



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS - UEA**

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA - EST**

**PEDRO AKIRA ITO DO NASCIMENTO**

**DIMENSIONAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO  
COMO FONTE GERADORA COMPLEMENTAR DE ENERGIA ELÉTRICA EM  
UMA RESIDÊNCIA DE ALTO CONSUMO EM MANAUS**

Manaus/AM

2019

**PEDRO AKIRA ITO DO NASCIMENTO**

**DIMENSIONAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO  
COMO FONTE GERADORA COMPLEMENTAR DE ENERGIA ELÉTRICA EM  
UMA RESIDÊNCIA DE ALTO CONSUMO EM MANAUS**

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador Prof. Dr. Israel Gondres Torné

Manaus/AM

2019

**Universidade do Estado do Amazonas – UEA**  
**Escola Superior de Tecnologia - EST**

*Reitora:*

***Cleinaldo de Almeida Costa***

*Vice-Reitor:*

***Cleto Cavalcante de Souza Leal***

*Diretor da Escola Superior de Tecnologia:*

***Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo***

*Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica*

***Walfredo da Costa Lucena Filho***

*Banca Avaliadora composta por:*

***Dr. Israel Gondres Torné (Orientador)***

***Dr. Daniel Gusman Del Rio***

***Dr. Edry Antônio Garcia Cisneros***

*Data da defesa: 06/12/2019*

## **CIP – Catalogação na Publicação**

Nascimento, Pedro Akira Ito do

Sistema de automação residencial com ênfase em segurança e economia energética / Pedro Akira Ito do Nascimento; [orientado por] Israel Gondres Torné. – Manaus: 2019.

79 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2019.

1. Sistemas Fotovoltaicos. 2. PVSol. 3. Unidade Geradora Solar. 4. Implementação

I. Dr. Israel Gondres Torné

PEDRO AKIRA ITO DO NASCIMENTO

DIMENSIONAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO  
COMO FONTE GERADORA COMPLEMENTAR DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA  
RESIDÊNCIA DE ALTO CONSUMO EM MANAUS

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nota obtida: 8,26 (Oito vírgula Vinte e Seis)

Aprovada em: 6/12/2019.

Área de concentração: Sistemas Fotovoltaicos

BANCA EXAMINADORA

---

Orientador: Israel Gondres Torné, Dr.

---

Avaliador: Edry Antônio Garcia Cisneros, Dr.

---

Avaliador: Daniel Gusman Del Rio, Dr.

Manaus 2019

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a criação e implementação de um sistema gerador de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos instalados em uma residência de alto consumo em Manaus-AM. O tema foi explorado primeiramente no estudo dos componentes do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede e das normas vigentes sobre tarifas de energia e excedentes de energia para geração de créditos na fatura da residência, ou seja, a fundamentação teórica para o domínio do desenvolvimento do projeto. Após uma revisão bibliográfica, realizou um plano de ação para o processo da metodologia, que trata das especificações detalhadas de todos os materiais utilizados e do uso de software especializado usado. Para a montagem do sistema fotovoltaico. E por último realizou-se a análise de tempo *payback* e resultados. Mostrando como é possível instalar usinas geradoras em suas casas. Em relação a montagem dos componentes da usina geradora ocorreu a implementação conforme representada nos diagramas, bem como os cumprimentos das normas, através dos alicerces da literatura específica. Finalmente, na conclusão, estabeleceu-se que foi possível a implementação da usina na residência descrita, e posteriormente as análises dos ganhos econômicos e sociais.

Palavras-chave: *Sistemas Fotovoltaicos. PVSol. Unidade Geradora Solar. Montagem*

## **ABSTRACT**

The objective of this work is the creation and implementation of a photovoltaic energy generation system using solar panels installed in a high consumption residence in Manaus-AM. The theme was explored firstly studies on the components used on grid-connected photovoltaic systems and on standard rules about energy charges and energy excess exchange for credits for the residence bill, meaning, its the theoretical foundation for the development of the project. After a literature review based, there was a plan of action to the process of the methodology used, treating of detailed specifications of the materials used and of the professional software used. For implementation of the assembly of the photovoltaic system. and the last do the payback time and results were analysed. Showing how it is possible to install generating plants in any houses. The assembly of the components of the generating plant went accordingly to the diagrams, always fulfil the rules and also to the knowledge base specify literature. Finally, on the conclusion, the assembly of the generating plant was proved successful, just as the calculation of the economic and social gain.

Keywords: Photovoltaic Systems. PVSol. Solar Generating Unit. Assembly

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AME	Amazonas Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	<i>Anotação de Responsabilidade Técnica</i>
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CPF	Cadastro de Pessoa Física
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FDI	Fator de dimensionamento do inversor
GTES	Grupo de Trabalho de Energia Solar
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
IEC	Comissão Internacional de Eletrotécnica (International Electrotechnical Commission)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IP	Grau de proteção IP (Ingress Protection)
MPPT	Rastreador do Ponto de Máxima Potência
NBR	Norma Brasileira
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
THD	Distorção Harmônica Total (Total harmonic distortion)
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
1.1	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	12
1.1.1	<b>Energia Solar .....</b>	<b>12</b>
1.1.2	<b>Células e módulos fotovoltaicos .....</b>	<b>14</b>
1.1.3	<b>Bateria .....</b>	<b>17</b>
1.1.4	<b>Controladores de Carga .....</b>	<b>18</b>
1.1.5	<b>Inversores.....</b>	<b>19</b>
1.2	SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA BRASILEIRA .....	20
1.2.1	<b>Sistema de compensação de créditos .....</b>	<b>21</b>
1.2.2	<b>Requisitos necessários e normas regulamentadoras .....</b>	<b>22</b>
1.2.3	<b>Classificação do consumidor .....</b>	<b>22</b>
1.2.4	<b>Tarifa Convencional e Horo sazonal e variação de cobrança.....</b>	<b>23</b>
1.2.5	<b>Taxa de Iluminação Pública.....</b>	<b>24</b>
1.2.6	<b>Viabilidade Econômica .....</b>	<b>24</b>
1.2.6.1	Valor Presente Líquido .....	25
1.2.6.2	Taxa interna de retorno .....	25
1.2.6.3	<i>Payback</i> simples e descontado.....	26
<b>2</b>	<b>MÉTODO PROPOSTO .....</b>	<b>27</b>
2.1	DADOS DO PROJETO .....	27
2.2	UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE PV*SOL .....	30
2.2.1	<b>Estudo do Potencial Solar da Região .....</b>	<b>30</b>
2.3	ESCOLHA DOS MATERIAIS .....	34
2.3.1	<b>KIT SOLAR .....</b>	<b>34</b>
2.3.2	<b>Módulo Fotovoltaico.....</b>	<b>36</b>
2.3.3	<b>Inversor .....</b>	<b>37</b>
2.3.4	<b>O cabeamento CA .....</b>	<b>38</b>
2.3.5	<b>O cabeamento DC .....</b>	<b>39</b>
2.3.6	<b>Características do Arranjo Fotovoltaico.....</b>	<b>41</b>
2.3.7	<b>Aterramento .....</b>	<b>43</b>
2.3.8	<b>Estruturas de Suporte.....</b>	<b>45</b>
<b>3</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>49</b>
3.1	INSTALAÇÃO FÍSICA DO SISTEMA.....	49
3.1.1	<b>Instalação dos Painéis.....</b>	<b>50</b>

3.1.2	<i>String box</i> .....	55
3.1.3	Inversor.....	56
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	61
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	62
	<b>FONTES CONSULTADAS</b> .....	65
	<b>APÊNDICE A – DIAGRAMAS UNIFILAR E TRITIFILAR</b> .....	67
	<b>ANEXO I – CHECKLIST DE DOCUMENTOS PARA HOMOLOGAÇÃO DE USINA DE MICROGERAÇÃO</b> .....	69
	<b>ANEXO II – FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO</b> .....	70
	<b>ANEXO III – MANUAL DO MÓDULO FOTOVOLTAICO</b> .....	71
	<b>ANEXO IV – MANUAL DO INVERSOR E CERTIFICADO DE CONFORMIDADE DO INVERSOR</b> .....	73
	<b>ANEXO V – REGISTRO DE CONCESSÃO DO INMETRO DO MÓDULO E INVERSOR</b> .....	75
	<b>ANEXO VI – MANUAL TÉCNICO DA STRING BOX</b> .....	77

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresentará o desenvolvimento do dimensionamento e implementação de um sistema fotovoltaico como fonte geradora complementar de energia elétrica em uma residência de alto consumo em Manaus, para o abatimento da conta de energia do consumidor.

Nos dias atuais a tecnologia se tornou indispensável e por consequência o aumento na demanda de energia, enquanto a humanidade, na contemporaneidade, necessita-se o uso de novas fontes de energia renováveis, porque fontes não renováveis tem o problema de serem finitas e prejudiciais ao meio ambiente, principalmente no que se refere aos combustíveis fósseis que são originados do petróleo.

As fontes alternativas de energia têm sido cada vez mais estudadas e aperfeiçoadas. Por consequência, a geração de energia através de placas solares fotovoltaicas tornou-se uma promissora solução energética, devido a um grande investimento do mercado econômico e acadêmico. Uma geração simples e eficiente, com manutenções de baixo custo, ausência de emissão de ruídos (danosos) ou poluentes, e o uso de uma fonte inesgotável de energia, o Sol.

Considerada uma fonte renovável por ser inesgotável quando comparada a velocidade de consumo de energia pela humanidade e limpa em comparação aos combustíveis fósseis, a energia solar apresenta reduzido impacto ambiental, uma vez que reduz a emissão de poluentes na atmosfera que causam o efeito estufa e as chuvas ácidas (GAZOLI; VILLALVA, 2012).

Segundo as palavras de Ecycle, a energia solar é um dos recursos energéticos renováveis mais promissores no Brasil e no mundo por conta da possibilidade que esta oferece de as pessoas gerarem energia elétrica em suas próprias residências, além de quase não resultar em impactos ambientais e de reduzir consideravelmente a emissão de dióxido de carbono na atmosfera (ECYCLE, 2013).

Em 2006 foi apresentado o Relatório da Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso – Classe Residencial, região Norte, no âmbito do projeto de Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. O relatório foi elaborado pela equipe do Departamento de Planejamento e Estudos de Conservação de Energia da Eletrobrás, que dá suporte ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (ELETROBRAS, 2005).

No relatório é possível observar a participação do consumo dos eletrodomésticos na fatura final da conta de luz. Com essas informações podemos notar que o comportamento dos consumidores de energia elétrica da região Norte é diferente das outras regiões do Brasil. Por tanto, em Manaus as residências têm um consumo de energia elevado devido ao ar-condicionado e uma das maiores tarifas de energia do Brasil. Uma redução na fatura de energia elétrica através da fonte geradora com uso de painéis fotovoltaico sobre o telhado seria muito interessante para o proprietário da casa.

A necessidade de construir novas fontes geradoras para atender o aumento da demanda de geração de energia, somado com uma futura escassez de combustíveis finitos de fontes não renováveis como petróleo, carvão ou urânio e de modo a contribuir para a mudança da matriz energética brasileira.

A hipótese deste trabalho tem a ideia de que é possível realizar a implantação de uma microgeração em uma residência de alto consumo de energia, utilizando painéis fotovoltaicos conectados ao sistema de distribuição local, de forma eficiente mediante a análise de consumo, assim como verificando a disponibilidade de recursos financeiros e o local ideal para a instalação dos painéis geradores sobre o telhado da residência, de modo que cumpra as normas técnicas da concessionária de energia.

