de disponibilidade de energia para consumidores do grupo B, ou o valor da demanda contratada para consumidores do grupo A, conforme o caso.

Ainda, em seu Art. 15, é firmado que a ANEEL irá revisar esta Resolução até 31 de Dezembro de 2019, mostrando interesse em manter o sistema de compensação de energia o mais adequado possível, além de incentivar a mini e microgeração distribuída.

## 2.5 Visual Basics for Applications (VBA)

Visual Basic for Applications (Visual Basic para Aplicativos) é uma linguagem de programação desenvolvida pela Microsoft que já vem implementada, sem custos adicionais, nos seus programas do pacote Office, inclusive o Excel. Deste modo, VBA é uma ferramenta utilizada para escrever algoritmos que controlam o programa, neste caso, o Excel.

Alguns usos comuns para aplicações de macros VBA são (WALKENBACH, 2013):

- Inserir grupos de textos;
- Automatizar tarefas executadas com frequência;
- Automatizar operações repetitivas;
- Criar comandos personalizados;
- Criar botões personalizados;
- Desenvolver novas funções de planilhas;
- Criar aplicativos completos, guiados por macro;
- Criar suplementos (add-ins) completos para o Excel.

Baseando-se na sua capacidade de automatizar tarefas repetitivas e frequentes, a possibilidade de criar interfaces gráficas e a facilidade em acessar esta ferramenta, o VBA mostra-se ideal para o desenvolvimento do projeto proposto.



## 2.6 Ferramentas de Projeto Existentes

A quantidade de projetos de geração de energia solar fotovoltaica cresce rapidamente. Segundo dados da empresa MHR (SUSTENTABILIDADE, 2018), o número de usinas de geração fotovoltaica conectadas à rede teve um salto de 7.807 em 2016 para 19.190 em 2017, um aumento de 246 %. Desta forma, é perceptível a necessidade de programas para auxiliar no projeto de geradores solares residenciais, visto que estes aceleram o processo de concepção do projeto.

### 2.6.1 PVsyst

Existem inúmeros softwares destinados a área de geração fotovoltaica, entre eles o PVSyst é um dos mais utilizados. O software realiza simulações e conta com bancos de dados, além de ter uma interface onde as informações relevantes ao projeto são inseridas e visualizadas conforme a necessidade.

No PVsyst é possível obter a consultoria em projetos de sistemas conectados a rede, sistemas isolados (stand alone), ou sistemas de bombeamento de água, que elevam a água bombeada para níveis de recalque acima de onde será o uso final, transformando a energia elétrica para bombear a água em energia cinética armazenada.

Neste software o usuário deve selecionar o local de instalação da geração, inserir o azimute das placas fotovoltaicas e, em seguida, entrar com dados de potência a ser atendida, podendo ser eles a área disponível para montagem de painéis, a potência nominal que deverá ser gerada ou o consumo anual da unidade. Logo após a entrada de dados, seleciona-se o tipo dos painéis solares a serem usados e a disposição dos mesmos. Assim que a seleção é feita, o software mostra os resultados simulados, retornando dados de potência gerada e custo da instalação. O PVsyst ainda possui uma gama de informações simuladas para determinação do tempo de retorno de investimento, como custo de manutenção anual do sistema. Ao final do processo, o software mostra o custo da energia gerada pelo sistema fotovoltaico.

Além disso, o PVsyst possui um sistema de simulação de geração de energia para diferentes épocas do ano, como inverno e verão, devido a sazonalidade dos índices de irradiação, proporcionando uma visualização mais precisa e segura da energia a ser gerada para tais temporadas afim de evitar o sub ou sobredimensionamento do sistema. Adicionalmente, o software possui campos de entrada para inserir o ângulo de instalação das placas bem como o azimute das mesmas, garantindo a simulação ainda mais fiel às características do sistema a ser projetado.

O aplicativo proposto neste documento tem uma sequencia de passos pré estabelecidos muito parecidos com os do software mencionado para fazer o levantamento da potência do gerador a ser instalado, como poderá ser visto no capítulo 3. Porém, para os

objetivos propostos, os resultados serão obtidos de maneira mais enxuta, sem levar em conta o desvio azimutal das placas e a mudança nos índices de radiação para diferentes épocas do ano, tendo em vista que o sistema deve atender ao consumo médio anual da unidade consumidora. Ainda, deve ficar claro que o processo de determinação de retorno de investimento não será levado em conta no aplicativo desenvolvido, tendo como objetivo principal a definição do orçamento inicial para a aquisição dos equipamentos necessários para o gerador.

No software PVsyst é possível editar o custo da instalação dos dispositivos, sendo este custo em  $\$/kWp$ , podendo ser escolhido diferentes tipos de moedas para inserção da informação do preço. Este é um dos parâmetros mais importantes para os objetivos do aplicativo proposto neste documento. Desta forma, a possibilidade de mudança de preço de acordo com o mercado deve estar inserida no escopo do programa.

Tendo em vista os passos utilizados pelo PVsyst para a determinação do sistema de geração fotovoltaica que deverá atender à demanda da unidade e, também, o retorno de dados exibido ao usuário, tem-se uma ótima referência de como um software dedicado a prestação de consultoria para projetos de geração de energia solar deve dispor as informações ao usuário e promover o orçamento inicial para implementação da geração.

### 3 Metodologia para construção da ferramenta no Visual Basics for Applications (VBA)

Nas seções presentes no capítulo 2 é possível determinar os passos a serem seguidos para que o desenvolvimento da ferramenta proposta seja efetivado com sucesso. Esta seção se dedica à metodologia com que tais passos foram aplicados.

Baseado no modelo padrão adotado pela maior parte dos projetistas de instalações de geração fotovoltaica, vislumbra-se um panorama dos passos que o algoritmo da ferramenta deverá seguir:

- (i) determinar o consumo diário médio mensal e consumo diário médio anual da unidade consumidora;
- (ii) subtrair o valor, em KWh, do custo da disponibilidade de energia, conforme o caso (monofásico, bifásico ou trifásico);
- (iii) inserir as coordenadas geográficas (latitude/longitude) do local onde encontra-se a unidade consumidora, no caso de a ferramenta possuir banco de dados implementado. Caso contrário, esta etapa será ignorada;
- (iv) encontrar o índice de irradiação solar diária média mensal, na unidade de horas de sol de pico ( $HSP$ ) para a localidade em questão;
- (v) com estas informações, determinar a potência de pico ( $Wp$ ) para a localidade;
- (vi) com a informação de  $Wp$ , determinar a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários para produzir energia elétrica o suficiente para atender a demanda da unidade ( $P_{FV}$ );
- (vii) determinar o melhor inversor para o sistema;
- (viii) determinar o conjunto de acumuladores (banco de baterias) e o controlador de carga mais indicado para o sistema;
- (ix) determinar as proteções necessárias para o circuito.

Destaca-se os seguintes aspectos relacionados aos itens supracitados

A obtenção dos dados de irradiação solar diária média mensal podem ser obtidos através de databases online como o Surface Meteorology and Solar Energy, um banco de dados com informações sobre meteorologia e parâmetros de energia solar, da National Aeronautics and Space Administration (NASA) - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, cujo banco de dados é o mais utilizado para tais pesquisas e encontra-se no endereço eletrônico: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse>. Ainda, há outros bancos disponíveis, são exemplos:

- SWERA, disponível em:  
<https://maps.nrel.gov/swera>
- SunData – Cepel, disponível em:  
<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>
- RADIASOL2, desenvolvido no LABSOL da UFRGS, disponível em:  
<http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>

Estes dados podem ser inseridos manualmente ou agrupados em uma base dentro do próprio Excel. Deverá ser feita a implementação de cálculos para a correção da potência de pico ( $W_p$ ) presente no local devido ao desvio azimutal e ao ângulo de inclinação relativo ao plano horizontal em que os módulos serão instalados.

### 3.1 Estrutura Proposta

A arquitetura desenvolvida baseia-se em módulos, visando facilitar os passos e sequencializando o processo de cálculo.

O código conta com uma unidade de cálculo central, que busca informações em módulos de dados paralelos para, ao fim, retornar ao usuário a composição do sistema que atenderá a demanda solicitada pela unidade consumidora.

Dado o início da operação, o primeiro passo é escolher, em uma caixa de combinação, o local onde o sistema deverá ser instalado. Feito este apontamento o algoritmo busca, no banco de dados, os parâmetros correspondentes àquela localidade necessários para o cálculo do levantamento de potência solar irradiada.

Após setada a localidade, o algoritmo possui apenas mais uma requisição de dados, sendo esta a única entrada manual, onde o usuário deve inserir o consumo de energia mensal durante os últimos doze meses, necessário para levantar a demanda da unidade consumidora afim de determinar a potência e, conseqüentemente, a quantidade de placas necessárias para atendê-la.

