

# ELABORAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE PROJETO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA A APROVAÇÃO NA ENERGISA-MT

ADRIEL MARCEL DE SOUZA<sup>1</sup>  
VINICIUS GONSALES DIAS<sup>2</sup>

**RESUMO:** A energia elétrica é um recurso fundamental para o ser humano, destes os primórdios dos tempos, o ser humano utilizava a energia para realizar suas tarefas, e assim garantir sua sobrevivência. Hoje em dia com o avanço da tecnologia se tornamos mais dependente da energia elétrica, desde acender uma luz, utilizar um smartphone ou até mesmo se locomover a longas distâncias. Com isso, surge então novos meios de geração de energia, sendo elas renováveis e não renováveis, energia limpa e as que polui o meio ambiente. Desta forma analisando todos os meios de geração, a energia fotovoltaica se torna satisfatória como meio de geração de energia limpa e renovável, sendo que a mesma utiliza a irradiação solar para gerar energia. Tendo um projeto e instalação adequada, ela demonstra grande índice de geração. Visando assim tal importância, foi proposto o desenvolvimento de um projeto de microgeração de energia fotovoltaica, com o sistema on-grid, até a aprovação da Energisa-MT.

**Palavras-chave:** energia fotovoltaica, energia solar, projeto energia fotovoltaica

## ELABORATION AND DIMENSIONING OF A PHOTOVOLTAIC ENERGY PROJECT FOR APPROVAL AT ENERGISA-MT

**ABSTRACT:** Electric energy is a fundamental resource for human beings, since these early days, human beings used energy to perform their tasks, and thus guarantee their survival. Nowadays with the advancement of technology we have become more dependent on electricity, from turning on a light, using a smartphone or even moving long distances. With that, new means of energy generation emerge, which are renewable and non-renewable, clean energy and those that pollute the environment. Thus, analyzing all the means of generation, photovoltaic energy becomes satisfactory as a means of generating clean and renewable energy, and it uses solar irradiation to generate energy. Having a proper design and installation, it shows a high generation rate. Thus, aiming at such importance, it was proposed to develop a photovoltaic microgeneration project, with the on-grid system, until Energisa-MT approval.

**Keywords:** photovoltaic energy, solar energy, photovoltaic energy Project.

---

<sup>1</sup> Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPÉ Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [adriel\\_marcel@hotmail.com](mailto:adriel_marcel@hotmail.com);

<sup>2</sup> Professor especialista em Engenharia Civil, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPÉ Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [viniciusgonsolesdias@gmail.com.br](mailto:viniciusgonsolesdias@gmail.com.br)

## 1. INTRODUÇÃO

“A radiação solar que incide na Terra tem papel principal em várias atividades humanas como, por exemplo, a agricultura, a arquitetura e o planejamento energético. A radiação solar é uma opção, limpa e renovável de produção de energia. Um país como Brasil, que está localizada na sua maior parte na região intertropical, possui grande potencial de energia solar durante todo ano” (LORENZI, 2012).

“A média mensal da energia solar que reflete todos os dias sobre Brasil em cada m<sup>2</sup> da superfície varia, dependendo do local e da época do ano, entre 9 e 27 mega joules (MJ), que condiz a 2,5 a 7,5 quilowatts-hora (kWh). Apesar de inesgotável e não ofereça riscos ambientais, essa energia ainda é aproveitada muito pouco no país, para secagem de alimentos, na indústria do sal e em outras atividades” (LODI, 2011).

Vê-se assim uma grande vantagem para a produção de energia fotovoltaica no território brasileiro, haja visto que seus índices são satisfatórios, e a necessidade de aumentar a produção de energia, já que por sua vez a demanda sempre está em crescimento.

Nas últimas décadas a energia solar vem sendo aprimorando e reconhecida como uma tecnologia promissora, já que, está obtendo altas escalas na produção de energia, e redução de custo para os investidores.

No ponto de vista internacional, o Brasil tem várias características que favorecem a utilização da energia fotovoltaica, como por exemplo as reservas de quartzo que por sua vez traz uma grande produção de silício, que são utilizados nas células e módulos solares, produtos esse de grandes valores, também se leva em conta os níveis de insolação que o Brasil recebe em seu território, fazendo com que tenha uma alta produção de energia sem as variáveis que são apresentadas em outros países.

Com isso surge cada vez mais as microgeradora de energia solar, onde grande parte utiliza o sistema on-grid, injetando sua produção na rede da concessionária de fornecimento de energia elétrica, neste caso a concessionária responsável é a Energisa-MT

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Primeira usina fotovoltaica

“O pânico criado pela crise petrolífera em 1973, onde o preço do barril de petróleo quadruplicou, somada as preocupações ambientais causadas pelas mudanças climáticas, constatada no mesmo período, levou as potências mundiais a investirem fortemente na tecnologia fotovoltaica e em programas de investigação para reduzir o custo de produção das células solares” (NEW SCIENTIST, 1979).