No entanto, o recurso solar é fundamentalmente distinto de outros recursos energéticos por sua intermitência. Em um determinado local na superfície da Terra, o recurso solar sofre de imprevisibilidade estocástica (flutuações em intervalos de tempo de minutos a dias resultantes da cobertura de nuvens e sistemas meteorológicos) e a variabilidade determinística (flutuações previsíveis mais de intervalos de tempo de dias a meses resultante da rotação diária da terra e mudanças sazonais). Apesar do seu tamanho grande, o recurso solar também é disperso. Dezenas de milhares de quilômetros quadrados de terra precisariam ser abrangidos por sistemas de captação de energia solar, para que a energia solar venha a desempenhar um papel significativo na transição para as fontes de energia livre de carbono, que são necessárias para evitar níveis perigosos de mudanças climáticas antropogênicas. A quantidade de energia solar que atinge a superfície da terra corresponde, aproximadamente, a dez mil vezes a procura global de energia. Ou seja, teríamos de utilizar apenas 0,01% de sua energia para satisfazer a demanda energética total da humanidade (JÚNIOR, 2016).

O estudo engloba a utilização de vários conceitos estudados na Engenharia Elétrica para o projeto do gerador de energia solar capaz de suprir a demanda necessária em residência, sem a emissão de nenhum poluente altamente tóxico ao meio ambiente, em conjunto com o barateamento da conta de energia entregue pela distribuidora. Atualmente, a eficiência – uma análise sempre de melhoria de diversos aspectos – se tornou um fator primordial a ser considerado nos sistemas fotovoltaicos, portanto, os equipamentos elétricos e materiais eletrônicos da fonte geradora solar devem apresentar o máximo rendimento nas suas áreas atuantes, acarretando uma consequente redução no consumo de energia e nas perdas de energia nos demais equipamentos presentes no projeto, logo deve-se ter domínio pleno sobre sua montagem, operação e manutenção, pois justificará o uso ideal de cada equipamento.

O presente trabalho foi dividido em quatro etapas: Referencial Teórico, Método Proposto, Implementação do projeto e Resultados Obtidos.

A primeira etapa consiste no estudo dos componentes do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, a fundamentação teórica para o domínio do desenvolvimento do projeto.

A segunda etapa traz a metodologia, onde demonstrará o método utilizado para o dimensionamento e implementação do projeto, através, das especificações detalhadas de todos os materiais utilizados, do uso de software especializado da área com cumprimento das normas brasileiras.

Na terceira etapa está designada à realização da montagem do sistema fotovoltaico.

Por fim a quarta etapa contém as análises técnicas econômicas da proposta, será demonstrado cálculo de *payback* e resultados finais.

A conclusão apresentará a síntese de todo o trabalho, com a comparação entre o que foi planejado e o que foi obtido, além das considerações finais acerca da viabilidade do projeto. Ainda na conclusão, serão expostas as limitações encontradas, bem como sugestões para trabalhos futuros como a conexão da usina geradora solar projetada junto à residência entre o padrão de entrada e quadro geral da residência.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

O conhecimento básico de geração de energia elétrica instalada em residências requer uma revisão teórica dos principais componentes do sistema fotovoltaico para seu funcionamento:

- a) Energia solar;
- b) Módulos fotovoltaicos;
- c) Baterias;
- d) Inversores;
- e) Conversores;
- f) Controladores de carga;
- g) Sistema fotovoltaico.

A engenharia econômica, adotada em específico, definições de Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, *Payback* Simples e *Payback* Descontado.

O estudo é voltado para a implementação de uma fonte geradora de energia solar fotovoltaica no Brasil, assim, deve-se atentar tanto aos custos e à viabilidade geoeconômica, quanto às normativas e às regulamentações vigentes da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2019).

### 1.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

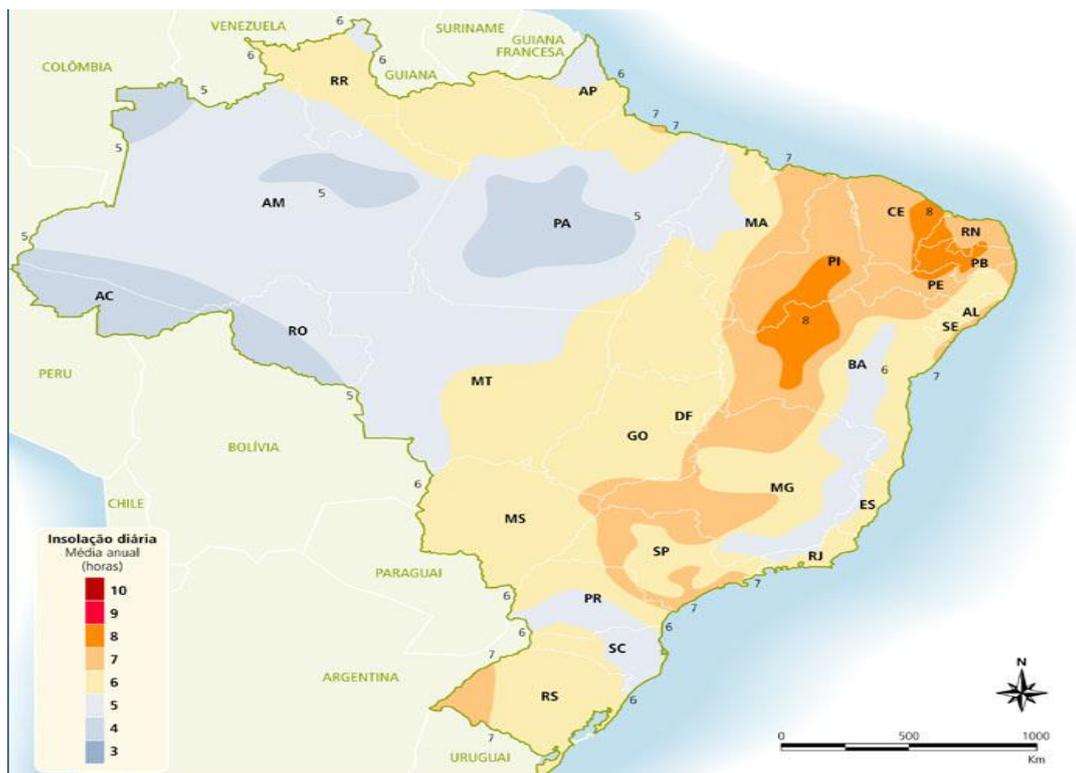
#### 1.1.1 Energia Solar

O sol é caracterizado como a fonte primária mais abundante de energia para o nosso planeta. Pode-se dizer que, com exceção da energia nuclear, todas as outras fontes de energia, renováveis ou não, são somente diferentes formas de energia solar, visto que todas elas necessitam da energia radiante do sol para existir (VICHI; MANSOR, 2009).

A radiação solar, o combustível utilizado pela fonte geradora, devido à variação entre o dia e a noite; estações do ano e latitude; e períodos de passagem de nuvens e chuvas. Usa-se uma média de irradiação solar diária ao longo do ano.

No território brasileiro há uma diversidade climática, porque o país apresenta uma grande extensão territorial, onde altitude, relevos, as correntes marítimas e variação da massa de ar, influenciadores na geração de energia por diminuir o rendimento da luz. Conforme a figura 1 (um), demonstra uma média de insolação em regiões ao longo do Brasil.

Figura 1 – Insolação diária, média anual em horas em 2000



Fonte: (ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, 2000)

A radiação solar é medida em  $W/m^2$  (watts por metro quadrado) a equação 1 define a radiação total em uma superfície.

$$IT = ID \times \cos\theta + I_d + I_r \quad (1)$$

Onde:

- IT: radiação total que incide numa superfície ( $W/m^2$ ).
- ID: radiação direta do sol ( $W/m^2$ ).
- $\theta$ : ângulo de incidência ( $^\circ$ ).
- $I_d$ : radiação difusa do céu ( $W/m^2$ ).
- $I_r$ : radiação refletida ( $W/m^2$ ).

Normalmente considera-se um valor constante por região em relação à média de horas anuais locais, esse parâmetro varia de região para região, tendo valores maiores para regiões próximas a linha do Equador, ou seja, pequenos valores de latitude.

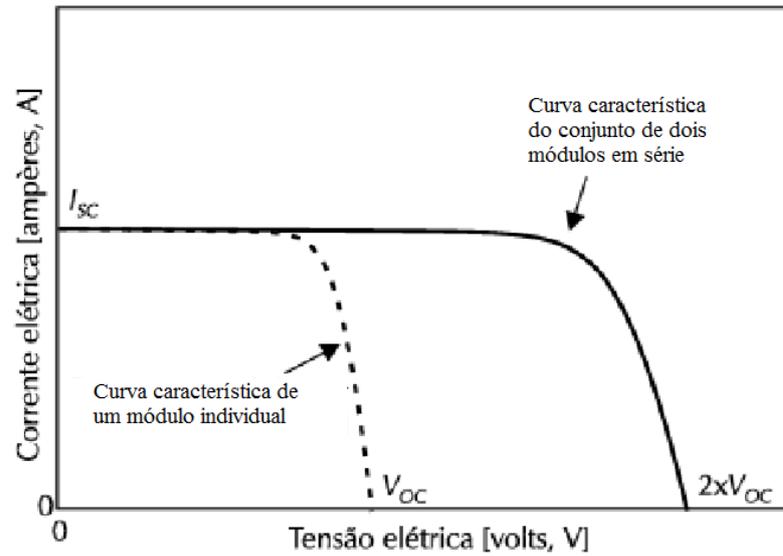
Deste modo para maximizar a eficiência e produção de energia fotovoltaica, se direciona as placas de acordo com a latitude local e o período do ano que se requer mais energia. No hemisfério sul, para melhor aproveitamento, deve-se colocar o coletor solar para o Norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local (ANEEL, 2012).

### **1.1.2 Células e módulos fotovoltaicos**

O efeito fotovoltaico é o fenômeno físico que permite a conversão direta da luz em eletricidade. Esse fenômeno ocorre quando a luz, ou a radiação eletromagnética do sol, incide sobre uma célula composta de materiais semicondutores com propriedades específicas (GAZOLI, VILLALVA, 2012), em sua maioria, o silício cristalino é o principal utilizado.