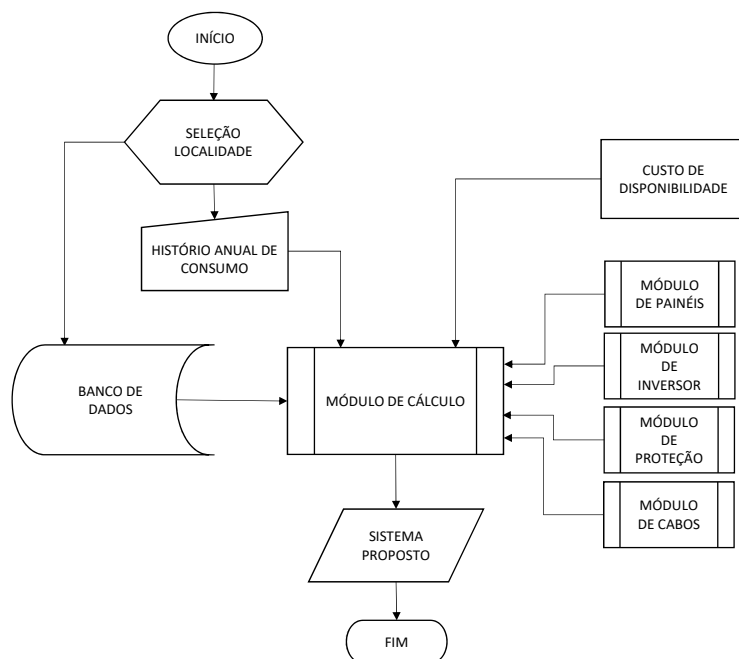


Figura 7 – Arquitetura do algoritmo VBA.

Ainda, os módulos periféricos contam com bancos de dados e pequenas áreas de cálculo para retornar ao módulo de cálculo principal os valores pertinentes ao sistema fotovoltaico em questão.

O funcionamento destes módulos são explicados detalhadamente nas seções a seguir.

### 3.2 Construção da Ferramenta e detalhamentos dos módulos

Como dito na seção 3.1, o programa foi desenvolvido utilizando-se uma estrutura de módulos encarregados por cada dispositivo necessário para o sistema fotovoltaico e, ao final, suas estruturas de repetição se baseiam em

Durante o processo de desenvolvimento do algoritmo foi tomado o cuidado de concebe-lo de forma que, ao adicionar um novo item em suas planilhas que contem os bancos de dados, ao executar o aplicativo estes itens são automaticamente inclusos nas caixas de combinações do sistema, desta forma, nenhum tipo de mudança na programação do mesmo precisará ser efetuada para que tais itens sejam adicionados e, caso sejam requeridos durante o processo, computados pelo algoritmo.

**Início**

1º Passo - Selecione a Cidade Onde Será Instalada a Geração Fotovoltaica  
 Seleção a Cidade: [dropdown]

2º Passo - Insira o Consumo Mensal da Unidade nos Últimos 12 Meses  
 Inserir Consumo Anual [button]  
 Consumo Médio Mensal: [input] kWh/mês

3º Passo - Selecione a Modalidade Tarifária da Unidade Consumidora  
 Seleção a Modalidade Tarifária: [dropdown]  
 Potência a ser Gerada: [input] kWh/dia

4º Passo - Basta Clicar no Botão Abaixo Que o Aplicativo irá Calcular a Potência Necessária para o Sistema Suprir a Demanda de Energia da sua Casa!  
 Calcular Potência [button]  
 Potência de Painéis Necessária: [input] kWp

Dados da Cidade:  
 Coordenadas Geográficas:  
 Elevação:  
 Temperatura Média Diária:  
 Irradiação Normal Direta: kWh/m²  
 Irradiação Horizontal Direta: kWh/m²  
 Irradiação Inclinada Global: kWh/m²  
 Irradiação Horizontal Global: kWh/m²  
 Melhor Ângulo Para Instalação: Inclinação/Azimute

5º Passo - Selecione Um Modelo de Painel Disponível  
 Seleção o Painel: [dropdown]  
 Painel Selecionado: [input]  
 Quantidade de Painéis Necessários: [input] Painéis  
 Preço Unitário do Módulo: R\$ [input]  
 Preço Total dos Módulos: R\$ [input]

Seleção a Estrutura de Fixação: [dropdown]  
 Estrutura Selecionada: [input]  
 Quantidade de Estruturas Necessárias: [input] Estruturas  
 Preço Unitário da Estrutura: R\$ [input]  
 Preço Total das Estruturas: R\$ [input]

6º Passo - Selecione Um Modelo de Inversor Disponível  
 Seleção o Inversor: [dropdown]  
 Inversor Selecionado: [input]  
 Quantidade de Inversores Necessários: [input] Inversores  
 Preço Unitário do Inversor: R\$ [input]  
 Preço Total dos Inversores: R\$ [input]  
 Dispositivo de Proteção Indicado: [input]  
 Preço do Dispositivo: R\$ [input]  
 Preço Final do Sistema de Geração Fotovoltaica: R\$ [input]

[Fechar]

Figura 8 – Tela inicial do aplicativo.

### 3.2.1 Módulo de Projeto

O módulo central do programa conta com a tela inicial do aplicativo (Figura 8) onde todas as entradas de dados são lidas e gravadas na planilha que contém os parâmetros de cálculo. Nesta tela estão contidos os campos que fazem a interface com o usuário, como caixas de combinação e botões de ignição necessários para dar início nas operações do algoritmo. Sua estrutura é simples e indica, em formato sequencial, as ações que o usuário deve efetuar para que as informações necessárias da unidade de consumo sejam recolhidas e seu sistema de geração seja calculado pelo algoritmo.

Todas as respostas do programa são mostrados na tela inicial de maneira instantânea, permitindo ao usuário visualizar as mudanças de configuração conforme seleciona os diferentes tipos de dispositivos presentes nas suas respectivas planilhas de parâmetros. Esta interface é responsável acessar todos dados de cada módulo do algoritmo de forma rápida e simples e, de maneira interativa, expor os resultados para o usuário.

A tela inicial do programa é um formulário do *Visual Basic for Applications* responsável por todas as chamadas de iterações e retorno das mesmas, promovendo o gerenciamento de toda a a estrutura sequencial da aplicação. Sendo assim, todos os módulos de algoritmos estão inseridos dentro do bloco de programação da tela, além de realizar a chamada do formulário para inserção do consumo de energia mensal do último ano.

Todas as informações inseridas pelo operador do aplicativo são gravadas na planilha de cálculo (Figura 9) para que sejam processadas pelos módulos de algoritmos de cada área do formulário. A gravação destes valores são indispensáveis para o processo, de forma que cada resultado é um parâmetro para o processamento do próximo item que deverá ser

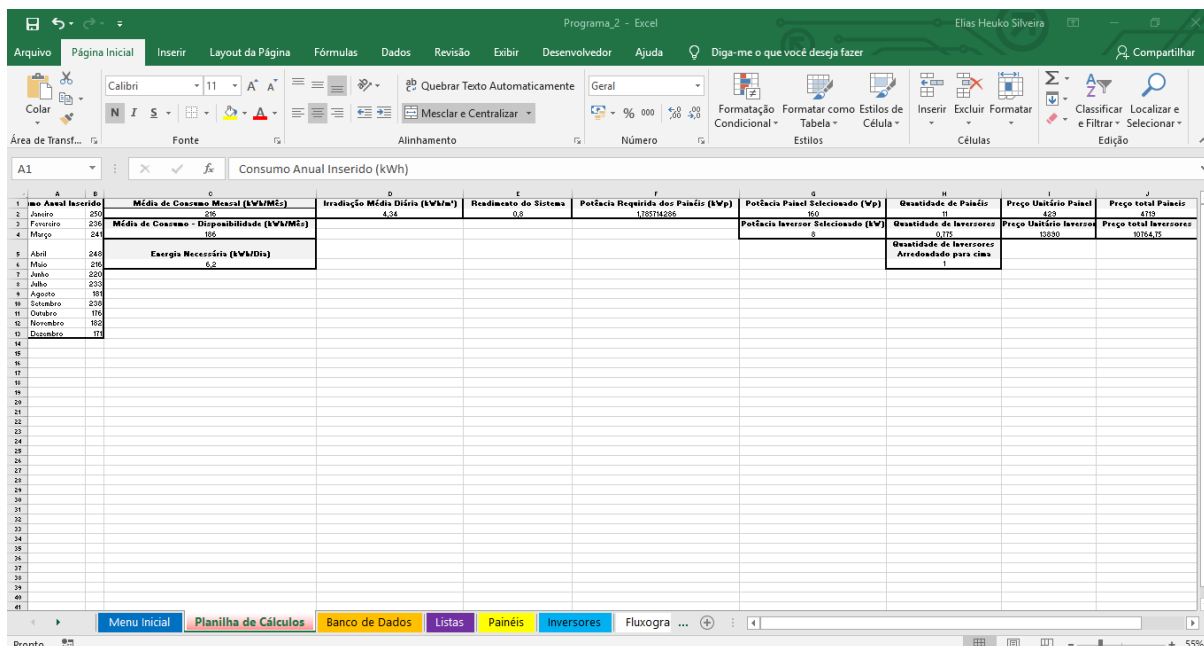


Figura 9 – Planilha do módulo de cálculo.

calculado. Veremos como funciona esta recorrência nas seções subsequentes.

### 3.2.2 Módulo de Locais

O primeiro passo do aplicativo é recolher, por meio de uma caixa de combinação (Figura 10), a informação de onde o sistema de geração fotovoltaica será instalado, esta etapa tem como finalidade levantar os índices de radiação pertinentes ao processo de cálculo.

#### 1º Passo - Selecione a Cidade Onde Será Instalada a Geração Fotovoltaica

**Selecione a Cidade:**



Figura 10 – Caixa de combinação para seleção do local onde o sistema de geração será instalado.

O banco de dados conta com uma série de informações relevantes para o dimensionamento do sistema, sendo estas separadas por cidades. Portanto, para a seleção do local o usuário deve escolher a cidade onde o sistema de geração será instalado. A seleção é feita através de uma caixa de combinação que contém todos os municípios presentes na sua respectiva planilha e sua função é apontar de onde o módulo de cálculo da potência

dos painéis deve retirar os valores de hora de sol de pico para a determinação da potência instalada de geração em  $W_p$ .