“Todos esses avanços tecnológicos aliados à ameaça de uma nova crise energética motivaram a criação do primeiro parque de geração fotovoltaica, em 1982 nos EUA gerando 400KW/h ano, e os telhados solares em 1990 na Alemanha e em 1993 no Japão. A Alemanha é um dos líderes mundiais na instalação de energia fotovoltaica, com uma potência instalada de 38 gigawatts (GW) no começo de 2015. A energia fotovoltaica no Japão expandiu-se rapidamente desde a década de 1990, o país é um dos líderes na fabricação de módulos fotovoltaicos e se encontra entre os primeiros postos em termos de potência instalada, com mais de 23 GW no final de 2014, a maior parte conectada à rede. Os Estados Unidos é desde 2010

um dos países com maior atividade no mercado fotovoltaico. Com numerosas plantas de conexão à rede, superou os 20 GW de capacidade instalada no início de 2015 (ECKERT, 2011).

No setor de geração centralizada, o Brasil possui 2,68 gigawatts (GW) de potência instalada em usinas solares fotovoltaicas, o equivalente a 1,5% da matriz elétrica do País” (PORTALSOLAR, 2020).

## 2.2. Modelos de Células

“Atualmente constituem o grande campo de pesquisas para desenvolvimento de células de menor custo, são as células de filmes finos. A estratégia é usar pouco material, diminuir o consumo de energia na fabricação permitindo a produção em larga escala” (NASCIMENTO, 2004).

As células mais encontradas nos mercados são a base de silício, sendo elas monocristalino e policristalino

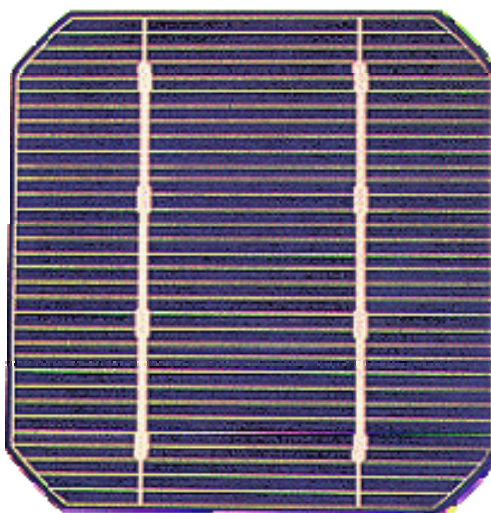
### 2.2.1 Células monocristalino

“As células de monocristalino utilizam o silício como matéria prima para a produção, essa produção se dá pela exploração dos cristais de dióxido de silício, após seu preparo este material alcança uma pureza entre 98% a 99% o que o torna eficaz no ponto de vista energético e de custo.

Para a fabricação das células fotovoltaicas o silício precisará de outros dispositivos semicondutores para poder alcançar uma pureza maior, perto da faixa de 100%

Através da partícula de um cristal adequadamente orientado e sob rígido controle de temperatura, vai-se tirando do material fundido um grande cilindro de silício monocristalino superficialmente dopado. O cilindro obtido é cortado em fatias finas de aproximadamente 300 mm. Após o corte e limpeza de impurezas das fatias, devem-se introduzir impurezas do tipo N de forma a obter a junção. Esse processo é feito através da difusão controlada, na qual as fatias de silício são expostas a vapor de fósforo em um forno cuja temperatura varia entre 800 a 1000 C. Dentre as células fotovoltaicas que utilizam o silício como material base, as monocristalino são, em geral, as que apresentam as maiores eficiências. As fotocélulas comerciais obtidas com o processo descrito atingem uma eficiência de até 15%, podendo chegar em 18% em células feitas em laboratórios” (DA SILVA JUNIOR, 2008).

Figura 1: Célula formada por lâminas de silício monocristalino.



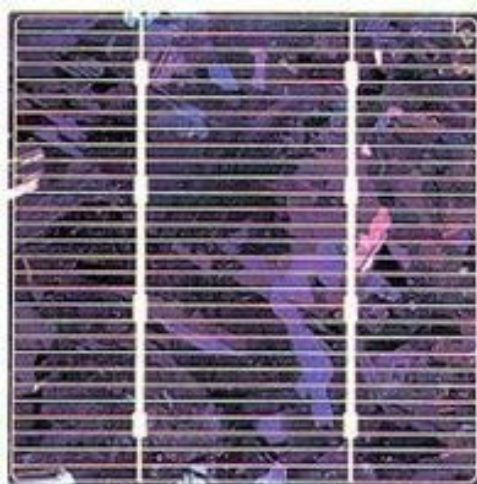
Fonte: Adaptado de CRESESB, 2006.

### 2.2.2 Células policristalinas

As células policristalinas, utiliza também o silício para sua fabricação, no entanto a pureza do silício diminui o que as tornam menos eficiente, já que para alcançar uma taxa de 100% de pureza utiliza-se mais dispositivos semicondutores.

Podem ser feitos pelo corte de um lingote, de fitas ou depositando um filme num substrato, tanto por transporte de vapor como por imersão. Nestes dois últimos casos só o silício policristalino pode ser obtido cada técnica produz cristais com características específicas, incluindo tamanho, morfologia e concentração de impurezas. Ao longo dos anos, o processo de fabricação tem atingido capacidade máxima de 12,5% em escalas industriais. (REIS, 2012).