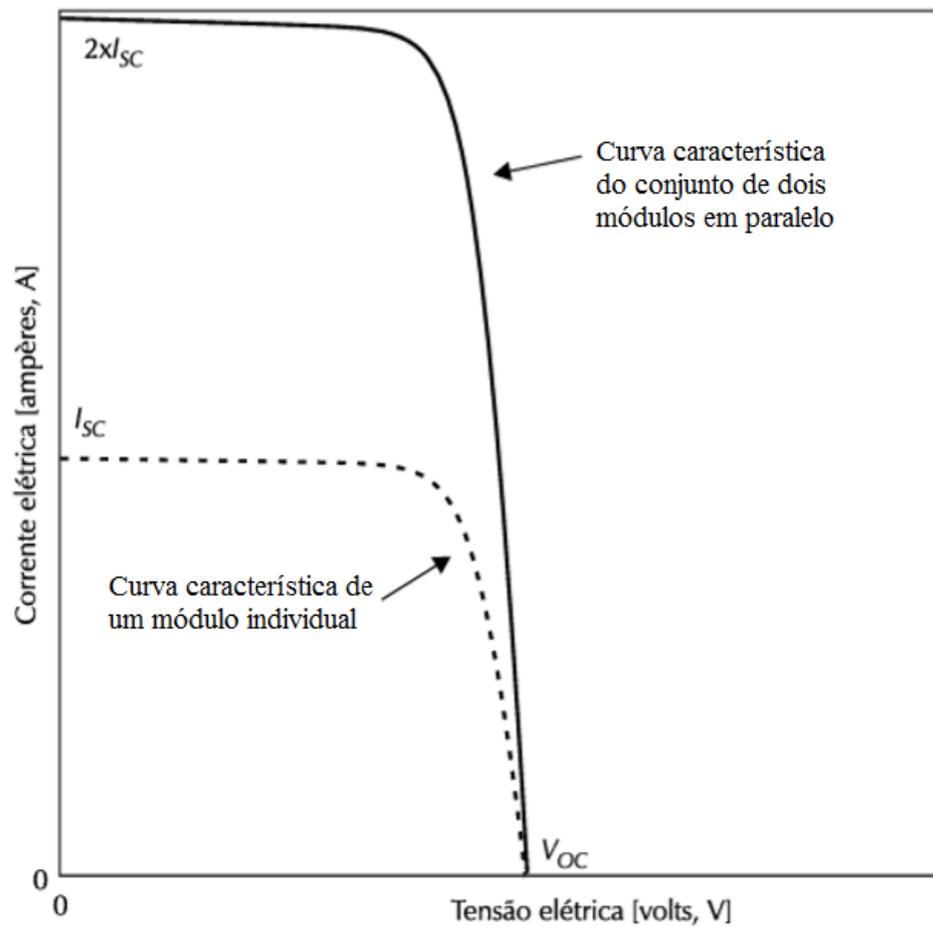
Os módulos devem obedecer a lei de ohm para maximizar a potência do sistema e uma maior resistência mecânica a aos módulos, através dos valores de tensões e correntes entre si, mapeando-o em ligações em série ou em paralelo. No entanto, para evitar perdas de potência faz-se necessário o uso de módulos iguais nessas ligações. Por consequência, deve-se criar uma cadeia de células ou um conjunto de células fotovoltaicas que formam módulos fotovoltaicos; o conjunto de módulos em série denomina-se uma *string*, e um conjunto de *strings* conectadas em paralelo denomina-se um arranjo. Para obter o nível desejável de tensão e corrente, os arranjos e *strings* podem estar em série e/ou em paralelo. Fica claro, quando se observam os gráficos 1, 2 e 3, o comportamento da corrente e da tensão gerada nos módulos fotovoltaicos.

Gráfico 1 – Característica entre tensão e corrente de um conjunto de dois módulos em série



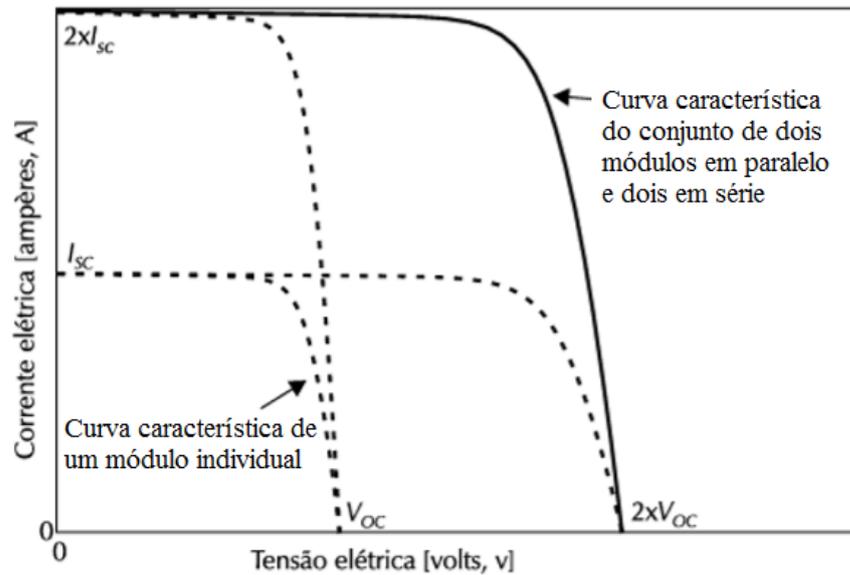
Fonte: Gazoli e Villalva, 2012

Gráfico 2 – Característica entre tensão e corrente de um conjunto de dois módulos em paralelo



Fonte: Gazoli e Villalva, 2012

Gráfico 3 – Característica entre tensão e corrente de dois módulos em série e em paralelo



Fonte: Gazoli e Villalva, 2012

Sobre módulo ou painel fotovoltaico durante anos houve uma evolução considerável nos tipos e métodos de sua criação para aumentar a máxima eficiência, conforme o *National Renewable Energy Laboratory* expôs em seus dados, atualmente há quatro tecnologias usadas para a fabricação dos módulos, dividida em gerações de acordo com seu material e suas características (NREL, 2012).

A primeira geração é marcada pelo silício cristalino (c-Si) e seus subgrupos – o silício monocristalino (m-Si) e o silício policristalino (p-Si), predominante no mercado por sua eficiência, consolidação e confiança (PINHO; GALDINO, 2014).

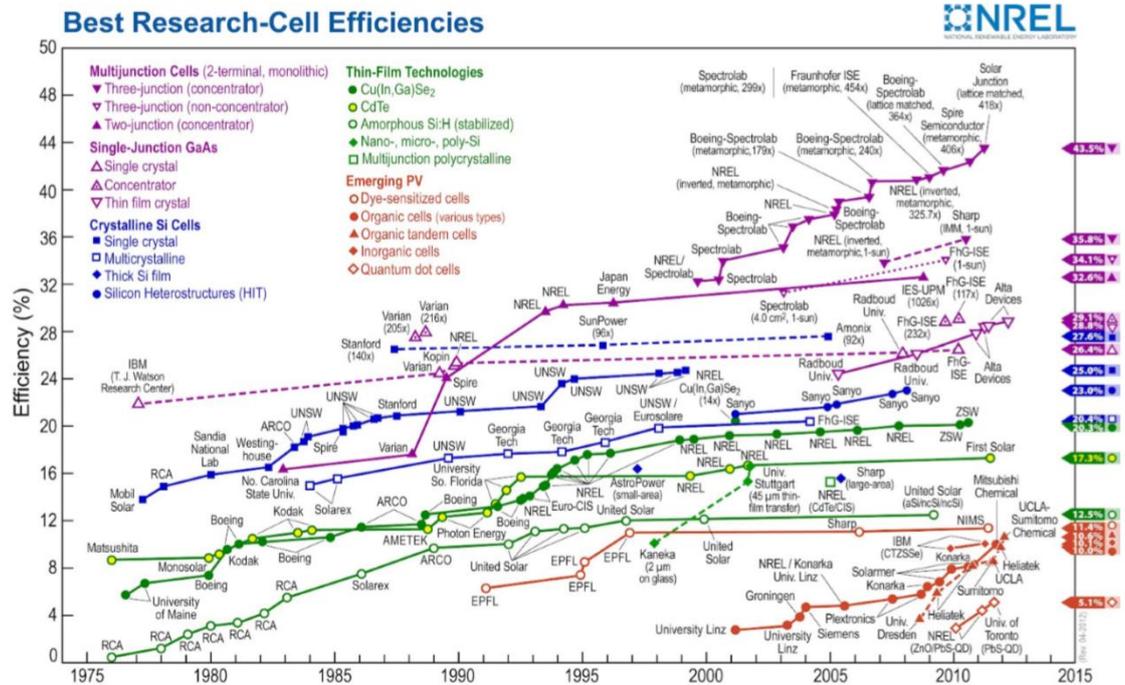
A segunda geração é a dos filmes finos, subdividida em: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe).

O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) define a terceira geração da seguinte forma: “Células que permitem uma utilização mais eficiente da luz solar que as células baseadas em um único *band-gap* eletrônico.” Em resumo, a busca do eficiente, uma diminuição no custo/watt e utilizar materiais abundantes e o mínimo de toxicidade.

Na quarta geração, têm-se as células orgânicas ou poliméricas, uma tecnologia recente que ainda está fase de estudo.

Conforme o Gráfico 4, em ordem cronológica, é possível notar a evolução de cada geração, dividida respectivamente pela cor azul, verde, violeta e laranja.

Gráfico 4 – A evolução da eficiência dos painéis solares ao longo do tempo



Fonte: National Renewable Energy Laboratory (NREL, 2012)

### 1.1.3 Bateria

Dazcal e Mello (2008) afirmam que as baterias são dispositivos responsáveis por fazerem o armazenamento da energia elétrica gerada pelos módulos, com o intuito de suprir a demanda da mesma na ausência da radiação solar. Com isso, podem ser consideradas de extrema importância, já que a radiação solar não ocorre nos períodos noturnos e é reduzida em dias nublados.

De acordo com o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB, 2019), no caso de sistemas isolados (*off grid*) da rede elétrica, as baterias são responsáveis por fazerem o armazenamento da energia elétrica para atenderem uma deficiência do sistema fotovoltaico, em períodos em que ocorre a queda ou a ausência da radiação solar, exemplos disso são aparecimento de nuvens, chuva ou período noturno. Em resumo, deve-se gerar energia elétrica além da demanda, a fim de alimentar as baterias e assim ter um sistema que supra todas as diversidades.

A bateria tem ciclos de vida: seria uma sequência de carga e descarga da bateria, quando seu rendimento cai ao longo do seu uso; ocorre também a autodescarga,

por armazenar energia de forma química, pequenos processos químicos ocorrem internamente na bateria quando não está sendo utilizada.

A sua capacidade se dá em amperes-hora (Ah), o quanto de corrente ela consegue suportar por uma hora. O valor terá influências tanto pela velocidade de carga e descarga da bateria (se mais tardio seu descarregamento, maior será a disponibilidade de carga da bateria), quanto pela temperatura de operação (a temperatura adotada é de 25 °C). O aumento da temperatura aumenta a capacidade de armazenamento da bateria, porém reduz drasticamente a vida útil da bateria.

#### 1.1.4 Controladores de Carga

Os controladores de carga ou conversores são comumente utilizados em sistemas fotovoltaicos como controladores de carga de baterias a partir da energia gerada pelos painéis solares (PINHO; GALDINO, 2014).

O princípio de funcionamento, da proteção da bateria através dos controladores de carga, consiste em impedir que ela sofra sobrecarga de tensão e prevenir que ela seja descarregada na sua totalidade. Ambas as situações acarretam desgaste e, conseqüentemente, diminuição da vida útil da bateria, por isso devem ser controladas (PINHO; GALDINO, 2014).

Em resumo, o uso do controlador de carga se torna um item essencial caso o projeto tenha bateria. A Figura 2 demonstra a relação direta sobre a bateria.



Fonte: Próprio autor

### 1.1.5 Inversores

Os inversores são dispositivos eletrônicos que fornecem energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua, responsável por unir os módulos fotovoltaicos na rede elétrica (PINHO; GALDINO, 2014).

Os módulos fotovoltaicos, visto anteriormente, são capazes de produzir uma corrente contínua que deverá ser transformada em corrente alternada similar ao instalado na residência (127 V/60 Hz), que é o objeto de estudo neste projeto.

O inversor apresenta características e especificações para proporcionar o maior fluxo de potência na conversão, logo os inversores devem operar no ponto máximo de potência da geração (MPP). Estes dispositivos têm um mecanismo de rastreamento desse ponto. Por meio de um conversor DC ligado em série com o inversor que ajusta a tensão de entrada do inversor à tensão correspondente ao MPP (PINHO; GALDINO, 2014).