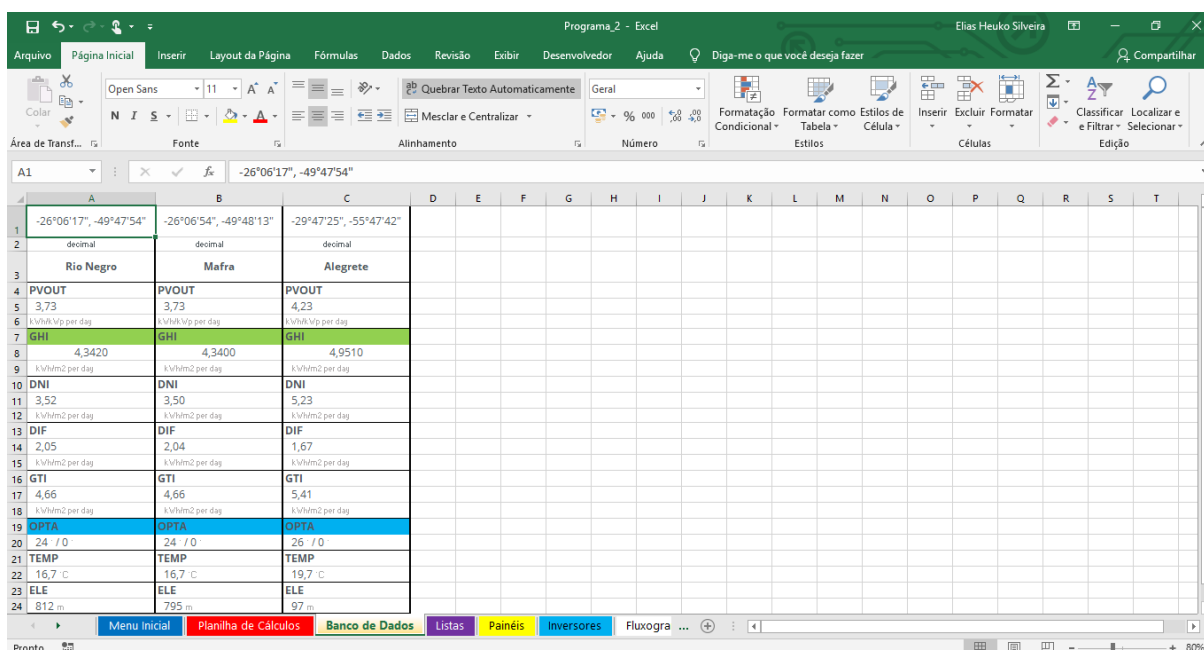


Figura 11 – Planilha do banco de dados de cada localidade.

Assim que uma localidade é selecionada na caixa de combinação todos os dados presentes no banco de dados são exibidos para o usuário, como é mostrado na Figura 12

**Dados da Cidade:**

Coordenadas Geográficas:  
 Elevação:  
 Temperatura Média Diária:  
 Irradiação Normal Direta: kWh/m<sup>2</sup>  
 Irradiação Horizontal Difusa: kWh/m<sup>2</sup>  
 Irradiação Inclinada Global: kWh/m<sup>2</sup>  
 Irradiação Horizontal Global: kWh/m<sup>2</sup>  
 Melhor Ângulo Para Instalação: Inclinação/Azimute

Figura 12 – Campo de exibição das informações contidas no banco de dados sobre a cidade selecionada.

O parâmetro, presente no banco de dados, utilizado para determinação da potência de painéis a ser instalada na residência é a irradiação global horizontal na unidade de horas de sol de pico ( $HSP$ ). Além disso, nesta planilha estão presentes informações importantes como o ângulo de inclinação e azimute ideias para instalação das placas de acordo com a localização geográfica latitudinal e longitudinal em relação ao globo terrestre afim de obter maior eficiência na geração de energia.



## 2º Passo - Insira o Consumo Mensal da Unidade nos Últimos 12 Meses

**Inserir Consumo Anual**

**Consumo Médio Mensal:**

**kWh/mês**

Figura 13 – Módulo de inserção de consumo.

### 3.2.3 Módulo de Consumo

Com a localidade da instalação escolhida, o próximo passo é inserir o histórico de consumo dos últimos doze meses da unidade consumidora onde o sistema de geração será instalado (Figura 13).

Ao clicar com o mouse sobre o botão "Inserir Consumo Anual" outro formulário é chamado pelo algoritmo. Neste formulário estão todos os campos de dados, referentes a cada mês do ano, que o usuário deve preencher, como mostra a Figura 14.

**Consumo Mensal** ×

---

**INSIRA ABAIXO O CONSUMO DE ENERGIA DOS ÚLTIMOS DOZE MESES**

Janeiro <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh	Julho <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh
Fevereiro <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh	Agosto <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh
Marco <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh	Setembro <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh
Abril <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh	Outubro <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh
Maiio <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh	Novembro <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh
Junho <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh	Dezembro <input style="width: 80px;" type="text"/> kWh

PRONTO

SAIR

Figura 14 – Formulário para inserção de consumo mensal do último ano.

Assim que todos os campos são preenchidos o usuário deve clicar no botão "Pronto". Ao realizar esta operação, o algoritmo presente no módulo principal insere na planilha de cálculos todos os dados coletados e, na sequência, calcula a média anual de consumo da unidade. O resultado desta operação é inserido em um campo da tela principal para visualização com a intenção de proporcionar ao usuário maior interação com o processo do aplicativo.

### 3.2.4 Módulo de Modalidade Tarifária

Com a informação de consumo médio mensal da unidade durante o ano, o próximo passo tem como objetivo transformar este dado em consumo diário, já que os módulos fotovoltaicos devem contemplar a potência diária que a residência consome. Para este processo, o usuário deve selecionar a modalidade tarifária em que sua unidade consumidora se enquadra, sendo ela monofásica, bifásica ou trifásica. A requisição desta informação é feita através de uma caixa de combinação contendo as três opções supracitadas, como mostra a Figura 15.

**3º Passo - Selecione a Modalidade Tarifária da Unidade Consumidora**

**Selecione a Modalidade Tarifária:**



**Potência a ser Gerada:**

**kWh/dia**

Figura 15 – Campo de seleção da modalidade tarifária.

Assim que uma das modalidades tarifárias é selecionada, o algoritmo busca na planilha de dados o custo de disponibilidade para a modalidade selecionada. Com este dado carregado no algoritmo, o valor de disponibilidade é subtraído do valor de consumo médio mensal e o cálculo de consumo médio diário é feito. Ao final desta etapa, o aplicativo mostra na tela o resultado. De maneira semelhante a do passo anterior, a resposta é exibida ao usuário para uma maior interação entre o aplicativo e o operador.

### 3.2.5 Módulo de Painéis

Com todas as informações necessárias para o cálculo da potência de painéis a ser instalados obtidas, o usuário deve clicar no botão "Calcular Potência"(Figura 16) para que

o aplicativo realize o processo de cálculo tendo como base a equação 2.1.

**4º Passo - Basta Clicar no Botão Abaixo Que o Aplicativo Irá Calcular a Potência Necessária Para a Sua Instalação**

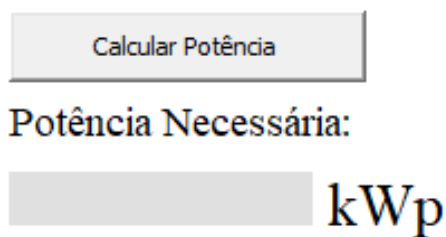


Figura 16 – Botão de ignição para o calculo da potência dos painéis.

Logo após o cálculo da potência de pico do gerador fotovoltaico ser realizado, o mesmo é retornado na tela do aplicativo para que o usuário possa contemplar a informação e ter em mente o valor necessário para a instalação. Com a potência obtida, o usuário do aplicativo deve selecionar um painel de acordo com sua preferência. Na planilha que contem o banco de dados dos painéis fotovoltaicos existem as opções mais utilizadas no mercado, assim como outras não tão popular entre as instalações.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Descrição	potência (Wp)	Rendimento (%)	Preço (R\$)						
1	Sinosola SA275-60P (275Wp) - 31,22 V - 8,81 A - IP 65	275,00	16,90%	574,90						
2	Sinosola SA330-72P (330Wp) - 37,72 V - 8,75 A - IP 65	330,00	15,97%	684,90						
3	Sinosola SA160-36P (160Wp) - 19,31 V - 8,30 A - IP 65	160,00	15,04%	429,00						
4	Sinosola SA60-36P (60Wp) - 19,0 V - 3,20 A - IP 65	60,00	14,11%	239,00						
5	Yingli YL280P-29b (280Wp) - 31,4 V - 8,92 A - IP 67	280,00	17,10%	639,00						
6	Sinosola SA275-60P (275Wp) - 31,22 V - 8,81 A - IP 65	275,00	16,90%	574,90						
7	Risen RSM36-6-150P (150Wp) - 18,3 V - 8,20 A - IP 67	150,00	15,15%	399,00						
8	Yingli YL320P-35b (320Wp) - 37,0 V - 8,64 A - IP 67	320,00	16,50%	719,00						
9	Sinosola SA10-36P (10Wp) - 19,0 V - 0,53 A - IP 65	10,00	11,34%	69,00						
10	Sinosola SA30-36P (30Wp) - 19,12 V - 1,59 A - IP 65	30,00	14,78%	149,00						
11	Painel Solar Fotovoltaico GCL-P6/60 270Wp - 31,2 V - 8,65 A - IP 67	270,00	16,60%	599,00						
12	Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6K-275P (275Wp) - 31,0 V - 8,88 A - IP 67	275,00	16,80%	599,00						
13	Painel Solar Fotovoltaico GCL-P6/72 325Wp - 37,6 V - 8,64 A - IP 67	325,00	16,70%	719,00						
14	Painel Solar Fotovoltaico GCL-P6/72 330Wp - 37,8 V - 8,73 A - IP 67	330,00	17,00%	749,00						
15	Painel Solar Komaes KM85 (85Wp) - 18,10 V - 4,70 A - IP 65	85,00	12,76%	357,90						
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										

Figura 17 – Planilha contendo o banco de dados dos painéis fotovoltaicos.