Figura 2: Célula de silício policristalino.



Fonte: Adaptado de CRESESB, 2006

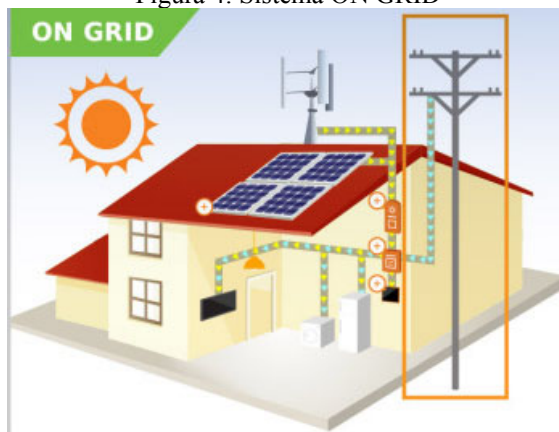
### 2.3 Instalação dos sistemas

“O sistema fotovoltaico é classificado de acordo com sua configuração de instalação, que pode ser dividida em três categorias: sistemas isolados, híbridos e conectados à rede” (CRESESB, 2006).

‘Neste caso iremos apresentar somente o sistema on grid. Com o intuito de elaborarmos um sistema para se conectar à rede e ter aprovação da concessionária

Neste sistema não há necessidade de armazenar energia, porque toda a energia que é gerada vai direto para a rede. Neste caso a geração é utilizada como forma de compensação pela energia absorvida da rede ou como uma planta geradora de energia para a rede. O sistema fotovoltaico é ligado a inversores, que é ligado diretamente na rede” (CRESESB, 2006).

Figura 4: Sistema ON GRID



Fonte: Coopesolar

## 2.4 Conversão de incidência solar em energia elétrica

Para a conexão das células fotovoltaicas a rede deve se fazer a transformação da corrente contínua (DC) para a corrente alternada (AC), esse processo é feito por meio de inversores de corrente, transformando assim uma voltagem de 12v para 220v

Este tipo de tecnologia dispõe de recursos abundantes como a radiação solar (apesar de apresentar variações diárias, sazonais e climáticas) e o silício, segundo elemento químico mais abundante na crosta terrestre. Em média, cada metro quadrado na Terra recebe luz solar suficiente para gerar 1700 kWh de energia elétrica fotovoltaica, anualmente, usando a tecnologia corrente (EPIA e GREENPEACE, 2011).

Figura 5: Inversor



Fonte: ALDO

## 2.5 Legislação vigente no Brasil

O Brasil com o aumento da demanda e com potencial, para instalação de sistemas fotovoltaicos, vem tentando introduzir programas de financiamentos para dos potenciais sistema, tendo taxas de juros em 0,69%, incentivando assim a realização de projetos.

Segundo a ANEEL (2012) “a Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012 estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências”.

- Micro geração Distribuída Incentivada: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fonte incentivada de energia conectada na rede de baixa tensão da distribuidora através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada, não despachada pelo ONS.

- Mini geração Distribuída Incentivada: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada maior que 100 kW e menor ou igual a 1 MW e que utilize fonte incentivada de energia conectada diretamente na rede da distribuidora, em qualquer tensão, ou através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada, não despachada pelo ONS.

### 2.5.1 Crédito por energia injetada

Quando um sistema fotovoltaico estiver gerando eletricidade, esta será consumida no local. Caso a geração seja maior que o consumo, o excedente é injetado na rede elétrica, gerando créditos de energia. Quando a geração for menor do que o consumo, será utilizada a energia da própria rede elétrica. **Os créditos de energia possuem o mesmo valor da eletricidade da rede e podem ser utilizados para abater o consumo, diminuindo assim o valor da conta de energia.** Ao final do mês, é realizado o balanço de quanto foi injetado e quanto foi consumido. Caso em um

mês a geração tenha sido maior que o consumo, os créditos de energia podem ser utilizados nos meses seguintes com validade de 5 anos. Esses créditos também podem ser utilizados para compensar o consumo de outras unidades previamente cadastradas para este fim e atendidas pela mesma distribuidora

## 2.6 Montagem dos painéis e inversores

Na montagem do sistema fotovoltaico é essencial a análise de dois fatores, o ângulo de inclinação das células e sua orientação, e o sombreamento ocasionado por barreiras. Os painéis solares devem ser instalados com o ângulo de inclinação horizontal coincidindo com a latitude do local onde será instalado, e sua orientação deve ser voltada para o norte no hemisfério sul e ao sul no hemisfério norte.

Os painéis solares têm sua eficiência voltada entre 25 a 30 anos e os inversores solares 5 a 10 anos, sendo assim de baixa manutenção, no entanto não está livre de degradação ao longo desse período.