O fator de dimensionamento do inversor (FDI) é a relação entre a potência máxima do gerador fotovoltaico e a potência do inversor, de modo que sua grandeza é adimensional (Eq 2). Quanto mais próximo de 1 (um) o SFCR gerará energia no regime de máxima eficiência, apenas uma variação de 0,1 pode resultar um ganho ou perda em torno de 10% de energia ao ano. Conforme na equação abaixo:

$$FDI = \frac{P_{inv}}{P_{ger}} \quad (2)$$

Onde:

- $P_{inv}$  : Potência nominal do inversor (kW)
- $P_{ger}$  : Potência máxima do gerador fotovoltaico (kWp)

No geral deve-se ter noções das unidades e grandezas presentes na engenharia elétrica para o melhor dimensionamento do inversor para o projeto conforme a seguir: (PINHO; GALDINO, 2014).

1) Eficiência na conversão de potência: a razão entre a potência de saída e a potência de entrada no inversor. É o item mais importante do inversor.

2) Forma de onda e Distorção harmônica: a forma de onda utilizado pela destruidora de energia é senoidal, logo a produzida pelo inversor deverá ser onda senoidal pura, e a distorção harmônica total (THD), que implica na qualidade da energia transformada, deve ser inferior a 5% em qualquer potência nominal;

3) Potência: refere-se a quanto o inversor suporta em grandeza, no caso a potência nominal de saída indica o valor máximo em regime contínuo durante um período de horas determinado pelo fabricante também como a taxa de utilização, logo a potência de surto ocorre quando a potência demandada ao inversor é superior à sua potência nominal por um determinado tempo. Consumo de potência em *standby* é o quanto o inversor consome sem nenhuma carga nele.

4) Tensão e frequência: a harmonia entre o projeto e a rede elétrica, do início da geração em tensão com corrente contínua até sua transformação em tensão com corrente alternada. O valor de tensão de entrada (normalmente corrente contínua de 12 V, 24 V ou 48 V compatíveis com os requisitos do inversor), e tensão de saída regulada na maioria são utilizadas tensões de 127 ou 220 V, com corrente alternada. No Brasil, a rede elétrica convencional se opera na faixa de frequência de 60 Hz.

5) Temperatura e umidade: dependendo do local se torna inviável a instalação do inversor, seja por temperatura ou umidade, além do que são aspectos que influenciam diretamente na eficiência geral do projeto.

6) Grau de proteção: o grau de proteção IP (*Ingress Protection*) classifica e avalia o nível de proteção de pessoas contra o contato com partes energizadas sem isolamento, proteção contra entrada de poeira e contato acidental com água nos contatos elétricos.

## 1.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA BRASILEIRA

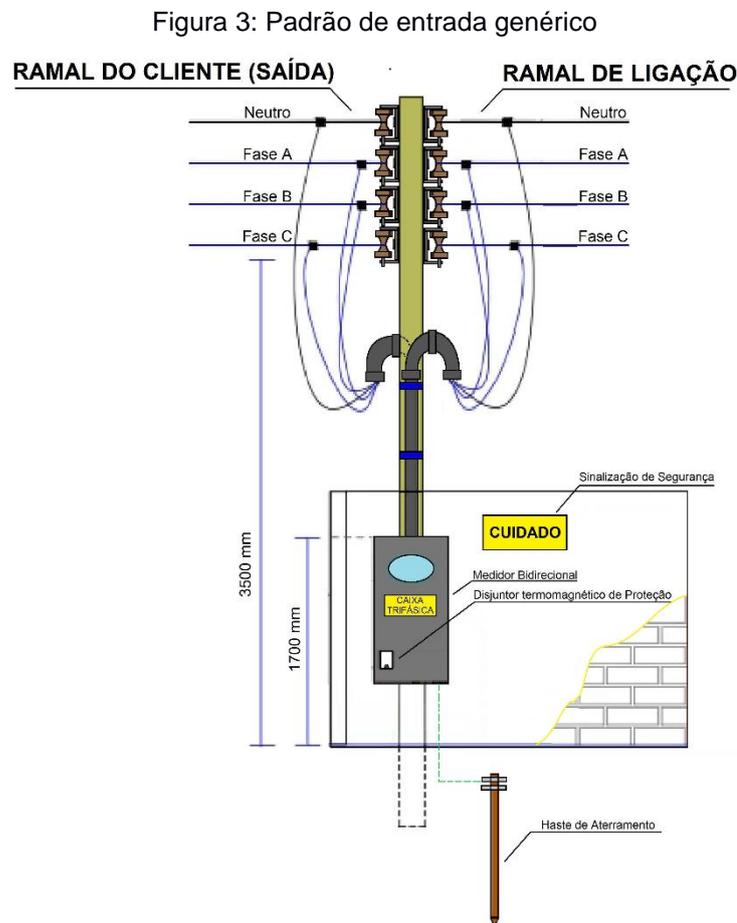
Há três condições onde o sistema poderá ser implantado: Sistemas autônomos ou isolado (*Off Grid*) que atendem à demanda exigida somente com a geração de energia fotovoltaica; Sistemas híbridos que são a associação de sistemas fotovoltaicos *On Grid* e Baterias; e Sistemas ligados à rede (*On Grid*) que operam em paralelo à rede elétrica da distribuidora de energia (GAZOLI; VILLALVA, 2012), (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015), sendo este último o sistema a utilizar neste trabalho.

O seja, o sistema *On Grid* é conectado à rede e não possui baterias para armazenar a energia que não é consumida, com isso esse potencial excedente é injetado

na rede elétrica da concessionária, gerando créditos energéticos que podem ser usados em até 60 meses. Isso ocorre pelo uso do inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel e a rede elétrica.

### 1.2.1 Sistema de compensação de créditos

Após a implementação do sistema *On Grid*, o consumidor começará a gerar energia elétrica e injetando o mesmo no anel de potência da cidade, através de um medidor bidirecional no padrão de entrada é possível fazer a medição (RODRÍGUEZ, 2002). Demonstrado na figura 3:



Fonte: Próprio autor

No medidor bidirecional será subtraído o consumo líquido com a geração solar, podendo abater na sua totalidade quando alcançado o consumo líquido e creditado com validade de 60 meses a geração elétrica excedente do respectivo mês.

Capaz de reduzir a conta de energia em até 95% do valor total, pois o lembrando que não isenta o consumidor de pagar taxas fixas, como a taxa de disponibilidade e taxa de iluminação, se houver.

### **1.2.2 Requisitos necessários e normas regulamentadoras**

A resolução normativa ANEEL nº 482 (ANEEL, 2012), permite que o consumidor brasileiro gere a própria energia elétrica a partir de fontes renováveis e que forneça o excedente de geração para a rede de distribuição. E os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (ANEEL, 2019).

A Amazonas Energia S/A ou AME é a concessionária local da cidade de Manaus, Amazonas. por esse motivo, ela é responsável por receber e analisar a Solicitação de Acesso Microgeração, através da entrega do Formulário de solicitação de acesso para microgeração que está disponível no anexo II, anexado as exigências mínimas que o projeto deve conter para a solicitação, descritas no Anexo I, como diagramas, memoriais descritivos, ART e dentre outros documentos pertinente a geração.

Para a instalação do projeto prevê a NBR5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão e a Norma técnica para conexão de acessantes à rede de distribuição em baixa tensão – Microgeradores (Código: MPN-DC-01/N-007); englobando todas as necessidades técnicas de dimensionamento, proteção e instalação do projeto (ELETROBRAS, 2016).

### **1.2.3 Classificação do consumidor**

Há diversas classes de consumidores no Brasil, residencial, industrial, comercial, rural e etc. E conforme o consumo é cobrado por tarifas, sendo elas tipo A ou tipo B. (ANEEL, 2019)

Por se tratar de uma área residencial de baixa tensão o projeto se enquadra no Subgrupo B1, baseando-se apenas no perfil de consumo mensal.

### 1.2.4 Tarifa Convencional e Horo sazonal e variação de cobrança

O consumidor tem o livre arbítrio de escolher entre a tarifa convencional e a tarifa branca. A Tarifa horo sazonal tem a denominação da cobrança diferenciada da energia elétrica de acordo com o consumidor. Segundo a ANEEL, o Subgrupo B1 se baseia apenas no consumo mensal, porém ele pode aderir a tarifa Branca desde de 2018 quando entrou em vigor, entretanto a cobrança varia nos períodos chuvosos e secos, isso ocorre pelo fato que as usinas hidrelétricas sofrem impacto direto da incidência de chuva e por consequência ocorre a elevação do preço final da energia gerada (ANEEL, 2019).

Conforme a ANEEL, a tarifa branca, tem como principal característica a variação do preço da energia elétrica dependendo do dia e dividido em três etapas: nos horários de picos, nos horários intermediários e nos horários de fora de ponta (ANEEL, 2019). Representado na tabela 1.

Tabela: 1 – Horários dos dias uteis da Tarifa Branca

Horário	Dias úteis	Sábado, Domingo e Feriado
00:00 à 17:00	Fora de Ponta	Fora de Ponta
17:00 à 18:00	Intermediária	Fora de Ponta
18:00 à 21:00	Ponta	Fora de Ponta
21:00 à 22:00	Intermediária	Fora de Ponta
22:00 à 24:00	Fora de Ponta	Fora de Ponta

Fonte: adaptação própria de (ANEEL, 2019).

Em resumo, caso o consumo seja maior no final de semana e feriados e ou, seja possível realocar o consumo para fora do horário de ponta e intermediária; é vantajoso para o consumidor aderir na tarifa branca.

Entretanto deve-se salientar que a alteração se aplica para a energia injetada na rede, não sendo vantajoso se o consumo ocorre no horário de pico, porque a energia creditada terá um reajuste do preço para adequar ao preço do horário de pico e intermediária.

As Bandeiras Tarifárias são divididas em três etapas: verde, amarela e vermelha, onde ela abrange praticamente todo o Brasil, com exceção em Roraima por

ser o único estado isolado do Sistema Interligado Nacional. E tem como finalidade indicar se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em função das condições de geração de eletricidade. Cada modalidade apresenta as seguintes características (ANEEL, 2019), na tabela 2.

Tabela 2 – Bandeira Tarifárias

<b>Bandeira verde</b>	A geração de energia está favorável, logo a tarifa não sofre nenhum acréscimo;
<b>Bandeira amarela</b>	A geração de energia está menos favorável, logo ocorre um acréscimo na tarifa de R\$ 0,01343 por quilowatt-hora (kWh) consumido;
<b>Bandeira vermelha – Patamar 1</b>	A geração de energia está desfavorável, logo ocorre um acréscimo na tarifa de R\$ 0,04169 por quilowatt-hora (kWh) consumido;
<b>Bandeira vermelha – Patamar 2</b>	A geração de energia está muito desfavorável, logo ocorre um acréscimo na tarifa de R\$ 0,06243 por quilowatt-hora kWh consumido.

Autor: adaptação própria de (ANEEL, 2019).

### 1.2.5 Taxa de Iluminação Pública

Para manter a operação e a manutenção da iluminação pública, diversos municípios cobra uma taxa pelo serviço, não há uma metodologia padrão para definir o valor da taxa. Ela varia para cada município. A taxa de iluminação é somada ao cálculo da conta de energia do consumidor e não pode ser abatida pelos créditos gerados pela usina geradora solar.

### 1.2.6 Viabilidade Econômica

Para o início de qualquer projeto, deve-se analisar os requisitos econômicos para viabilização do mesmo, os principais critérios de análise são: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, *Payback* Simples e *Payback* Descontado.