A escolha do modelo de painel é feita, análogo aos outros módulos de seleção, com uma caixa de combinação onde são listados os modelos de painéis presentes na planilha de dados (Figura 18).

Imediatamente após a seleção do modelo de painel o algoritmo busca no banco de dados, presente na planilha, as informações necessárias para o cálculo do número de painéis exigidos para suprir a demanda de energia da residência. A operação para determinação da quantidade de painéis é feita através de uma rotina que soma os referidos módulos

5º Passo - Selecione Um Modelo de Painel Disponível

**Selecione o Painel:**

**Painel Selecionado:**

<b>Quantidade de Painéis Necessários:</b>	<b>Preço Unitário do Módulo:</b>	<b>Preço Total dos Módulos:</b>
<input type="text"/> <b>Painéis</b>	<b>R\$</b> <input type="text"/>	<b>R\$</b> <input type="text"/>

Figura 18 – Campo de seleção do modelo de painel fotovoltaico.

até que a potência demandada seja atingida e, assim que este limiar é ativado, sai do respectivo loop e grava o número de execuções na planilha de cálculo. Logo que o número de painéis é determinado, o algoritmo orça o preço para aquisição do conjunto de módulos fotovoltaicos.

Ao selecionar um modelo de painel o algoritmo executa os comandos descritos acima e retorna, de maneira imediata, os resultados para visualização do usuário. Os dados exibidos na tela do aplicativo são o modelo de painel escolhido, o preço unitário do painel e o preço total do conjunto com base no número de painéis, cujo processo de determinação foi descrito acima.

De maneira similar a todos os outros módulos que contém bancos de dados, para adicionar um novo modelo de painel no banco de dados, basta inserir os parâmetros do dispositivo planilha. Assim que o aplicativo for iniciado uma varredura nos bancos de dados é feita e todos os itens presentes na planilha são adicionados no formulário para seleção. Desta forma, fica simples a inclusão e exclusão de módulos para seleção, de maneira que nenhuma alteração precisa ser realizada no algoritmo para que as modificações sejam efetuadas.

Ao selecionar outro modelo de painel, o algoritmo identifica a mudança de seleção e, imediatamente, realiza o mesmo processo supracitado. Desta forma, o usuário pode comparar a configuração de painéis para cada modelo escolhido, tornando o processo mais interativo e informativo de acordo com os objetivos propostos durante o desenvolvimento da ferramenta.

### 3.2.6 Módulo de Estruturas

Ao definir a quantidade de painéis como explanado acima, pode-se determinar o número de estruturas de fixação necessárias para o suporte das placas fotovoltaicas.

Anexo ao módulo de painéis, visando a boa fluência do fluxo de projeto e consulta ao aplicativo, foi disposto o módulo de estruturas. Este conta com um banco de dados contendo alguns modelos de estruturas padronizadas para a fixação dos mais variados

tipos de painéis disponíveis no mercado, como mostra a Figura 19.

**Selecione a Estrutura de Fixação:**

**Estrutura Selecionada:**

<b>Quantidade de Estruturas Neessárias:</b>	<b>Preço Unitário da Estrutura</b>	<b>Preço Total das Estruturas</b>
Estruturas	R\$	R\$

Figura 19 – Módulo de seleção de estruturas para fixação dos painéis fotovoltaicos.

Seguindo o padrão de desenvolvimento do algoritmo, da mesma forma como ocorre nos outros módulos que possuem bancos de dados, assim que algum modelo de estrutura é adicionado ou removido nada precisa ser alterado no algoritmo para que o aplicativo implemente a mudança na lista de seleção dos itens disponíveis.

Item	Painéis	Preço
<b>FIXAÇÃO EM TELHADO</b>		
Kit de montagem NeoSolar para telhado metálico e fibrocimento inclinado - 3 painéis fotovoltaicos	3	654,90
Kit de montagem NeoSolar para telhado metálico e fibrocimento inclinado - 4 painéis fotovoltaicos	4	859,90
Kit de montagem Schletter para telhado - 10 painéis 235Wp	10	2800,00
Kit de montagem Schletter para telhado - 5 painéis 235Wp	5	1500,00
Kit de montagem NeoSolar para telha cerâmica (com ganchos) - 4 painéis fotovoltaicos	4	1280,90
Kit de montagem NeoSolar "Little Plan Light" para telhado metálico - 4 painéis fotovoltaicos	4	818,90
Kit de montagem NeoSolar "Little Plan Light" para telhado metálico - 3 painéis fotovoltaicos	3	633,90
Kit de montagem NeoSolar para telha cerâmica (com ganchos) - 3 painéis fotovoltaicos	3	963,90
<b>FIXAÇÃO EM SOLO</b>		
Suporte para Painéis Fotovoltaicos - 1 Painel de até 270Wp	1	2099,00
Suporte para Painéis Fotovoltaicos - 2 Painéis de até 150Wp	2	2199,00
Suporte para Painéis Fotovoltaicos - 3 Painéis de até 150Wp	3	2399,00
Suporte para Painéis Fotovoltaicos - 4 Painéis de até 150Wp ou 2 de 270Wp	4	2899,00
<b>FIXAÇÃO EM LAJE</b>		
Kit de montagem para laje - 3 painéis fotovoltaicos	3	1484,90
Kit de montagem para laje - 6 painéis fotovoltaicos	6	2253,90
Kit de montagem Thesan "Azimuth0" para coberturas planas - 6 painéis fotovoltaicos	6	2889,90

Figura 20 – Planilha do banco de dados contendo os modelos de estruturas disponíveis para seleção.

O banco de dados conta com modelos para instalação em telhados, lajes e também no chão, abrangendo os principais métodos de fixação utilizados no mercado. A padronização das placas fotovoltaicas proporciona a igual padronização das estruturas de montagem. Desta forma, poucos modelos presentes atendem aos mais variados tipos de instalação (Figura 20).

### 3.2.7 Módulo de Inversor

Após a realização dos passos descritos nas seções 3.2.5 e 3.2.6, o algoritmo já determinou a potência de geração necessária e a quantidade de painéis que devem ser

instalados para suprir a demanda da unidade consumidora. De posse destes dados, a etapa seguinte é selecionar um inversor para compor o sistema.

A seleção do inversor é feita de maneira semelhante a que foi apresentada na seção 3.2.5, como é mostrado na Figura 21. Em uma caixa de combinação são listados todos os inversores detalhados na planilha que contém o banco de dados de tais dispositivos. Ao selecionar um dos modelos de inversores o algoritmo dá início ao processo de cálculo. Uma rotina é iniciada com a função de determinar quantos inversores serão necessários para a instalação de acordo com a potência nominal do equipamento selecionado.

6º Passo - Selecione Um Modelo de Inversor Disponível

**Selecione o Inversor:**

**Painel Selecionado:**

Quantidade de Inversores Necessários:	Preço Unitário do Inversor:	Preço Total dos Inversores:
<input type="text"/>	R\$ <input type="text"/>	R\$ <input type="text"/>

Figura 21 – Módulo de seleção do modelo de inversor.

O ideal é que seja selecionado um inversor com potência nominal superior àquela necessária para atender a demanda da residência, já que nem todos os modelos de inversores podem operar com duas ou mais unidades em paralelo. Portanto, esta etapa depende da arquitetura do sistema proposta pelo engenheiro, que irá analisar a melhor opção de projeto para o gerador dependendo das características demandadas pelo local onde a geração fotovoltaica será posicionada.

Na planilha de inversores (Figura 22), que contém o banco de dados dos dispositivos disponíveis, são inseridas as informações necessárias para a determinação da quantidade de inversores a serem instalados no sistema dependendo do modelo selecionado, já que, em casos cuja potência do inversor for menor do que a potência de geração, mais de um inversor será necessário para suprir o fluxo de energia através do sistema de geração.

De forma idêntica a que ocorre no banco de dados do módulo de painéis, um modelo de inversor pode ser inserido ou excluído do banco de dados a qualquer momento, sem que nenhuma alteração no algoritmo seja necessária para que o aplicativo exiba a versão atualizada da lista de inversores disponíveis.

Ao selecionar um inversor, o algoritmo exibe na tela principal a nomenclatura do modelo selecionado e busca no banco de dados as informações relacionadas ao dispositivo; na sequência, calcula o número de inversores requeridos para o sistema, bem como o custo unitário e total para a aplicação. Assim que estes cálculos são realizados pelo módulo de inversores, o algoritmo retorna os valores calculados para o usuário do aplicativo. Caso outro inversor seja selecionado após o processo ter sido executado, o algoritmo detecta a

mudando na seleção e refaz todos os passos citados acima e atualiza todas as informações exibidas na tela do aplicativo de acordo com a nova seleção feita pelo usuário.