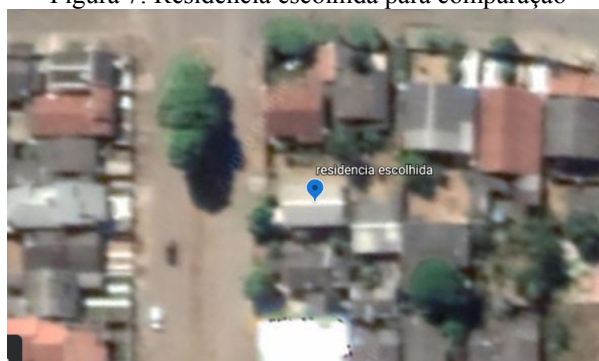
## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado como metodologia a pesquisa bibliográfica descrita, documentário a respeito do assunto, juntamente com teste e discussões com empresas de instalação de energia solar, demonstrando todos o procedimento para aprovação do projeto.

### 3.1. Apresentação do consumo da residência selecionada

Com o objetivo elaborar um projeto de energia fotovoltaica, foi selecionada uma residência situada no bairro Centro, pertencente a região central de Colíder. A casa localiza-se ruas Isabel Martins Simone. Sendo uma residência unifamiliar e seu telhado sendo composto por duas águas, o padrão de entrada da unidade consumidora é residencial bifásico, com disjuntor de proteção de 40A e cabo do ramal de entrada, do tipo multiplexado de 10mm<sup>2</sup>, 2 fases mais neutro.

Figura 7: Residência escolhida para comparação



Fonte: Google Earth

A residência escolhida é de uma família de classe média, composta por quatro pessoas. Ela possui uma suíte, dois quartos, um banheiro social, um lavabo, duas salas, cozinha e uma área gourmet totalizando 150m<sup>2</sup> de área construída. A fatura de energia elétrica foi obtida para que a análise do consumo anual fosse realizada. A Tabela 1 apresenta os consumos mensais da residência durante um ano.



Tabela 1: Consumo mensal anual

Mês / Ano	Consumo em kwh
08/19	887
09/19	900
10/19	879
11/19	898
12/19	930
01/20	891
02/20	885
03/20	876
04/20	898
05/20	856
06/20	870
07/20	887
Média	890

Fonte: Pesquisa Própria

Por sequencia foi elaborada uma tabela para esclarecimento dos equipamentos utilizados na residência diariamente.

Tabela 2: Cômodos e Itens com suas potencias

Comodo	Item	Potência em (Watts)
Suíte	<b>3 Lâmpada</b>	<b>75</b>
	<b>1 Televisão 58</b>	<b>150</b>
	<b>1 Chuveiro</b>	<b>3500</b>
	<b>1 Secador</b>	<b>750</b>
Quarto 1	<b>1 Lâmpada</b>	<b>25</b>
Quarto 2	<b>1 Lâmpada</b>	<b>25</b>
	<b>1 Televisão 32</b>	<b>130</b>
	<b>Notebook</b>	<b>70</b>
Sala	<b>3 Lâmpadas</b>	<b>75</b>
	<b>1 Televisão 65</b>	<b>180</b>
	<b>1 Home teaser</b>	<b>150</b>
Banheiro	<b>1 Lâmpada</b>	<b>25</b>
	<b>1 Chuveiro</b>	<b>2500</b>
Lavabo	<b>1 Lâmpada</b>	<b>25</b>
Cozinha	<b>2 Lâmpada</b>	<b>50</b>
	<b>1 Geladeira</b>	<b>500</b>
	<b>1 Micro-ondas</b>	<b>800</b>
	<b>1 Liquidificador</b>	<b>250</b>
Lavanderia	<b>1 Lâmpada</b>	<b>25</b>
	<b>1 Máquina de lavar</b>	<b>300</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>9605</b>

Fonte: Pesquisa Própria

### 3.2. Análise de necessidade

Foi desenvolvida tabelas com todos os dados de consumo para melhor análise, levando em conta as taxas de **HSP** da cidade de Colíder, e dimensionando todo o sistema fotovoltaico necessário para o melhor atender a residência em análise.

Tabela 3: HSP na cidade de Colíder

<b>Mês</b>	<b>HSP</b>
Janeiro	5,00
Fevereiro	4,94
Março	4,82
Abril	4,74
Maio	4,67
Junho	4,68
Julho	4,98
Agosto	5,48
Setembro	5,14
Outubro	5,21
Novembro	5,10
Dezembro	5,06
Média	4,99

Fonte: Pesquisa Própria

Com todas as informações necessárias para o dimensionamento, foram colocadas na fórmula para o resultado. Levando em conta a utilização de módulos fotovoltaicos com potência de 410W

Foi considerado um consumo médio mensal de 890 kwh/mês. Visto que a UC é bifásica, a tarifa mínima será de 50 kwh/mês. Dessa forma é considerado um sistema de geração de 840 kwh/mês

Sendo assim:

$$P(kWp) = \frac{(\text{consumo ano}) - (12 \times \text{disponibilidade})}{HSP \times 365 \text{ dias} \times 0,75}$$

$$P(kWp) = \frac{10680 - 600}{365 \times 4,99 \times 0,75}$$

$$P(kWp) = 7,38kWp$$

$$n^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{\text{potência total}}{\text{potência dos módulos}}$$

$$n^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{7,38}{0,410}$$

$$n^{\circ} \text{ de módulos} = 18 \text{ un.}$$

### 3.3. Escolha de equipamento.

Com a quantidade de módulos e potência necessária fez-se a escolha do equipamento para dar sequência ao projeto com todas as especificações.