### 1.2.6.1 Valor Presente Líquido

Segundo o Hirschfeld(2007), o valor presente líquido (VPL) é a fórmula econômico-financeira capaz de ajustar os pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros fixa, e subtrair com o investimento inicial do projeto. Por consequência, caso o VPL seja maior que zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado o melhor aquele que apresentar maior VPL. Isso ocorre, porque nós temos que considerar o conceito da desvalorização do dinheiro no tempo.

O cálculo do VPL, é dada pela equação algébrica abaixo:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - FC_0 \quad (3)$$

Onde:

- VPL é o fluxo de caixa do investimento [R\$];
- $FC_0$  é o investimento inicial [R\$];
- $FC_t$  é a entrada ou fluxo de caixa de cada período t [R\$];
- i é Taxa Mínima de Atratividade (TMA) determinada pelo investidor a ser descontado do projeto [% ao período];
- t é o período de tempo
- n é o período estimado para o projeto.

Nesse caso a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) está relacionado as taxas básicas de juros, em resumo, na aplicação de baixo risco, como do sistema solar apresentado, será considerado a taxa Selic, que hoje é de 6,50%.

### 1.2.6.2 Taxa interna de retorno

A TIR representa a rentabilidade média do capital aplicado em um projeto, serve como referência para a taxa necessária de desconto a ser utilizada, onde o VPL não tenha nem lucro nem prejuízo, ou seja, ele se iguale a zero (EVANGELISTA, 2006), logo a sua equação é:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} - FC_0 \quad (4)$$

Onde:

- $FC_0$  é o investimento realizado no momento zero [R\$];
- $FC_t$  é a entrada ou fluxo de caixa de cada período  $t$  [R\$];
- $K$  é a TIR [% ao período];
- $n$  é o período estimado para o projeto.

### 1.2.6.3 *Payback* simples e descontado

O *payback* é o período de tempo necessário para recuperar o capital investido, logo, é o prazo do retorno financeiro do investimento no período de tempo necessário.

O *payback* simples é considerado insuficiente no ponto de vista financeiro, pois em sua análise não contém o princípio básico das finanças, que é o rendimento do dinheiro em relação ao tempo (HIRSCHFELD, 2007). Para um valor mais preciso, usa-se o *payback* descontado.

O método do *payback* descontado tem como finalidade o cálculo da recuperação do capital investido em um período de tempo, através da aplicação da TMA. Assim o *payback* terá um novo resultado obtido (HIRSCHFELD, 2007).

As vantagens no método do *payback* para o projeto proposto são:

1. A facilidade na aplicação e compreensão dos cálculos;
2. Serve como decisão na escolha de qual projeto investir;
3. O método de *payback* descontado considera a desvalorização do dinheiro em relação ao tempo

## 2 MÉTODO PROPOSTO

No presente trabalho, será apresentado um estudo de caso da implantação de um sistema fotovoltaico autônomo em residência, objetivando o abatimento da conta de energia, através de uma pesquisa exploratória e explicativa sobre o material bibliográfico. Os procedimentos técnicos obedecerão às referências bibliográficas e as que se encontram operantes no mercado.

A elaboração seguirá o método de procedimento monográfico, em que o sistema hipotético-dedutivo será implantado. O banco de dados terá como base a observação direta intensiva e documentação indireta, sendo estes dados qualitativos e interpretados de forma global.

A princípio foram realizadas pesquisas bibliográficas na área de sistemas fotovoltaicos conectado à rede, geoeconômico; em seguida, a proposta de configuração do sistema ligado à rede, especificando-se diversos dados técnicos e dimensionais dos componentes adotados para compor o sistema a fim de se possibilitar a implementação do projeto.

Levantamento dos materiais necessários e seus respectivos cálculos para especificação dos materiais e após isso realizada uma busca na *internet* em catálogos de fabricantes dos módulos fotovoltaicos, que enquadrem as normas brasileiras. Projetar uma simulação da usina no software PV\*SOL para o auxílio do dimensionamento. Em paralelo se inicia na elaboração dos documentos exigidos pela distribuidora de energia para obter a carta de aprovação.

Após isso é possível realizar o estudo da viabilidade econômica através das técnicas de análise de investimentos de projeto, com o propósito de reduzir a conta de energia e melhor o tempo de retorno do investimento.

Ao final é feita a descrição das etapas de implementação dos materiais na montagem do sistema que irá compor a usina geradora na residência. E os problemas e resultados encontrado durante a implementação.

### 2.1 DADOS DO PROJETO

Inicialmente foi feita uma tabela de carga para definição da potência instalada na residência, entretanto não foi considerada reserva de carga destinada a possíveis cargas futuras, foi considerada demanda 100%, a mesma se encontra na Figura 4.

Figura 4 – Carga da residência

TABELA DE PREVISÃO DE CARGA DA UNIDADE CONSUMIDORA – CLIENTE: Projeto Solar José Luiz									
Recinto	Iluminação			TUG's			TUE's		
	Quant.	Pot. Unit. (VA)	Pot.Total (VA)	Quant.	Pot. Unit. (VA)	Pot.Total (VA)	Quant.	Pot. Total (VA)	Pot.Total (VA)
Sala de estar	2	100	200	3	100	300	1	600	1600
Lavabo	1	100	100	1	100	100	1	1000	0
								600	
Sala de Jantar	3	100	300	3	100	300		1000	0
								600	
Cozinha	2	100	200	2	100	200	1	600	600
								1000	
Corredor	1	100	100	1	100	100		600	0
								1000	
Dormitório 01	1	100	220	2	100	200	1	600	1600
	2	60					1	1000	
Dormitório 02	1	100	160	2	100	200	1	600	1600
	1	60					1	1000	
Dormitório 03	1	100	160	2	100	200		600	0
	1	60						1000	
Banheiro 01	2	100	260	2	100	200	1	600	600
	1	60						1000	
Banheiro 02	2	100	200	1	100	100		600	0
								1000	
Banheiro 03	1	100	100	1	100	100		600	0
								1000	
Lavanderia	1	100	100	1	100	100	1	600	600
								1000	
Escritório 01	3	100	360	1	100	100	1	600	1600
	1	60					1	1000	
Escritório 02	1	100	100	0	100	0		600	0
								1000	
Área externa	2	100	440	0	100	0		600	0
	4	60						1000	
			Iluminação Total:			TUG's Total:		TUE's Total:	
			3000			2200		8200	

Carga Total Instalada: 13,4 KVA

Fonte: Próprio autor

A seguir é feita uma comparação das cargas com a potência consumida nos últimos doze meses que está disponível na conta de energia da residência, Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo nos últimos 12 meses

Ano	Mês	Consumo em kWh	Valor em Reais
2018	Outubro	937	882,10
2018	Novembro	1062	999,78
2018	Dezembro	950	894,34
2019	Janeiro	1197	1126,87
2019	Fevereiro	871	819,97
2019	Março	986	928,23
2019	Abril	966	909,40
2019	Maio	983	925,40
2019	Junho	965	908,46
2019	Julho	1048	986,6
2019	Agosto	1324	1246,431
2019	Setembro	1299	1222,89

Fonte: Próprio autor

O consumo médio dos últimos 12 meses é 1049kWh.

No padrão de entrada será trocado o disjuntor trifásico anterior por um disjuntor trifásico de 50A.

O cabeamento da residência até o quadro de distribuição será de 10mm<sup>2</sup>, obedecendo a NBR5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão – item 6.2.5.1.2 e tabela 37 – Capacidades de condução de corrente, em ampères para o método de referência B1 – 3 condutores carregados, na tabela demonstra que os condutores de 10mm<sup>2</sup> com isolamento de XLPE ou EPR e tem a capacidade de condução de corrente de até 66A a uma temperatura de 90° C, logo os novos materiais estão de acordo com a implementação do sistema fotovoltaico solar conectado ao cabo dimensionado.

Considerando:

- $I_b = \frac{13400}{380} = 35,26A$  (Corrente de projeto)
- = 50A (Corrente nominal do dispositivo de proteção.)
- $I_z = 66A$  (Capacidade de condução de corrente dos condutores de 10mm<sup>2</sup>)

E considerando fator de agrupamento 0,85 e fator de temperatura 0,95:

$$I_f = \frac{35,26}{0,85 * 0,95} = 43,66$$

Atendendo a NBR5410:2004, item 5.3.4.1:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z \quad (5)$$

$$43,66 \leq 50 \leq 66$$

b) Nota: É possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não venha a ser mantida por um tempo superior a 100 horas durante 12 meses consecutivos, ou por 500 horas ao longo de vida útil do condutor.

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z \quad (6)$$

Uma relação multiplicada por um fator, onde a corrente convencional de atuação, para disjuntores. Deve ser menor ou igual a corrente limite do cabeamento.

Conforme NBR IEC 60898:

Logo:

$$1,45 \times I_n \leq 1,45 \times I_z \quad (7)$$

$$1,45 \times 50 \leq 1,45 \times 66$$

$$50 \leq 66 \text{ ou } 72,5 \leq 95,7$$

## 2.2 UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE PV\*SOL

Antes de executar o programa é necessário cálculo da área útil disponível de ocupação dos módulos. Após isso a potência, área útil de ocupação dos módulos assim como os dados geográficos no local da residência foram adicionados no software PV\*SOL.

### 2.2.1 Estudo do Potencial Solar da Região

A obtenção dos dados de recurso solar disponível foi feita através do software PV\*SOL utilizando a base de dados SWERA e do Atlas Solarimétrico do Brasil nas imediações de Manaus/AM. Com base histórica, a Tabela 4 exhibe dados aproximados de radiação solar na região de interesse para instalação do sistema projetado.

Tabela 4 – Média mensal de irradiância e irradiação na região de interesse.

Mês	RADIAÇÃO DIRETA [kWh/m <sup>2</sup> ]	RADIAÇÃO DIFUSA [kWh/m <sup>2</sup> ]	RADIAÇÃO REFLETIDA [kWh/m <sup>2</sup> ]	RADIAÇÃO DIÁRIAS [kWh/m <sup>2</sup> ]	TOTAL MENSAL [kWh/m <sup>2</sup> ]
Janeiro	1,942	2,627	0,006	4,575	141,823
Fevereiro	1,858	2,481	0,005	4,344	125,989
Março	2,013	2,547	0,006	4,566	141,546
Abril	2,749	2,17	0,006	4,924	147,732
Mai	2,617	2,114	0,006	4,737	146,846
Junho	2,351	2,007	0,005	4,363	130,899
Julho	3,38	1,745	0,006	5,131	159,063
Agosto	3,585	1,932	0,007	5,524	171,241
Setembro	3,493	2,048	0,007	5,548	166,444
Outubro	2,621	2,431	0,006	5,059	156,833
Novembro	3,216	2,197	0,007	5,42	162,602
Dezembro	2,143	2,445	0,006	4,594	142,408

Fonte: PVSOL

Análise da Geração de Energia Elétrica Prevista é uma estimativa da energia gerada no primeiro ano de operação pode ser feita após a determinação do módulo solar e do inversor, além de estimativas de perdas por diversos fatores, foi obtido através do PV\*SOL o diagrama de geração de energia elétrica ao longo do primeiro ano de operação, cujo gráfico se encontra na Figura 4.