Descrição	potência (W)	Rendimento	Preço
Grid-tie Fronius Primo 3.0-1 (3.000W) - Vin: 200Vcc a 800Vcc - Iin: 18A - Vout: 180 a 280 Vca - Iout: 13A - 50/60 Hz - IP65	3000	0,979	8690,00
Fronius Primo 5.0-1 (5.000W) - Vin: 200Vcc a 800Vcc - Iin: 12A - Vout: 180 a 280 Vca - Iout: 21,7A - 60 Hz - IP65	5000	0,98	10590,00
Fronius Primo 8.2-1 (8.200W) - Vin: 270Vcc a 800Vcc - Iin: 18A - Vout: 180 a 270 Vca - Iout: 35,7A - 60 Hz - IP65	6000	0,981	13790,00
Fronius IG Plus 100V-1 (8.000W) - Vin: 230Vcc a 500Vcc - Iin: 37A - Vout: 180 a 270 Vca - Iout: 34,8A - 60 Hz - IP00	8000	0,957	13890,00
Fronius Symo 12.5-3-M (12.500W) - Vin: 320Vcc a 800Vcc - Iin: 27A - Vout: 154 a 264 Vca - Iout: 19,9A - 60 Hz - IP00	12500	0,98	20690,00
Fronius Symo 17.5-3-M (17.500W) - Vin: 370Vcc a 800Vcc - Iin: 33A - Vout: 154 a 264 Vca - Iout: 27,9A - 60 Hz - IP00	17500	0,981	24990,00
Fronius Symo 20.0-3-M (20.000W) - Vin: 420Vcc a 800Vcc - Iin: 33A - Vout: 154 a 264 Vca - Iout: 31,9A - 60 Hz - IP00	20000	0,981	24990,00
SMA Sunny Boy SB 1300TL-10 (1.300W) - Vin: 115Vcc a 480Vcc - Iin: 12A - Vout: 180 a 260 Vca - Iout: 7,2A - 50/60 Hz - IP00	1300	0,96	6290,00
SMA Sunny Boy SB 3600TL-21 (3.680W) - Vin: 175Vcc a 500Vcc - Iin: 12A - Vout: 180 a 260 Vca - Iout: 16A - 50/60 Hz - IP00	3680	0,97	11890,00
SMA Sunny Boy SB 5000TL-21 (4.600W) - Vin: 175Vcc a 500Vcc - Iin: 12A - Vout: 180 a 260 Vca - Iout: 22A - 50/60 Hz - IP00	4600	0,97	13490,00

Figura 22 – Banco de dados contendo os modelos de inversores disponíveis para seleção no módulo de inversores.

### 3.2.8 Módulo Proteção

Após a dimensionar a unidade de geração fotovoltaica, deve-se determinar a proteção para o sistema. Este passo é feito automaticamente pelo algoritmo, que seleciona a proteção de acordo com o modelo do inversor selecionado, refletindo a escolha à máxima corrente suportada pelo equipamento.

Ressalta-se, neste ponto, que a proteção deve ser dimensionada levando-se em consideração outros dados da instalação como, por exemplo, a corrente de curto circuito do sistema cuja informação é necessária para o correto dimensionamento do dispositivo de proteção contra surtos (DPS). Porém, como este processo exige uma análise mais profunda do local onde a implementação da geração será executada, tomou-se como fator satisfatório a máxima corrente suportada pelo inversor, afim de garantir a proteção deste que, além de ser o equipamento mais caro da instalação, é componente fundamental para o funcionamento da geração visto que uma avaria no dispositivo irá impedir o sistema gerador de trocar energia com a rede.

As proteções disponíveis no banco de dados (Figura 23) são conjuntos chamados de Stringbox, desenvolvidos para aplicações de geração de energia solar e contendo todos os dispositivos necessários para a proteção do sistema, sendo eles: seccionadora, disjuntor e dispositivo de proteção contra surtos, todos para regime de corrente contínua e classe de isolamento de 1000 Volts.

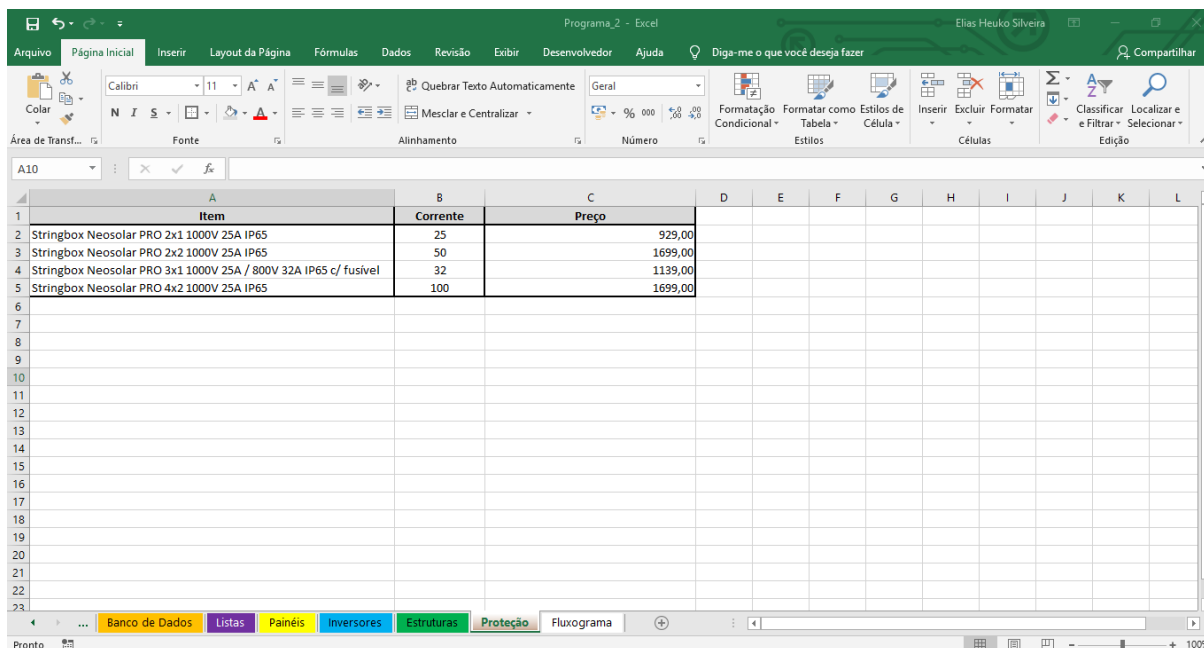


Figura 23 – Planilha contendo o banco de dados com os dispositivos de proteção.

Dispositivo de Proteção Indicado:

Preço do Dispositivo:  R\$ 
                    
 Preço Final do Sistema de Geração Fotovoltaica:  R\$ 
Fechar

Figura 24 – Módulo de visualização da proteção indicada para o sistema.

Ao final, todos os valores presentes nos campos que exibem o preço total a ser considerado por cada grupo de componentes são somados e retornados para o usuário no campo "Preço Final do Sistema de Geração Fotovoltaica", como mostra a Figura 24.

Ainda, no campo inferior direito da tela principal do aplicativo há o botão de fechar que, ao ser ativado encerra o aplicativo e mostra as planilhas citadas neste capítulo.



## 4 Resultados

A seguir está descrito o resultado obtido para um estudo de caso, bem como uma explanação sobre o retorno do algoritmo em relação a satisfatoriedade das informações apresentadas ao término do processo de prestação de consultoria fornecida pelo aplicativo.

### 4.1 Estudo de Caso

Para o estudo de caso, o aplicativo deverá apresentar os resultados de consultoria para a instalação de um sistema de geração fotovoltaica em uma residência situada na cidade de Mafra - SC. A unidade de possui uma média de consumo de energia elétrica de 176,4 kWh por mês e sua instalação é monofásica. Nas subseções subsequentes estão expostos os resultados obtidos pelo aplicativo desenvolvido, bem como uma comparação com um software semelhante para verificação dos resultados.

#### 4.1.1 Análise dos Dados

Como mencionado acima, o sistema de geração deverá ser proposto para uma residência com consumo médio de energia elétrica de 176,4 kWh por mês, na modalidade monofásica e localizada na cidade de Mafra, no estado de Santa Catarina. Com a finalidade de obter-se um panorama dos resultados esperados e um parâmetro de comparação para o aplicativo proposto, os valores citados anteriormente serão inseridos no site NeoSolar, que possui uma ferramenta semelhante e gratuita. A partir disto, os resultados obtidos pelo aplicativo aqui desenvolvido serão analisados.

Ao darmos entrada com o valor de consumo indicado acima, o aplicativo do site retorna os resultados exibidos na Figura 25. Segundo o resultado do aplicativo disponível no site NeoSolar, para atender a demanda de geração da unidade consumidora em questão o sistema deve contar com uma potência instalada de 1150  $Wp$ , com uma configuração de 4 painéis fotovoltaicos. Além disso, o site retorna um valor de investimento entre R\$ 7,803.07 a R\$ 11,934.10 para custear a instalação do gerador fotovoltaico.

Com base nas informações retornadas pelo site pode-se dar início ao processo de verificação dos resultados obtidos no aplicativo desenvolvido. A seguir está exposto o resultado da consultoria prestada pelo aplicativo, bem como os comentários sobre os dados retornados.