A escolha foi feita por meio do site da ALDO, fornecedora de equipamentos solares.

Segue abaixo, cópia do pedido de materiais e equipamentos enviados ao fornecedor, onde podemos verificar a lista completa de materiais a serem utilizados.

Tabela 4: lista de materiais

<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
8	Staubli conector mc4 320016p0001-ur pv-kbt4/6ii-ur acoplador fema
8	Staubli conector mc4 32.0017p0001-ur pv-kst4/6ii-ur acoplador macho
50	Cabo solar nexans 47064 energyflex afitox 0,6-1kv 1500v dc preto



50	Cabo solar nexans 43221 energyflex afitox 0,6-1kv 1500v dc vermelho
5	Estrutura solar romagnole 411716 rs-228 perfil de aluminio par 4,20 m p/ 4 paineis
1	Inversor solar growatt on grid min6000tl-x 6kw monofasico 220v 2mppt monitoramento
5	Estrutura solar romagnole 411846 rs-223 4 paineis parafuso estrutural fibrocimento madeira
18	Painel solar trina tsm-de15mii 410w tallmax 144 cel. Mono perc half cell 20,4% eficiencia
1	String box clamper 017481 quadro 4 entradas 2 saidas 1000v (2 mppt)

Fonte: ALDO

### 3.3.1. Características técnicas do inversor on grid

O modelo do inversor é inversor growatt modelo: min6000tl-x potência nominal: 6kw, taxa de distorção harmônica total de corrente menor que 5%.

O inversor on grid possui as seguintes funções internas de proteção:

- 25 – sincronizar o inversor na rede
- 27 – sobtensão
- 59 – sobretensão
- 81 – frequência

### 3.3.2. Manutenção e proteção

O inversor utilizado tem proteção de sub e sobretensão, sub e sobrefrequência, anti-ilhamento e a função de sincronismo.

As funções de manutenção e proteção do gerador fotovoltaico estão de acordo com os requisitos mínimos em função da potência instalada, presente na NDU-013.

Figura 11: Requisitos mínimos em função da potência instalada (NDU-013)

Requisitos de Proteção	Potência Instalada	
	Potência Instalada menor ou igual a 75kW	Potência Instalada maior que 75kW e menor que 300kW
Elemento de Desconexão (DSV) <sup>1</sup>	Sim	Sim
Elemento de Interrupção <sup>2</sup>	Sim	Sim
Transformador de Acoplamento <sup>3</sup>	Não	Sim
Proteção de Sub e Sobretensão	Sim <sup>4</sup>	Sim <sup>4</sup>
Proteção de Sub e Sobrefrequência	Sim <sup>4</sup>	Sim <sup>4</sup>
Sobrecorrente Direcional	Não	Sim
Relé de Sincronismo	Sim <sup>3</sup>	Sim <sup>3</sup>
Anti-ilhamento	Sim <sup>4</sup>	Sim

Fonte: NDU-013

### 3.3.3. Anti ilhamento

O inversor On Grid possui proteção anti-ilhamento conforme exigido pela Seção 3.7 do PRODIST da ANEEL. Ou seja, quando a energia da concessionária sofrer alguma

perturbação no sistema, o inversor On Grid desliga automaticamente e só conecta ao sistema novamente após 30 segundos da normalização da rede.

Quando houver algum desligamento da rede da concessionária, o inversor interrompe sua geração de energia e desliga automaticamente para proteção do sistema elétrico.

Os limites de tensão e frequência do inversor On Grid são demonstrados na Tabela 7.1, e estão de acordo com a Seção 8.1 do PRODIST da ANEEL, que estabelece os limites relativos à qualidade de energia elétrica para produtores de energia.

Grau de proteção (IP65) adequado ao local em que será acondicionado;

O inversor será instalado na parede na área da garagem.

As especificações técnicas estão demonstradas na Tabela a seguir:

Tabela 5: Especificações do inversor

**INVERSOR GROWALTT MIN6000TL-X**

Máxima potência de saída	6000 W
Tensão nominal CA	220V
Range de tensão CA	160V - 300V
Máxima corrente de saída	27,2A
Frequência de operação	60HZ
Máxima tensão DC	600 VDC
Fator de potência	>0,95

Fonte: ALDO

#### 3.3.4. Características técnicas dos módulos fotovoltaicos

São 18 módulos fotovoltaicos da marca fabricante TRINA, Modelo: TSM-DE15MII. Potência Nominal: 410Wp, atendem rigorosamente as exigências necessárias ao projeto. Os conectores elétricos de encaixe são do tipo MC4 ou equivalente.

Os módulos são retangulares e possuem as seguintes medidas: 1962mm de comprimento, 992mm de largura e 35mm de profundidade (borda).

A potência de cada módulo é de 410kwpp nas condições normalizadas de insolação e temperatura.

Os módulos estão certificados pelo Inmetro, dentro do Programa Brasileiro de Etiquetagem, Selo (A) de eficiência.