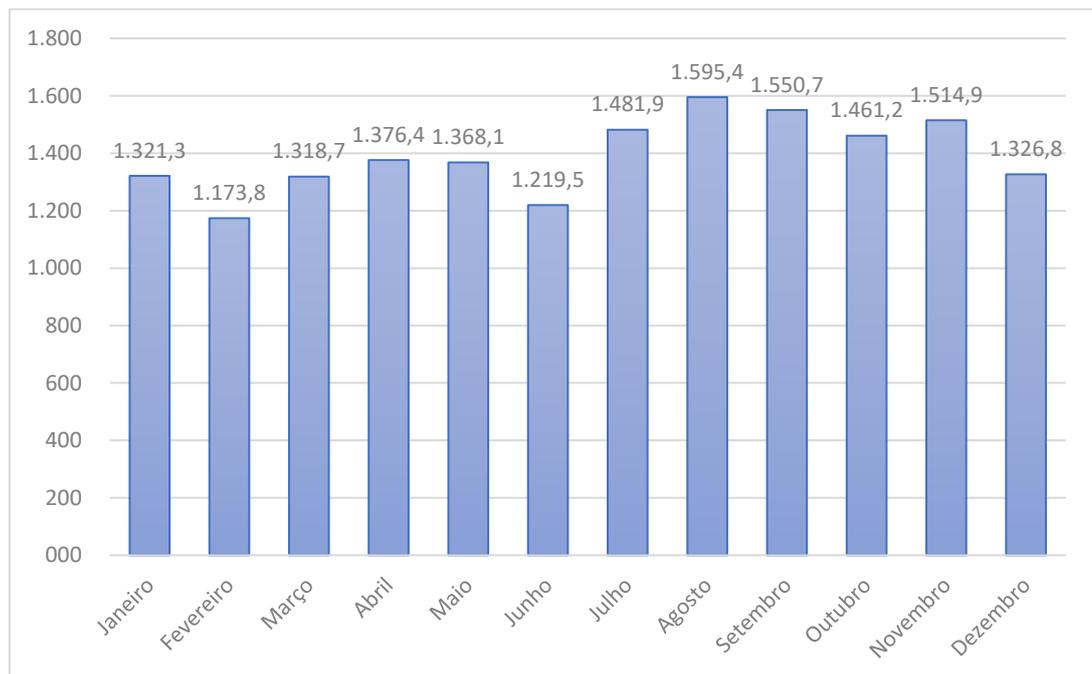
Os dados previstos de geração de energia elétrica e energia incidente foram dispostos na Tabela 5 e Figura 5 para cada mês do primeiro ano de operação do sistema fotovoltaico.

Tabela 5 – Previsão de geração de energia elétrica.

Mês	Geração de Energia Elétrica (kWh)
Janeiro	1321,324364
Fevereiro	1173,801273
Março	1318,738909
Abril	1376,374909
Mai	1368,116182
Junho	1219,542545
Julho	1481,946545
Agosto	1595,398909
Setembro	1550,704909
Outubro	1461,164727
Novembro	1514,911091
Dezembro	1326,776727

Fonte: PVSOL

Figura 5 – Previsão de geração de energia elétrica.



Fonte: Próprio autor

## 2.2.2 Dimensionamento pelo PV\*SOL

O software disponibiliza: análise de previsão de geração, diagramas, análise de sombreamento, o layout do posicionamento das *strings* e cabeamento.

Por questão limitadora, não foi possível realizar o estudo de sombreamento, por diversos fatores, principalmente a indisponibilidade ao acesso nas árvores e nas construções civis de caráter relevante ao estudo.

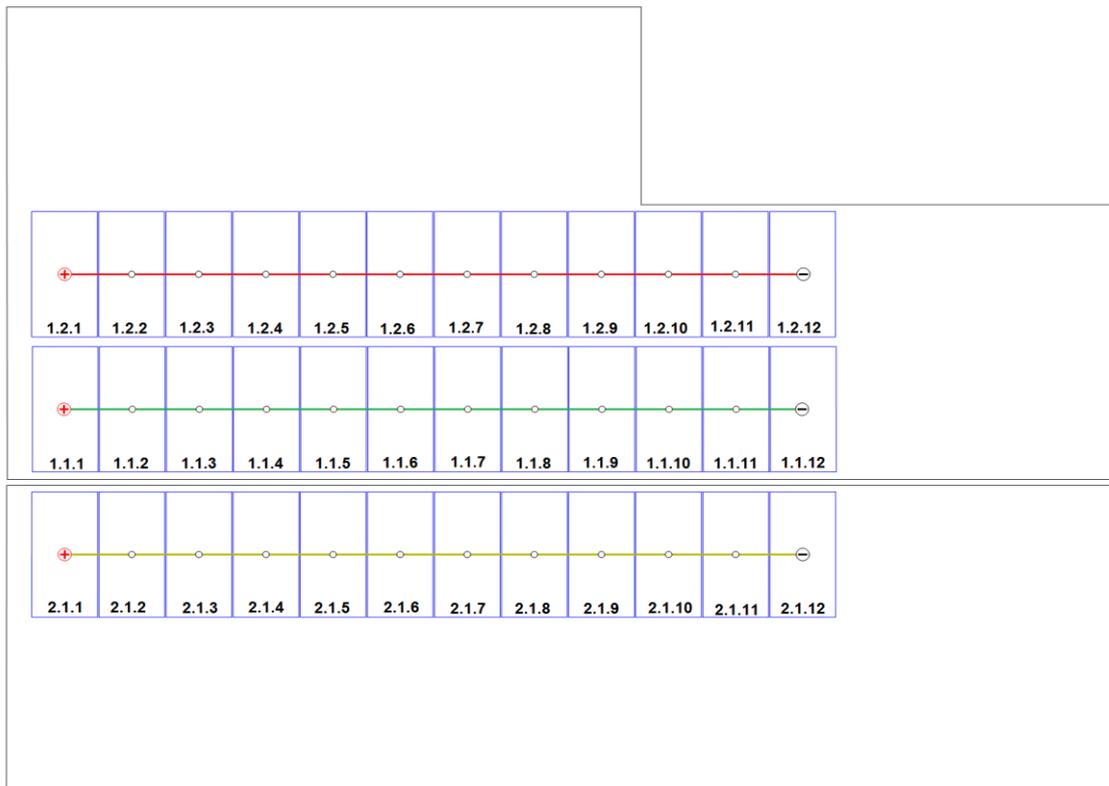
Foi construído uma maquete em 3D onde contempla os painéis fotovoltaicos e sua posição no telhado, somado com o *layout* do cabeamento de conexão em série das *strings*. Figura 6.

Figura 6 – Previsão de geração de energia elétrica.



Fonte: PV\*SOL

A Figura 7 apresenta a posição relativa do cabeamento das *strings*.

Figura 7 – Posição relativa do cabeamento das *strings*

Fonte: PV\*SOL

## 2.3 ESCOLHA DOS MATERIAIS

Iniciou-se a busca dos equipamentos no mercado, porém notou-se que os principais componentes da usina solar, para suprir a demanda de 12,06kWp as placas e inversores são vendidos junto em um kit solar pré-dimensionados para entregar a potência desejada, nela já estão inclusos adaptadores específico, suportes cabos e etc. Também foi necessário realizar adaptação para a residência receber a unidade geradora solar, onde contempla outras competências como civil e mecânica.

### 2.3.1 KIT SOLAR

O primeiro item e mais importante é a escolha do kit solar que melhor se encaixa para o consumidor. Diversas empresas disponibilizaram os orçamentos dos seus kits solares, tabela 6.

Tabela 6 – Levantamento dos orçamentos de Kit solar

	Empresa A	Empresa B	Empresa C
Potência Instalada (kWp)	11,55	12,06	12
Preço	R\$ 37.537,50	R\$ 37.952,5	R\$ 44.772,55
R\$/Wp	R\$ 3,25	R\$ 3,15	R\$ 3,73

Fonte: Próprio autor

A empresa B apresenta o melhor custo-benefício para a escolha dos kits solares disponíveis no mercado.

O kit solar da empresa contratada é constituído dos itens constantes na tabela 7.

Tabela 7 – Materiais do Kit solar

Quantidade	Material	Função
8 Unidades	STAUBLI CONECTOR MC4 320016P0001-UR PV-KBT4/6II- UR ACOPLADOR FÊMEA	Ao final das <i>strings</i> deve-se utilizar para conectar ao <i>stringbox</i> .
8 Unidades	STAUBLI CONECTOR MC4 320016P0001-UR PV-KBT4/6II- UR ACOPLADOR MACHO	Ao final das <i>strings</i> deve-se utilizar para conectar ao <i>stringbox</i>
100 Metros	CABO SOLAR NEXANS 51740 ENERGYFLEX BR 0,6/1KV (1500 V DC) PRETO - MULT. 25 METR.	Na utilização do cabeamento positivo na parte de corrente contínua do sistema, e como fase na parte de corrente alternada, após o inversor
100 Metros	CABO SOLAR NEXANS 52776 ENERGYFLEX BR 0,6/1KV (1500 VDC) VERMELHO - MULT. 25 METR.	Na utilização do cabeamento positivo na parte de corrente contínua do sistema, e como fase na parte de corrente alternada, após o inversor

1 Unidade	INVERSOR SOLAR FRONIUS 4210051 10 KW TRIFÁSICO 220 V 2MPPT MONITORA- MENTO	Transforma a corrente contínua em corrente alternada, e apresenta 2 entradas(mppt) oriundas da parte CC e 5 saídas para parte CA.
9 Unidades	ESTRUTURA ROMAGNOLE 411555 RS-183C 4 PAINÉIS TELHA METÁLICA PERFIL 55CM;	Um conjunto de materiais que compõe a sustentação dos painéis sobre os telhados. Como a fixação na treliça do telhado e a fixação das placas no trilho.
1 Unidade	STRING BOX PROAUTO 20389 SB-2E/4E-2S-1000 DC QUADRO 4 ENTRADAS/2 SA- ÍDA 4STR 1000 V;	Equipamento de proteção e isolador da parte DC do sistema, composto de seccionadoras para isolar as placas do inversor e um DPS contra surto de tensão, principalmente causado por descargas elétricas.
36 Unidades	PAINEL SOLAR BYD 335PHK- 36 POLICRISTALINO 144 CEL. 335 W HALF CELL 17% EFICI- ÊNCIA;	Principal função de transformar a luz em energia elétrica, com objetivo de gerar energia para a residência.

Fonte: Próprio autor

### 2.3.2 Módulo Fotovoltaico

O módulo fotovoltaico selecionado no kit solar é composto por 72 células fabricadas com tecnologia policristalina e garantia de 25 anos de desempenho linear. Será adotada taxa de degradação da produção devido ao tempo de uso de 0,5% ao ano. O fator decisivo para escolha deste módulo foi a boa relação custo-benefício. A Tabela 8 mostra suas principais informações elétricas e físicas, seu manual se encontra no Anexo III.

Tabela 8 - Características do módulo fotovoltaico 335PHK-BYD

Fabricante	BYD Company Ltd.
Modelo	335PHK-36-SERIES-5BB
Dimensões	1960 mm X 990 mm X 35 mm
Peso	22,1 Kg / 48,84 lb $\pm$ 5%
Caixa de Junção	IP67
Conectores	IP67
Potência Nominal Máxima	335 W
Tensão de Máxima Potência	37,35 V
Corrente de Máxima Potência	8,97 V
Tensão de Circuito Aberto	47,28 V
Corrente de Curto-Circuito	9,39 A
Eficiência	17,2 %
Coeficiente de Temperatura Pmax	-0,39%/°C
Coeficiente de Temperatura Voc	-0,31%/°C
Coeficiente de Temperatura Isc	-0,07%/°C

Fonte: Documento em anexo III - (BYD, 2019)

### 2.3.3 Inversor

Dentre as vantagens deste inversor foram consideradas a possibilidade de conexão de altas potências, na ordem de 10kW, distribuída entre duas entradas mppt que suportam altas correntes de entrada o que possibilita várias opções de arranjo, além de ter a opção de medir a eficiência em tempo real dos módulos e disponibilizar por meio de aplicativo conectado à internet. A Tabela 9 mostra as principais características do inversor escolhido, seus dados técnicos assim como o certificado de conformidade do inversor se encontram no Anexo IV, os registros de concessão do INMETRO tanto dos módulos quanto do inversor se encontram no Anexo V.