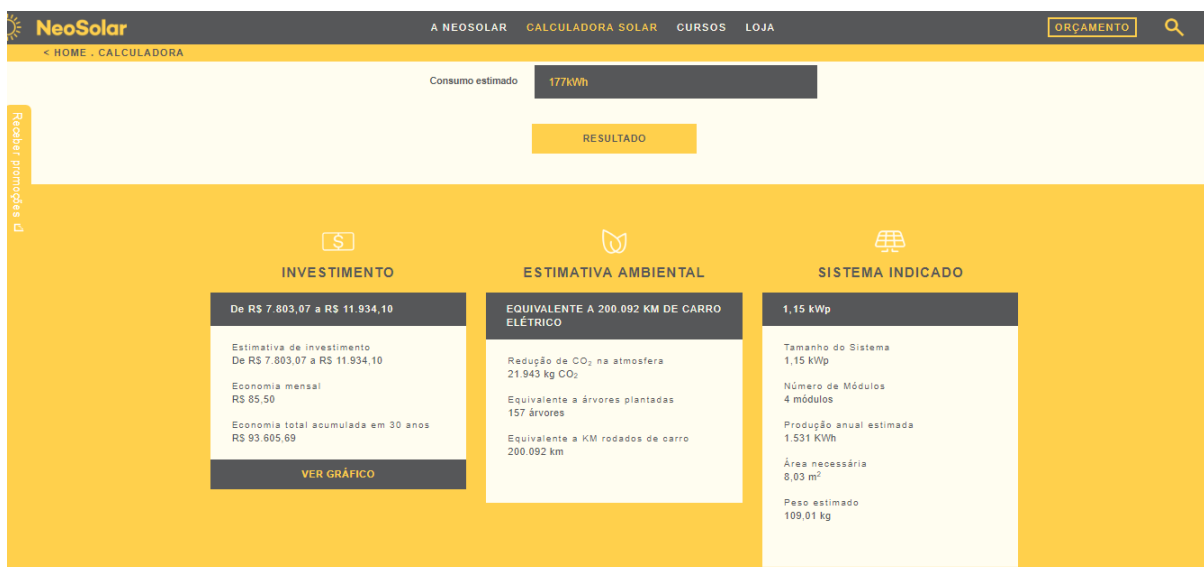


Figura 25 – Resultado obtido através do aplicativo disponível no site NeoSolar.

#### 4.1.2 Análise do Projeto a partir da Ferramenta

Ao inserirmos os dados de consumo da residência em questão e prosseguirmos com as entradas de informações citadas nos capítulos acima, o aplicativo retorna ao usuário os resultados expostos na Figura 26.

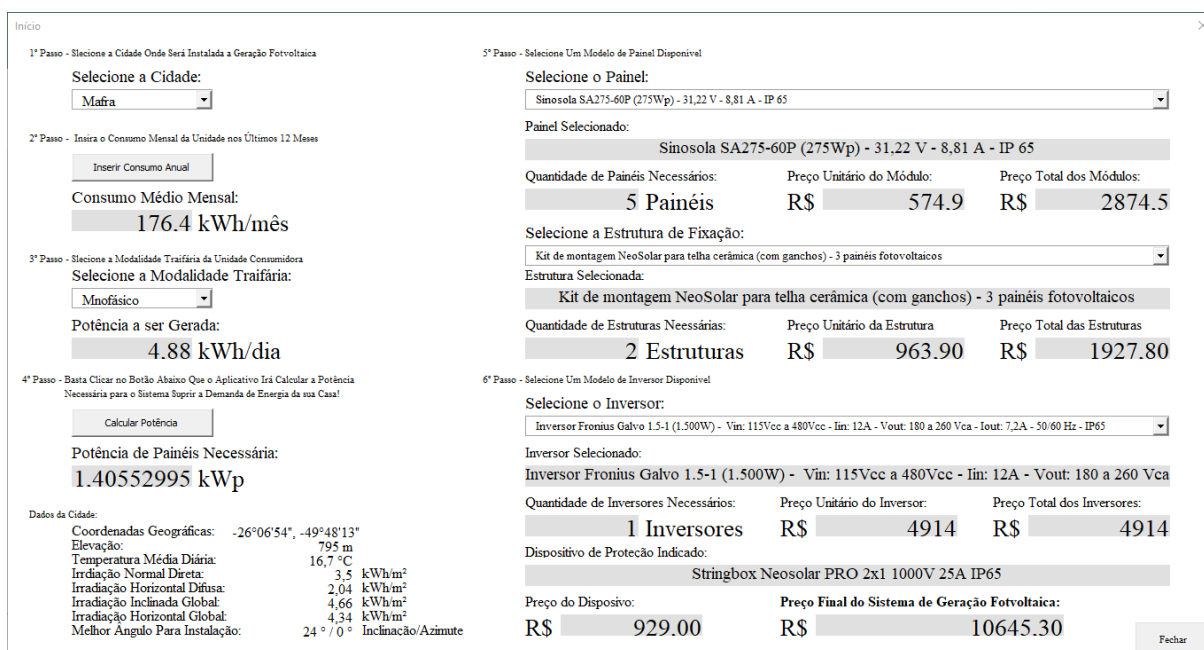


Figura 26 – Resultado obtido para um sistema de geração fotovoltaica para atender uma demanda de 176,4 kWh por mês na localidade de Mafra - SC.

Para uma unidade com consumo mensal médio de 176,4 kWh por mês, em modalidade monofásica, o aplicativo calculou que o sistema de geração fotovoltaica deve ter uma potência instalada de 1,4055 kWp para suprir a demanda de energia da residência em questão.

A seleção do modelo de painel fotovoltaico a ser utilizado na instalação foi feita com base em custo/benefício, tendo em vista que na seleção de um painel de menor potência o número de painéis necessários para atender a demanda de potência a ser gerada sobe significativamente, aumentando o número de estruturas de fixação necessárias para a instalação dos mesmos.

O modelo da estrutura de fixação foi designado de modo que o mínimo de estruturas seja preciso, mantendo espaço reserva para uma futura ampliação do sistema, caso seja necessário um aumento de potência de geração devido a um aumento na demanda de energia utilizada pela unidade consumidora.

Para a seleção do inversor, levou-se em conta a configuração do sistema, tendo em vista que o inversor possui entrada equipada com seguidor de máxima potência, com corrente nominal de 13,75 A. Além disso, o inversor selecionado mostra-se a melhor opção dentre as que estão disponíveis, já que pode fornecer até 1500 W enquanto que o pico de geração das placas fotovoltaicas será de 1405 W, garantindo que o dispositivo não sofrerá sobrecarga durante o pico de geração e que o fornecimento de energia não será interrompido mesmo em condições de pico da curva de carga da unidade consumidora.

O dispositivo de proteção ideal retornado pelo aplicativo é satisfatório, tendo em vista que o mesmo possui duas entradas de 25 A CC, equipado com chave seccionadora manobrável sob carga, dispositivo de proteção contra surtos (DPS) e classe de isolamento igual a 1000 V, garantindo que o sistema não será afetado ou danificado por surtos na rede ou por condições adversas da natureza. Ainda, o índice de proteção (IP) grau 65 possibilita a sua instalação em locais cobertos, sem a necessidade de estruturas específicas para garantir que o dispositivo não irá ser danificado devido aos níveis de poeira no ar e as condições de inclinação da chuva.

Ao final, o aplicativo retornou um sistema contendo 5 placas fotovoltaicas para geração da energia com o custo total da instalação do sistema de R\$ 10,645.43. Este valor está dentro da janela de preço retornada pelo site NeoSolar. Ainda, o site retornar uma quantidade de 4 placas necessárias para a geração, este valor diverge devido ao fato de a potência instalada requerida ser de 1150 Wp enquanto que o aplicativo desenvolvido retorna uma potência de 1405 Wp. Podemos analisar esta discrepância como sendo uma mudança no índice de radiação da localidade, já que se o índice considerado pelo site for maior do que o presente no banco de dados do aplicativo o sistema poderá gerar a mesma quantidade de energia com uma menor potência de geração fotovoltaica instalada, como mostra a Equação 2.1.

Por fim, ao comparar-se os resultados do aplicativo desenvolvido aos obtidos pelo site NeoSolar e analisar os valores retornados em resposta aos modelos de dispositivos selecionados durante o processo de escolha, fica evidente a coerência dos resultados obtidos através do aplicativo, mostrando que seus passos estão em uma sequência correta para o

bom funcionamento do algoritmo que foi elaborado de maneira a proporcionar praticidade para que o usuário possua a liberdade de escolher entre modelos de equipamentos conforme sua preferência.

Analisando o desenvolvimento e funcionamento do aplicativo, pode-se definir as vantagens e desvantagens ao usar o software apresentado neste documento:

- Vantagens:
  - Passos sequenciais e bem definidos para o usuário;*
  - Interface intuitiva;*
  - Possibilidade de mudar as configurações do sistema de geração de acordo com a preferência do usuário;*
  - Resultados em tempo real conforme mudanças de configuração;*
  - Banco de dados pode ser atualizado pelo usuário conforme a necessidade.*
  
- Desvantagens:
  - Funciona apenas em computadores;*
  - Requer espaço de armazenamento no computador;*
  - Requer o Microsoft Excel instalado no computador;*
  - Não pode ser acessado pela internet;*
  - O banco de dados deve ser atualizado manualmente pelo usuário.*

Considerando os pontos positivos e negativos itemizados, identifica-se que a utilização do aplicativo depende da necessidade do usuário final. Nota-se que, em casos onde não seja possível utilizar a internet como recurso, o aplicativo fornece uma ótima consultoria para o projeto e ainda ter seu banco de dados adaptado para uma gama de produtos oferecidos pelo usuário. Por outro lado, em situações onde exista internet disponível e não seja necessária a utilização de bancos de dados exclusivos, outros aplicativos online podem fazer o mesmo processo sem que seja exigido a instalação de nenhum programa no seu computador, além da possibilidade de serem acessados por celulares e tablets.