Tabela 6: Especificações técnicas TSM-DE15MII

Máxima potência de saída	410W
Máx tensão	40,7 V
Máx corrente	10,07 A
Tensão de circuito aberto Voc	49,6V
Corrente de curto	10,66A
Dimensões	2015x996x35mm

Fonte: ALDO

### 3.4. Dimensionamento do sistema

#### 3.4.1. Características do cabeamento do sistema de geração

Dimensionamento pelo Método da capacidade de condução de corrente

Dimensionamento dos cabos elétricos, pelo método da corrente, será considerado a máxima potência de entrada por string, onde teremos a máxima corrente possível.

Cabo solar conexão entre placas e string box

São duas entradas com 9 módulos cada

$$I(A) = \frac{410}{37,35}$$

$$I(A) = 8,97A$$

MÓDULO FOTOVOLTÁICO: TSM-DE15MII

Cabo elétrico entre inversor de frequência e a conexão com o sistema da residência

$$I(A) = \frac{6000 W}{220}$$

$$I(A) = 27,27 A$$

INVERSOR MODELO: MIN6000TS-X

Método da queda de tensão

O cálculo pelo método da queda de tensão do circuito CC segue a seguinte equação:

$$\Delta V\% = \frac{2 \times I \times L \times R}{N \times V_{+-}}$$

V = tensão entre fases (V)

L = comprimento do cabo (km)

I = Corrente do circuito em (A)

R = resistência elétrica do cabo ( $\Omega/\text{km}$ )

N = (n° cabo/fase)

Para os dois circuitos idênticos de CC do inversor de 5kwp

$$\Delta V\% = \frac{2 \times 8,97 \times 0,020 \times 5,5518}{8 \times 37,35}$$

$$\Delta V\% = 0,00666661\%$$

O cálculo pelo método da queda de tensão dos circuitos CA segue a seguinte equação:

$$\Delta V\% = \frac{2 \times I \times L \times (R \times \cos\varphi + X \times \sin\varphi)}{10 \times N \times V_{fn}}$$

Para o circuito CA do inversor de 6kWp

$$\Delta V\% = \frac{2 \times 22,73 \times 0,018 \times (3,7035 \times 0,8 + 0,1225 \times 0)}{10 \times 1 \times 220}$$

$$\Delta V\% = 0,001101868\%$$

### 3.4.2. Escolha do cabeamento

Para o cabo solar, será utilizar um cabo de 4mm<sup>2</sup>, que será instalado aparente, onde sua capacidade de condução de corrente é de 40A, que atende às necessidades de máxima

corrente, sua isolamento é do tipo PV1-F, onde também está garantido os valores de queda de tensão.

Para os cabos de conexão em corrente alternado dos inversores, cabo de 6mm<sup>2</sup>, em conformidade com a NBR-5410, isolamento em PVC, EPR OU XLPE, sendo este cabo utilizado para os inversores de 6kWp.

Escolhas dos cabos:

Cabo entre módulos e inversor: 4mm<sup>2</sup>

Cabo entre inversor e “UC”: 6mm<sup>2</sup>

Cabo referente ao ramal de entrada conforme NDU-001 (ENERGISA): Multiplexado 2x1x10mm<sup>2</sup>+1x10mm<sup>2</sup> (este cabo está definido conforme exigência de norma da concessionária de ENERGISA).