## 5 Considerações Finais

Ao final do processo de estudo e desenvolvimento da ferramenta nota-se os benefícios proporcionados pelo aplicativo, facilitando o dimensionamento e diminuindo o tempo de projeto através da reunião de informações de componentes de fabricantes e fornecedores variados. A programação em *Visual Basic for Applications* mostra-se especialmente útil para esta finalidade, possibilitando a criação de interfaces visuais e a manipulação de informações contidas em diferentes planilhas, tornando o processo simples e organizado. Adicionalmente, o aplicativo revela-se uma boa ferramenta de apoio didático para a aqueles que pretendem trabalhar na área de projetos de sistemas de geração fotovoltaica residencial.

Ainda, percebe-se que o aplicativo pode oferecer recursos para o tornarem ainda mais completo, como por exemplo módulos relacionados aos condutores e ao peso da estrutura final da geração tendo em vista que, grande parte dos sistemas são instalados em telhados ou lajes, oferecendo risco a estrutura conforme a necessidade de potência a ser instalada e o conseqüente aumento no peso que o telhado deverá suportar. Ainda, o aplicativo pode oferecer condicionamentos de seleção, restringindo os modelos de equipamentos que podem ser selecionados conforme a escolha do item anterior, medida esta que não foi tomada devido ao fato de haver poucas restrições para seleção de um componente a partir da escolha de outro e, acima de tudo, para dar ao usuário a liberdade de configuração do sistema como considerar a maneira mais eficiente de projetar a disposição da arquitetura da geração.

Perante os resultados obtidos, de maneira geral, considera-se que o aplicativo foi projetado e desenvolvido de maneira satisfatória. Por fim, com a ideia de tornar o projeto sequencial e aberto, o algoritmo comentado está disposto nos apêndices A e B deste documento. Todavia, para o total entendimento e visualização do processo realizado pela lógica do programa, o aplicativo deverá estar acompanhando o leitor. Ao final desta etapa o aplicativo, juntamente com o algoritmo desenvolvido, ficarão a dispor da comunidade acadêmica para eventuais consultas e melhorias, proporcionando incentivo e inspiração a todos que tiverem a intenção de seguir na mesma área aqui abordada.

### 5.1 Trabalhos Futuros

Como continuidade do trabalho propões-se:

- Implementação de novas funções, tais como:
  - *Um módulo para o cálculo do peso das estruturas;*
  - *Um módulo para o dimensionamento e cálculo do preço dos cabos;*

- *Um módulo de custo de manutenção abrangendo o tempo de vida útil do sistema de geração;*
  - *Um módulo de cálculo para definir o custo de geração da energia;*
  - *Um módulo para determinação do tempo de retorno de investimento.*
- 
- Atualização de bancos de dados de fabricantes e fornecedores de equipamentos.

# Referências

ALTENER; GREENPRO. *Energia Solar Fotovoltaica - Manual Sobre Tecnologias, Projetos e Instalação*. 1ª ed.. ed. Alemanha: Portal Energia, 2004. Citado 4 vezes nas páginas 9, 12, 13 e 19.

ALVES, A. F. *Energia Solar Fotovoltaica*. [S.l.]: UNESP, 2016. Citado na página 21.

ANEEL, A. N. de E. E. *Norma Brasileira - ABNT NBR 5410*. [S.l.]: ANEEL, 2015. Citado na página 21.

ANEEL, A. N. de E. E. *Resolução Normativa Número 687, de 24 de Novembro de 2015*. [S.l.]: ANEEL, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 22.

CABRAL, C. V. T. *Energia Fotovoltaica*. [S.l.]: UFV, 2001. Citado na página 14.

GUIMARÃES, G. *Como São Contruídos os Módulos Fotovoltaicos?* [S.l.]: SOLARVOLT, 2016. Citado na página 15.

JELINEK, A. R. *Planimetria*. [S.l.]: UFRGS, 2009. Citado na página 16.

PINHO, J. T. et al. *Sistemas Híbridos - Soluções Energéticas para a Amazônia*. 1ª ed.. ed. Brasília: Portal Energia, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 12.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. *Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos*. 3ª ed.. ed. Rio de Janeiro: CEPTEL - CRESESEB, 2014. Citado 6 vezes nas páginas 11, 14, 17, 19, 20 e 21.

SUSTENTABILIDADE, M. T. e. *Números da Energia Solar em 2017 - Micro / Mini Geração Distribuída*. [S.l.]: MHR, 2018. Citado na página 23.

WALKENBACH, J. *Programando Excel VBA Para Leigos*. 2ª ed.. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2013. Citado na página 23.

# Apêndices



# APÊNDICE A – Algoritmo Desenvolvido Para a Tela Principal o Aplicativo

```

'Carregar caixas de combinação com os itens presentes nos bancos de dados
Private Sub UserFormActivate()
Dim C As Worksheet
Dim P As Worksheet
Dim I As Worksheet
Dim E As Worksheet
Dim W As Worksheet
Set I = Sheets("Inversores")
Set C = Sheets("Listas")
Set P = Sheets("Painéis")
Set E = Sheets("Estruturas")
Set W = Sheets("Planilha de Cálculos")
'limpar dados:

C.Select
'Início da estapa de CIDADES
'Selecionar coluna das cidades contidas na lista'
C.Range("b2").Select
'Limpar caixa de combinação'
fmr0.cxcidades.Clear
'Estrutura de repetição do while'
'Varredura de cidades contidas na lista'
Do While ActiveCell.Value <>
fmr0.cxcidades.AddItem ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
'Fim da etapa de cidades'
'Início da etapa de MODALIDADES
'Selecionar coluna das cidades contidas na lista'
C.Range("d2").Select
'Limpar caixa de combinação'
fmr0.cxmodalidade.Clear
'Estrutura de repetição do while'
'Varredura de cidades contidas na lista'
Do While ActiveCell.Value <>
fmr0.cxmodalidade.AddItem ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
'Fim da etapa de modalidades
'Inicio da etapa de PAINÉIS
'Selecionar coluna dos Estados contidos na lista'
P.Select
P.Range("a2").Select
'Limpar caixa de combinação'
fmr0.cxpainel.Clear
'Estrutura de repetição do while'
'Varredura de estados contidos na lista'
Do While ActiveCell.Value <>

```

```
fmr0.cxpainel.AddItem ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
'Inicio da etapa de INVERSORES
I.Select
I.Range("a2").Select
'Limpar caixa de combinação'
fmr0.cxinversor.Clear
'Estrutura de repetição do while'
'Varredura de estados contidos na lista'
Do While ActiveCell.Value <>
fmr0.cxinversor.AddItem ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
' fim da etapa de inversores
'Inicio da etapa de ESTRUTURAS
E.Select
E.Range("a2").Select
'Limpar caixa de combinação'
fmr0.cxestruturas.Clear
'Estrutura de repetição do while'
'Varredura de estados contidos na lista'
Do While ActiveCell.Value <>
fmr0.cxestruturas.AddItem ActiveCell.Value
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
' fim da etapa de estruturas
End Sub
Private Sub btcalcClick()
' Ppainel = Egeração / HSP*rendimento
Dim W As Worksheet
Set W = Sheets("Planilha de Cálculos")
Dim Pt As Long
Pt = 0
' calculando a potência necessária para os painéis:
W.Range("f2").Value = W.Range("c6").Value / (W.Range("d2").Value * W.Range("e2"))
fmr0.potness.Caption = W.Range("f2").Value
End Sub
'Abrir formulário de inserção de consumo anual.'
Private Sub CommandButton1Click()
fmr1.Show
End Sub
'Botão fechar'
Private Sub CommandButton2Click()
Unload Me
End Sub
Private Sub cxinversorChange()
'declarando as variáveis de Inversor:
'nome do inversor:
Dim IV As String
'quantidade de inversores:
Dim QV As Long
QV = 1
'potencia acumulada do inversor
Dim PAI As Long
PAI = 0
'potencia requerida
```

```

Dim PR As Long
PR = 0
'Declarando a variável de planilha:
Dim I As Worksheet
Dim W As Worksheet
Dim P As Worksheet
Set W = Sheets("Planilha de Cálculos")
Set I = Sheets("Inversores")
Set P = Sheets("Proteção")
I.Select
IV = fmr0.cxinversor.Value
I.Range("a2").Select
Do While ActiveCell.Value <>
If ActiveCell.Value = IV Then
'gravar na planilha de claculos o valor de potencia do inversor selecionado
W.Range("g4").Value = ActiveCell.Offset(0, 1).Value / 1000
'gravar na planilha de calculos o valor unitario de cada inversor
W.Range("i4").Value = ActiveCell.Offset(0, 3).Value
'gravar na planilha de cálculos a corrente máxima de entrada do inversor
W.Range("g6").Value = ActiveCell.Offset(0, 4).Value
End If
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
'inserindo o Inversor selecionado no campo que mostra a escolha:
fmr0.nomeinver.Caption = IV
'inserindo o valor unitário do inversor no campo que mostra ao usuário:
fmr0.invunit.Caption = ActiveCell.Offset(0, 2).Value
'Definindo a quantidade de Inversores de acordo com a escolha da caixa de seleção:
W.Select
'PR = W.Range("c6").Value
'PAI = W.Range("g4").Value
'Do Until PAI <= PR
' PAI = PAI * QV
' QV = QV + 1
'Loop
W.Range("h4").Value = W.Range("f2") / W.Range("g4")
fmr0.qtdinv.Caption = W.Range("h6").Value
' gravar na planilha de calculos o valor total dos inversores
W.Range("j4").Value = W.Range("i4") * W.Range("h6")
fmr0.invunit.Caption = W.Range("i4").Value
fmr0.invtotal.Caption = W.Range("j4").Value
'Dimensionamento da proteção
If W.Range("g6").Value < P.Range("b2") Then
'mostrar o nome do dispositivo de proteção:
fmr0.nomeprotecao.Caption = P.Range("a2").Value
'gravar na planilha de calculos o preço da proteção:
W.Range("j6") = P.Range("c2")
Else
If W.Range("g6").Value < P.Range("b3") Then
'mostrar o nome do dispositivo de proteção:
fmr0.nomeprotecao.Caption = P.Range("a3").Value
'gravar na planilha de calculos o preço da proteção:
W.Range("j6") = P.Range("c3")
Else
If W.Range("g6").Value < P.Range("b4") Then
'mostrar o nome do dispositivo de proteção:
fmr0.nomeprotecao.Caption = P.Range("a4").Value