Figura 10: Dimensionamento das categorias de atendimento 220/127v

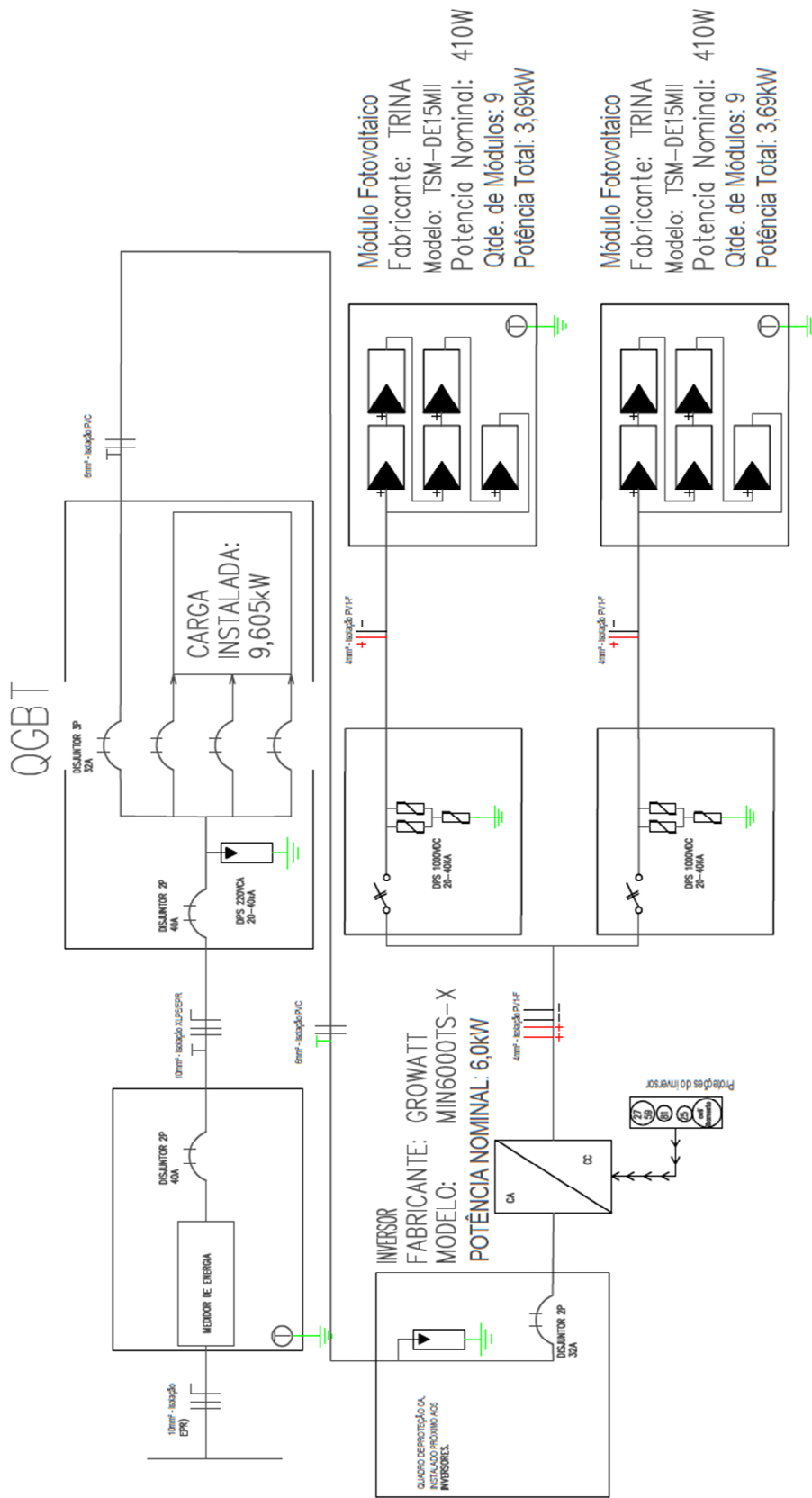
Categoria	Número de Fios	Número de Fases	Demanda	Carga Instalada	Condutores					Haste para Aterramento - Aço Cobreado	Disjuntor Termomagnético (Limite Máximo)	Eletroduto de PVC Rígido	Eletroduto de Aço Galvanizado	Poste de Concreto Duplo T	Poste de Aço Galvanizado	Pontale - Fixação com Parafuso ou Fixação Embutido na Parede						
					Ramal de Ligação - Multiplex	Ramal de Ligação - Concêntrico	Ramal de Entrada Embutido e Subterrâneo (Cobre PVC 70°C)	Ramal de Entrada Embutido e Subterrâneo (Cobre EPR/XLPE/HEPR 90°C)	Aterramento (Aço Cobreado)								(KW)	(mm <sup>2</sup> )	(A)	(mm)	(daN)	(mm)
Monofásico	M1	2	1	-	0 < C ≤ 3,8	1x1x10+10	2x10	6 (6)	6(6)	6	30/32											
	M2			-	3,8 < C ≤ 6,3	1x1x10+10	2x10	10 (10)	10 (10)	10	1H	50	25	25		90	40					
	M3			-	6,3 < C ≤ 8,8	1x1x16+16	2x16	16 (16)	16 (16)	16		70										
Bifásico	B1	3	2	-	0 < C ≤ 10,1	2x1x10+10	2x10	2 # 6 (6)	2# 6 (6)	6	40											
	B2			-	10,1 < C ≤ 12,7	2x1x16+16	N.A.	2 # 10 (10)	2 # 10 (10)	10	1H	50	32	32	100	90	50					
	B3			-	12,7 < C ≤ 17,7	2x1x25+25	N.A.	2 # 16 (16)	2 # 16 (16)	16		70										
Trifásico	T1	4	3	0 < D ≤ 14,0	0 < C ≤ 75	3x1x10+10	N.A.	3 # 10 (10)	3 # 6 (6)	6	40											
	T2			14,0 < D ≤ 17,5		3x1x16+16	N.A.	3 # 16 (16)	3 # 10 (10)	10		50	32	32		90	50					
	T3			17,5 < D ≤ 24,5		3x1x25+25	N.A.	3 # 25 (25)	3 # 16 (16)	16		80	40	40		200						
	T4			24,5 < D ≤ 35,1		3x1x35+35	N.A.	3 # 35 (35)	3 # 25 (25)	16		100	50	50	300	N.A.	N.A.					
	T5			35,1 < D ≤ 52,5		3x1x70+70	N.A.	3 # 70 (35)	3 # 70 (35)	35		150	65	75								
	T6			52,53 < D ≤ 75,0		3x1x120+70	N.A.	N.A.	3 # 95 (50)	50		200			600	N.A.	N.A.					