```

```
'gravar na planilha de calculos o preço da proteção:
W.Range("j6") = P.Range("c4")
Else
'mostrar o nome do dispositivo de proteção:
fmr0.nomeprotecao.Caption = P.Range("a5").Value
'gravar na planilha de calculos o preço da proteção:
W.Range("j6") = P.Range("c5")
End If
End If
End If
fmr0.protunit.Caption = W.Range("j6").Value
'calculo do custo total do projeto:
W.Range("j10").Value = W.Range("j2").Value + W.Range("j4").Value + W.Range("j6").Value +
W.Range("j8").Value
'mostrar o valor total do projeto:
fmr0.totalprojeto.Caption = W.Range("j10").Value
End Sub
Private Sub cxmodalidadeChange()
'declarando a variável de Modalidade:
Dim M As String
Dim hsp As Long
'Declarando a variável de planilha:
Dim W As Worksheet
Dim C As Worksheet
Set W = Sheets("Planilha de Cálculos")
Set C = Sheets("Listas")
C.Select
M = fmr0.cxmodalidade.Value
C.Range("d2").Select
Do While ActiveCell.Value <>
If ActiveCell.Value = M Then
' potencia PV = Ptencia média - custo de disponibilidade:
W.Range("c4").Value = W.Range("c2").Value - ActiveCell.Offset(0, 1).Value
End If
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
'mostrar o valor da potencia a ser gerada
fmr0.visor_gerapot.Caption = W.Range("c4").Value/30
W.Range("c6").Value = W.Range("c4").Value / 30
'fmr0.visor_gerapot.Caption = hsp
End Sub
'Definição do painel selecionado
Private Sub cxpainelChange()
'declarando as variáveis de Painéis:
Dim PN As String
Dim QP As Long
QP = 0
'Declarando a variável de planilha:
Dim P As Worksheet
Dim W As Worksheet
Set W = Sheets("Planilha de Cálculos")
```

```
Set P = Sheets("Painéis")
P.Select
PN = fmr0.cxpainel.Value
P.Range("a2").Select
Do While ActiveCell.Value <>
If ActiveCell.Value = PN Then
'gravar na planilha de claculos o valor de Wp do painel selecionado
W.Range("g2").Value = ActiveCell.Offset(0, 1).Value
'gravar na planilha de calculos o valor unitario de cada painel
W.Range("i2").Value = ActiveCell.Offset(0, 3).Value
End If
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
'inserindo o painel selecionado no campo que mostra a escolha:
fmr0.nomepainel.Caption = PN
'inserindo o valor unitário do painel no campo que mostra ao usuário:
fmr0.precounit.Caption = ActiveCell.Offset(0, 2).Value
'Definindo a quantidade de painéis de acordo com a escolha da caixa de seleção:
W.Select
QP = W.Range("f2").Value / (W.Range("g2").Value / 1000)
W.Range("h2") = QP
fmr0.qtdpainel.Caption = QP
' gravar na planilha de calculos o valor total dos painéis:
W.Range("j2").Value = W.Range("i2") * W.Range("h2")
fmr0.precounit.Caption = W.Range("i2").Value
fmr0.precototal.Caption = W.Range("j2").Value
End Sub
'Definição do painel selecionado
Private Sub cxestruturasChange()
'declarando as variáveis de estruturas:
Dim ET As String
Dim QE As Long
QE = 0
'Declarando a variável de planilha:
Dim T As Worksheet
Dim W As Worksheet
Set W = Sheets("Planilha de Cálculos")
Set T = Sheets("Estruturas")
T.Select
```

```
ET = fmr0.cxestruturas.Value
T.Range("a2").Select
Do While ActiveCell.Value <>
If ET = T.Range("a2").Value Or ET = T.Range("a11").Value Or ET =
T.Range("a13").Value Then
ET = NA
MsgBox "Selecione uma opção válida."
GoTo naodeu
Else
If ActiveCell.Value = ET Then
'gravar na planilha de claculos o valor de paineis suportados pela estrutura
W.Range("g8").Value = ActiveCell.Offset(0, 1).Value
'gravar na planilha de calculos o valor unitario de cada estrutura
W.Range("i8").Value = ActiveCell.Offset(0, 2).Value
End If
End If
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
'inserindo a estrutura selecionada no campo que mostra a escolha para o usuário:
fmr0.nomeestrutura.Caption = ET
'inserindo o custo unitário da estrutura no campo que mostra ao usuário:
fmr0.estruturaunit.Caption = ActiveCell.Offset(0, 2).Value
'Definindo a quantidade de estruturas de acordo com a escolha da caixa de seleção:
W.Select
'QE = W.Range("h8").Value
fmr0.qtdeestrutura.Caption = W.Range("h10").Value
' gravar na planilha de calculos o valor total dos painéis
W.Range("j8").Value = W.Range("i8") * W.Range("h8")
'mostrar para o usuário o preço unitário
fmr0.estruturaunit.Caption = W.Range("i8").Value
'mostrar para o usuário o preço total
fmr0.estruturatotal.Caption = W.Range("j8").Value
naodeu:
End Sub
'Cálculos com as informações do banco de dados das cidades
Private Sub cxcidadesChange()
'declarando a variável de Cidade:
Dim CID As String
'declarando a variável de irradiação média diária:
```

```
Dim Ir As Long
'Declarando a variável de planilha:
Dim D As Worksheet
Dim W As Worksheet
Set W = Sheets("Planilha de Cálculos")
Set D = Sheets("Banco de Dados")
D.Select
CID = fmr0.cxcidades.Value
D.Range("a3").Select
Do While ActiveCell.Value <>
If ActiveCell.Value = CID Then
W.Range("d2").Value = ActiveCell.Offset(5, 0).Value
Ir = W.Range("d2").Value
'mostrar a para o usuário os dados presentes no banco de dados:
fmr0.coodcidade.Value = ActiveCell.Offset(-2, 0)
fmr0.tempcidade.Value = ActiveCell.Offset(19, 0)
fmr0.ghi.Value = ActiveCell.Offset(5, 0)
fmr0.dni.Value = ActiveCell.Offset(8, 0)
fmr0.dif.Value = ActiveCell.Offset(11, 0)
fmr0.gti.Value = ActiveCell.Offset(14, 0)
fmr0.elev.Value = ActiveCell.Offset(21, 0)
fmr0.angle.Value = ActiveCell.Offset(17, 0)
End If
ActiveCell.Offset(0, 1).Select
Loop
End Sub
```

# APÊNDICE B – Algoritmo Desenvolvido Para a Tela de Inserção de Consumo Anual

```

Private Sub UserFormActivate()
Application.ScreenUpdating = False
'definindo a variaveis w e m como as planilhas Banco de Dados e Menu Inicial
Dim W As Worksheet
Dim M As Worksheet
Set W = Sheets("Planilha de Cálculos")
Set M = Sheets("Menu Inicial")
W.Select
W.Range("b2").Select
Do While ActiveCell.Value <>
ActiveCell.Clear
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
M.Select
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
Private Sub CommandButton1_Click()
'desativar tela enquanto processa
Application.ScreenUpdating = False
Dim W As Worksheet
Set W = Sheets("Planilha de Cálculos")
'gravar valores dos campos do formulario
W.Range("B2").Value = fmr1.tbjan.Value
W.Range("B3").Value = fmr1.tbfev.Value
W.Range("B4").Value = fmr1.tbmar.Value
W.Range("B5").Value = fmr1.tbabr.Value
W.Range("B6").Value = fmr1.tbmai.Value W.Range("B7").Value = fmr1.tbjun.Value
W.Range("B8").Value = fmr1.tbjul.Value
W.Range("B9").Value = fmr1.tbago.Value
W.Range("B10").Value = fmr1.tbset.Value
W.Range("B11").Value = fmr1.tbout.Value
W.Range("B12").Value = fmr1.tbnov.Value
W.Range("B13").Value = fmr1.tbdez.Value
'calcular a média dos valores inseridos
W.Range("c2").Value = (W.Range("b2").Value + W.Range("b3").Value +
W.Range("b4").Value +
W.Range("b5").Value + W.Range("b6").Value + W.Range("b7").Value +
W.Range("b8").Value +

```



```
W.Range("b9").Value + W.Range("b10").Value + W.Range("b11").Value +  
W.Range("b12").Value +  
W.Range("b13").Value) / 12  
fmr0.visor_consumo.Caption = W.Range("c2").Value  
Unload Me  
Application.ScreenUpdating = True  
End Sub  
Private Sub btsairClick()  
Unload Me  
End Sub
```