Fonte: NDU-001

#### 4. Projeto de microgeração de energia fotovoltaica

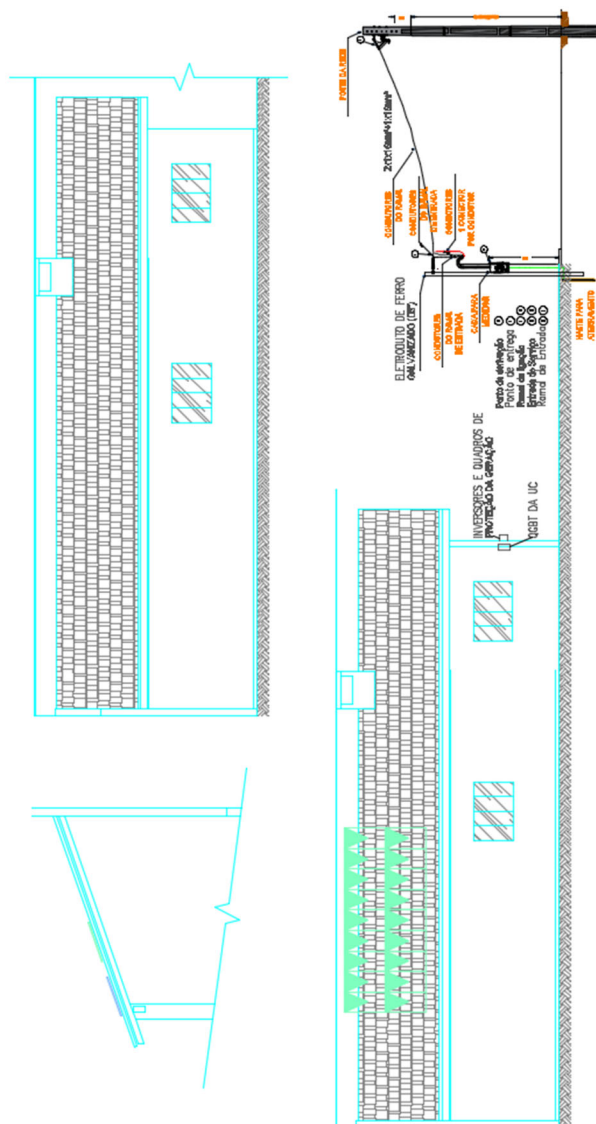
Após todos os dados coletados e o dimensionamento dos condutores e do sistema, elaborase o projeto de microgeração, especificando os diagramas unifilar, diagramas multifilar, diagrama de blocos, planta de layout e detalhamento.

Figura 11: Diagrama Unifilar



Fonte: Própria

Figura 15: Planta de detalhamento



Fonte: Própria

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados se tornam satisfatórios, já que o dimensionamento do projeto se tornou adequado, suprimindo todas as necessidades energética da residência, e gerando um excedente para se acumular em crédito, para em caso de algum mês tiver um consumo fora da média mensal, esse crédito abater na fatura, assim ficando somente a taxa mínima da conta para se pagar.

## 6. CONCLUSÃO

Conclui-se com o trabalho apresentado, que um bom dimensionamento se resulta na escolha correta dos materiais, e a correta instalação, dimensionando as fiações, para não ocorrer sobrecarga, não ocorrendo assim perda de qualidade no sistema.

Outro fator é o dimensionamento para quantia correta de módulos, não ocasionando a falta de energia gerada, ou muito excedente. Assim será instalado somente o que o usuário necessita com uma pequena taxa a mais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro: 2004 – Atualizada em 2008.

COOPESOLAR. A instalação do Sistema de Energia Solar Fotovoltaica é feita de acordo com o sistema que você optar: ON-Grid ou OFF-Grid. <https://coopesar.wordpress.com/on-grid/> > acesso em 07/07/2020

DA SILVA JUNIOR, Projeto de um Sistema Fotovoltaico para Energização de um equipamento de pesca com eletricidade. 2008. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. acesso 28/12/2015

ENERGISA. NDU – 013, **Crêterios para a Conexão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição Para Conexão em Baixa Tensão**. ENERGISA/C-GTCD-NRM/Nº074/2018.

ENERGISA. NDU – 001, **Fornecimento De Energia Elétrica A Agrupamentos Ou Edificações Individuais Até 3 Unidades**. Revisão 5.1 dezembro/2017.

LODI, Perspectivas para a Geração de Energia Elétrica no Brasil Utilizando a Tecnologia Solar Térmica Concentrada/Cristiane Lodi Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011. XV, 127 p.il.; 29,7 cm. [http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe\\_m/CristianeLodi.pdf](http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/CristianeLodi.pdf). acesso 20/01/2016

LORENZI, R. Em busca de alternativas energéticas: estudo sobre as pesquisas em células combustíveis no Brasil. 2012[http://www.btd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_busca/processaArquivo.php?codArquivo=5042](http://www.btd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/processaArquivo.php?codArquivo=5042) acesso 05/02/2016.

NASCIMENTO, P. A. M. Considerações sobre as indústrias de equipamentos para produção de energias eólica e solar fotovoltaica Universidade Federal do Ceará, Centro de

PORTAL SOLAR. Brasil produz mais de 5 gigawatts de energia solar <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/brasil-produz-mais-de-5-gigawatts-de-energia-solar.htm>

SILVA, et al. OTIMIZAÇÃO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS ORGÂNICAS.e-xacta, v. 6, n. 2, 2013.Graduandos em Engenharia Química. Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH. Belo Horizonte MG.