Tabela 9 - Dados do inversor Fronius

Fabricante	FRONIUS INTERNATIONAL
Modelo	Fronius Symo 10.0-3 208-240
Potência recomendada	8.0 – 13.0 kWp
Tensão máxima	600V
Faixa de tensão MPPT	300 – 500V
Corrente máxima de saída	31,5A
Max. Corrente do conjunto curto-circuito (MPPT1/MPPT 2)	25.0A / 16.5A
Frequência na rede elétrica	60Hz

Fonte: Documento em anexo IV - (FRONIUS, 2019)

#### 2.3.4 O cabeamento CA

O cabeamento CA estabelece ligação entre o Inversor e o Quadro de distribuição da unidade consumidora conectado à rede.

Os cabos devem ser dimensionados para uma corrente 1.25 vezes maior que a corrente nominal  $I_{ca}$ , temos:

$$I_{ca} > 27,7 \times 1,25 = 34,62A \quad (8)$$

Logo o condutor de interligação será de 6mm<sup>2</sup> considerando eventual queda de tensão, Tabela 10.

Tabela 10 - Dados do cabeamento CA

<b>Condutor</b>	<b>Característica específica</b>
Fase / Neutro	Preto / Azul
Material	Cobre
Seção transversal	6mm <sup>2</sup>
Isolamento do condutor (Material)	XLPE 90C 0,6/1kVCA

Fonte: Próprio autor

Na eventualidade de ocorrência de falhas, ou para a condução dos trabalhos de manutenção e de reparação, será necessário isolar o inversor do gerador

barramento para isso utilizaremos um DISJUNTOR CA, dimensionado conforme a equação abaixo:

$$I_{disjuntorCA} > I_{maxInversor}(27,7A) \quad (9)$$

O modelo selecionado para o projeto (ou similar) se encontra na Tabela 11.

Tabela 11 - Dados do disjuntor

Fabricante	Siemens
Descrição de pólos	3P
Corrente nominal (In)	32A 60°
Capacidade de corte nominal em serviço	5kA 220Vca em conformidade com a IEC60898
Tipo de proteção	Sobrecarga/curto circuito
Tensão de operação nominal	400V

Fonte: Próprio autor

### 2.3.5 O cabeamento DC

O cabeamento DC estabelece ligação entre o Inversor e o Módulos fotovoltaicos. Neste projeto o arranjo fotovoltaico está configurado com 2 (duas) *strings* conectadas em paralelo, será considerado um cabo de diâmetro igual para todas as partes dos arranjos.

De acordo a norma europeia IEC 60364-7-712 o cabo deve ser capaz de suportar 1,25 vezes a corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ ) do gerador.

Para o cabeamento DC a corrente é calculada da seguinte forma:

$$I > (I_{sc} \times 2) \times 1,25 = (9,39 \times 2) \times 1,25 = 23,35A \quad (10)$$

Os cabos serão de cobre e possuirão uma seção nominal de 6 mm<sup>2</sup> de espessura, para alimentação dos barramentos DC de distribuição e terminais, de acordo com tabela 12.

Tabela 12 - Dados do cabeamento DC

<b>Condutor</b>	<b>Característica específica</b>
Fase / Neutro	Preto / Vermelho
Material	Cobre
Tensão máxima	1500Vdc
Isolamento do condutor (Material)	XLPE 90C 0,6/1kVCA

Fonte: Próprio autor

Caso ocorra a necessidade de isolar o inversor do gerador fotovoltaico, seja por motivos preditivos, corretivo ou manutenções no mesmo, utilizaremos uma Chave Seccionadora DC, para não comprometer o sistema e os equipamentos durante a ocorrência.

Assim a Chave Seccionadora será uma de 25A, permitindo o desligamento do painel para manobras. A *strings Box* cujo manual técnico se encontra no anexo VI contém duas chaves seccionadoras DC, os dados da chave seccionadora se encontram na tabela 13.

Tabela 13 - Dados da chave seccionadora

Fabricante:	ABB
Modelo	BYT.2 32 A
Padrão de referência	IEC 60947-3
Descrição de polos	4 Polos
Corrente nominal (In)	32 A
Capacidade de corte nominal em serviço	5kA600 V
Tipo de proteção	Sobrecarga/ curto circuito
Tensão nominal de isolamento (Ui)	1200 Vcc
Tensão nominal de impulso (Uimp)	8 kV

Fonte: Documento em anexo VI - (PROAUTO, 2019)

### 2.3.6 Características do Arranjo Fotovoltaico

Para o cálculo do número mínimo e máximo de módulos que podem ser ligados em série, devemos obter a faixa de temperatura do módulo, que é fornecida pelo fabricante. A folha de dados do módulo indica temperatura nominal de funcionamento das células de 45°C usando como base temperatura ambiente de 25 °C.

É necessário realizar uma correção no valor de temperatura máxima fornecido. No nosso caso, vamos calcular limites aproximados da temperatura de operação das células a partir da equação a seguir. Estipulando que Manaus possui temperatura máxima de 33 °C e mínima de 24 °C. (WEATHERSPARK, 2019)

$$T_{max} = 33 + (45 - 25) = 53^{\circ}C \quad (11)$$

$$T_{min} = 24 + (45 - 25) = 44^{\circ}C$$

$$\Delta T1 = 45 - 53 = -8^{\circ}C \quad (12)$$

$$\Delta T2 = 45 - 44 = 1^{\circ}C$$

Os seguintes dados são necessários e se encontram nos dados técnicos do painel (BYD, 2019):

- $\beta = -0,30^{\circ}C$
- $V_{mp}^{nom} = 38,10 V$
- $V_{oc}^{nom} = 45,44 V$

A variação da corrente de máximo pico pode ser corrigida para seu valor máximo e mínimo pelas seguintes fórmulas:

$$V_{min} = \left(1 - \frac{\Delta T1 X \beta}{100}\right) \times V_{mp}^{nom} = 37,18V \quad (13)$$

$$V_{max} = \left(1 - \frac{\Delta T2 X \beta}{100}\right) \times V_{mp}^{nom} = 45,57V \quad (14)$$

Calculado a tensão limite em cada situação crítica e a tensão de operação na entrada CC do inversor. É possível saber o número mínimo e máximo de módulos em série com as seguintes equações.

$$N_{min} = \frac{200V}{37,18V} = 5 \quad (15)$$

$$N_{max} = \frac{600V}{45,57V} = 13 \quad (16)$$

Agora se faz necessário achar o número máximo de fileiras em paralelo, a corrente máxima de entrada no inversor é 25A para o MPPT1 e 16,5A para o MPPT2, enquanto a máxima corrente de curto circuito é 37,5A para o MPPT1 e 24,8A para o MPPT2.

A corrente é pouco afetada pela mudança de temperatura, visto que seu coeficiente térmico,  $\alpha$ , é baixo, mas por precaução será feito estudo de variação de corrente com temperatura.

Os seguintes dados são necessários e se encontram nos dados técnicos do painel (BYD, 2019):

- $\alpha = 0,066\%/^{\circ}C$
- $I_{sc} = 9,25A$

$$I_{ccmax} = \left(1 - \frac{\Delta T X \alpha}{100}\right) \times I_{sc}^{nom} = 9,29A \quad (17)$$

O número máximo de fileiras no MPPT1 e MPPT2 se calcula com as seguintes fórmulas:

$$N_{maxMPPT1} = \frac{25A}{9,29A} = 2 \quad (18)$$

$$N_{maxMPPT2} = \frac{16,5A}{9,29A} = 1$$

O arranjo fotovoltaico do presente sistema consiste em 36 módulos fotovoltaicos dispostos em dois sub-arranjos de 24 e 12 módulos respectivamente. Um sub-arranjo é composto por 2 fileiras de 12 módulos cada em série enquanto o outro por 1 fileira de 12 módulos em série. Suas características se encontram nas tabelas 14 e 15.

Tabela 14 - Especificações do sub-arranjo 1 de duas fileiras

Voc	545,28 V
Isc	18,5 A
Vmp	457,2 V
Imp	17,58 A

Fonte: Próprio autor

Tabela 15 - Especificações do sub-arranjo 1 de uma fileira

Voc	545,28 V
Isc	9,25 A
Vmp	457,2 V
Imp	8,79 A

Fonte: Próprio autor

### 2.3.7 Aterramento

Os módulos fotovoltaicos e as estruturas metálicas de montagem deverão ser adequadamente aterrados.

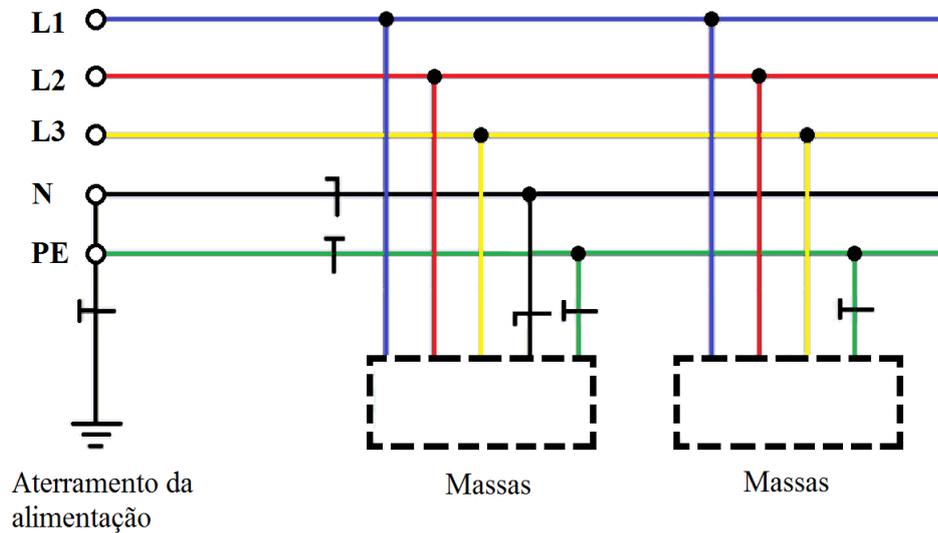
Um condutor de cobre deve estar diretamente ligando os módulos e estruturas ao barramento de aterramento da instalação, e estão aterrados no inversor e na caixa de junção (*string box*).

Em concordância com a NBR5410:2004, todas as massas da instalação situadas em uma mesma edificação devem estar vinculadas à equipotencialização principal da edificação. Para isto, o barramento onde estão interligadas as esquadrias dos módulos, estruturas de montagem, inversor e caixa de junção está interligado diretamente ao barramento principal de aterramento, tornando-os assim equipotencializados.

No esquema de aterramento adotado, o condutor neutro e o condutor de

proteção elétrica são distintos; como mostrado na figura 8.

Figura 8 - Sistema de aterramento da residência



Fonte: Próprio autor

O modelo de referência de inversor adotado neste projeto não possui transformador de isolamento por este motivo é necessário instalar um ou mais DPS no ponto de conexão com a rede elétrica. Os Dispositivos de proteção contra surtos elétricos ou descargas atmosféricas (DPS) são como disjuntores que protegem a parte interna da residência, desligando a energia da rede elétrica quando há uma descarga atmosférica muito forte. O tipo Classe II é usado para proteger o local, em geral, do aumento excessivo da tensão (sobretensão).

Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS), monopolar, Classe II, regidos pela NBR IEC 61.643-11, do tipo limitador de tensão, composto por varistor de óxido de zinco associado a um dispositivo de desconexão térmica (sobretensão) e elétrica (sobrecorrente) (BRASIL, 2007).

De acordo com o projeto as especificações do DPS devem ser as seguintes, Tabela 16.

Tabela 16 - Especificações do DPS

Tipo / Classe	T2/II
Descarga nominal máxima	40 kA
Tensão Máxima de Operação	1000 Vcc
Tempo de resposta	≤25 ns
Aplicação do DPS	Proteção de sistema fotovoltaico
Nível de Proteção	3,5 kV

Fonte: Próprio autor

### 2.3.8 Estruturas de Suporte

A fixação do arranjo sobre o telhado foi feita através de estruturas de suporte chamadas de trilho fotovoltaico. Além dos trilhos, são necessários grampos, emendas, ganchos, entre outros acessórios.

O modelo definido pelo kit é o ROMAGNOLE 411555 RS-183C tipo Rosca dupla, serão 9 suportes, cada um acomoda 4 painéis, a quantidade e modelo dos componentes de fixação se encontram na Tabela 17.

Tabela 17 - Componentes do trilho ROMAGNOLE 411555 RS-183C

Componente	Função	Quantidade Total (unidades)
Perfis "H" de 55cm	Fixação dos módulos sobre o telhado	2
Fixadores Rosca Dupla	Interconexão dos trilhos fotovoltaicos	8
Fixadores Centrais	Travamento de módulos entre si.	6
Fixadores Finais	Travamento dos módulos	4

Fonte: (ROMAGNOLE, 2019)

### 2.4 VPL, TIR E PAYBACK

O custo da usina foi baseado no valor do kit solar avaliado em R\$ 37.952,50 e o valor declarado na ART do projeto de R\$ 2.000,00, sendo assim o valor é R\$

39.952,50. Com ajuda da tabela 5 sabemos o que será gerado no mês e a média ao ano calculado é de 16.708,80 kWh.

Em Manaus a distribuidora local cobra por cada kWh o valor de R\$ 0,941413, e auxílio da tabela 5, foi possível gerar a tabela 18 e a figura 9 abaixo, onde se tem uma prévia do comportamento da usina ao longo de um ano.

Tabela 18 – Valor abatido em Reais

	Valor abatido na conta de energia (R\$)
Janeiro	1.243,91
Fevereiro	1.105,03
Março	1.241,48
Abril	1.295,74
Mai	1.287,96
Junho	1.148,09
Julho	1.395,12
Agosto	1.501,93
Setembro	1.459,85
Outubro	1.375,56
Novembro	1.426,16
Dezembro	1.249,04

Fonte: Próprio autor

Figura 9 – Valor abatido em R\$



Fonte: Próprio autor

O sistema de painéis fotovoltaicos é capaz de durar mais de 30 anos, porém sendo limitado na garantia de fábrica dos painéis de 25 anos e do inversor de 5 anos, foi adotado um período de 5 anos para um resultado mais fidedigno.

A tabela 19 abaixo ilustra o valor presente:

Tabela 19 – Valor presente

Ano	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo (R\$)
0	-39.952,50	-39.952,50
1	15.729,88	-24.222,62
2	15.729,88	-8.492,73
3	15.729,88	7.237,15
4	15.729,88	22.967,03
5	15.729,88	38.696,91

Fonte: Próprio autor

Não sendo um cálculo confiável, se faz necessário o uso do VPL, através da equação (3), cujos resultados estão na tabela 20.

Tabela 20 – Valor presente líquido

Ano	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo (R\$)
0	-39.952,50	-39.952,50
1	14.769,83	-25.182,67
2	13.868,39	-11.314,28
3	13.021,96	1.707,68
4	12.227,19	13.934,86
5	11.480,93	25.415,79

Fonte: Próprio autor

A diferença do valor ao final do investimento é de R\$ 13.281,12, demonstrando a importância de corrigir os valores futuros para o valor atual.

A TIR do projeto, segundo fórmula (4), é de 20,04%, logo é a taxa de desconto que torna o VPL deste investimento nulo. Em geral, a TIR não é uma medida adequada para a decisão de aceitar ou rejeitar um projeto se nele há reinvestimento ao longo de seu ciclo de vida, por esse motivo foi adotado o período de 5 anos para maior confiabilidade.

No caso do *Payback* temos, tabela 21:

Tabela 21 – tempo de retorno

Método:	Duração
<i>Payback</i> Simples	927 dias ou 2 anos, 6 meses e 17 dias
<i>Payback</i> Descontado	1048 dias ou 2 anos, 10 meses e 18 dias

Fonte: Próprio autor

### 3 IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

#### 3.1 INSTALAÇÃO FÍSICA DO SISTEMA

Após fazer o levantamento de todo o material da usina geradora solar, foi possível montar o seu diagrama trifilar e unifilar, conforme pode ser visualizado no apêndice A.

A implementação do projeto dar se início na confirmação da ART, e finaliza na interligação completa vinda dos painéis fotovoltaicos até alcançar os dois disjuntores da residência, um do medidor bidirecional e outro do quadro de distribuição da residência.

Para implementar o projeto são necessárias ferramentas adequadas para execução da mesma, e também requisitos mínimos de segurança, como a NBR-35 de trabalho em alturas, pois o montador além de ter recebido o treinamento adequado, ele deverá portar os EPIs adequados, principalmente a fita de amarração e capacete, para prevenção de algum acidente como quedas.

Segue a lista de ferramentas utilizadas:

1. Parafusadeira
2. Chave sextavada
3. Broca para madeira 9 mm
4. Furadeira
5. Chave combinada 15 mm
6. Escadas
7. Régua de tomada
8. Chave *phillips*
9. Martelo
10. Alicate universal
11. Alicate de corte
12. Alicate prensa terminal

E a lista de materiais consumíveis para implementar:

1. Luva
2. Luva para o terminal do eletroduto
3. Eletroduto flexível
4. Arruela para o terminal do eletroduto
5. Caixa 4x2 polegadas
6. Terminal olhal 4 a 6 mm
7. Terminal pino 4 a 6 mm
8. Fita isolante
9. Abraçadeira de nylon
10. Pregos para telhado
11. Tábua de azimbre
12. Espuma expansível
13. Manta asfáltica

Lista de EPI

1. Capacete com jugular
2. Luva com tratamento em borracha
3. Óculos de proteção
4. Fita de amarração
5. Bota

### **3.1.1 Instalação dos Painéis**

Inicialmente fez-se a análise da estrutura do telhado, e por se tratar de uma sustentação firme e superdimensionada, não foi necessário fazer adaptações, porém

na escolha do kit solar, foi especificado que seria para uma sustentação de madeira.

Com auxílio de escadas, é possível ter acesso ao telhado, porém por se tratar de um telhado de amianto, fez-se a instalação de um andaime nos pontos de sustentação do telhado com tábuas de azimbre Figura 10.

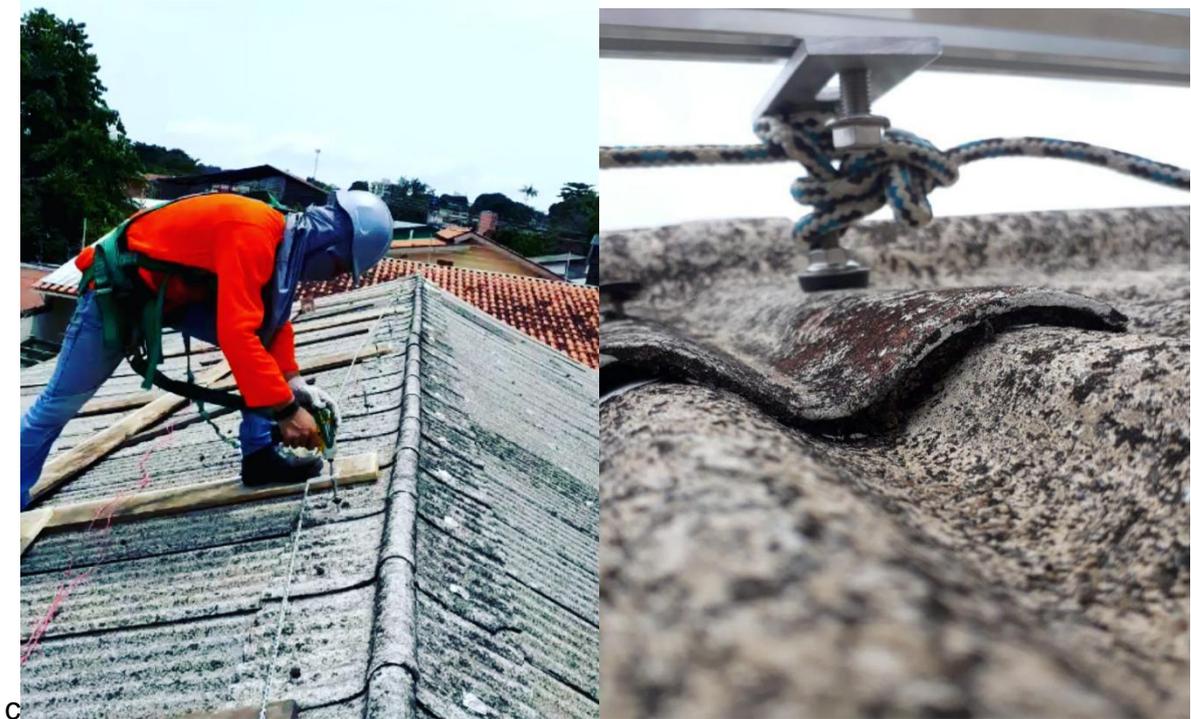
Figura 10 – Andaime de tábua de azimbre sobre o telhado



Fonte: Próprio autor

Agora é possível trafegar sobre o telhado, portanto os EPIs obrigatórios, dentre eles, a fita de amarração e seu local de atracamento conforme na figura 11, em seguida é iniciado a instalação dos parafusos de fixação do trilho no suporte do telhado, Figuras 12.

Figura 11 – Fita de amarração e local de atracamento



Fonte: Próprio autor

Figura 12 – Fixação dos trilhos / Perfil H sobre os fixadores



Fonte: Próprio autor

Após fixar todos os trilhos necessários para a posição dos painéis, inicia a instalação propriamente dita dos painéis, em primeira etapa, faz-se a conexão do aterramento das placas na moldura dos painéis, para melhor acabamento fez-se o uso de terminais olhais 4 a 6 mm, Figura 13.

Figura 13 – Parafusar o ponto de aterramento na moldura dos painéis fotovoltaicos



Fonte: Próprio autor

Durante a etapa de fixação dos painéis no trilho, deve-se fazer a ligação em série dos painéis com objetivo de definir os arranjos do sistema Figura 14. E o kit solar, acompanha todas as peças periféricas para fazer a fixação e alinhamento dos painéis no trilho, Figura 15

Figura 14 – Conexão em série com adaptadores mc4 macho e mc4 fêmea



Fonte: Próprio autor

Figura 15 – Presilha de fixação e alinhamento dos painéis fotovoltaicos no trilho de sustentação



Fonte: Próprio autor

Após a instalação se alinha os painéis mantendo a linearidade dos trilhos. A Figura 16 ilustra os 3 arranjos que contém 12 painéis fotovoltaicos cada.

Figura 16 – Os módulos do arranjo MPPT1 e MPPT2 do sistema solar



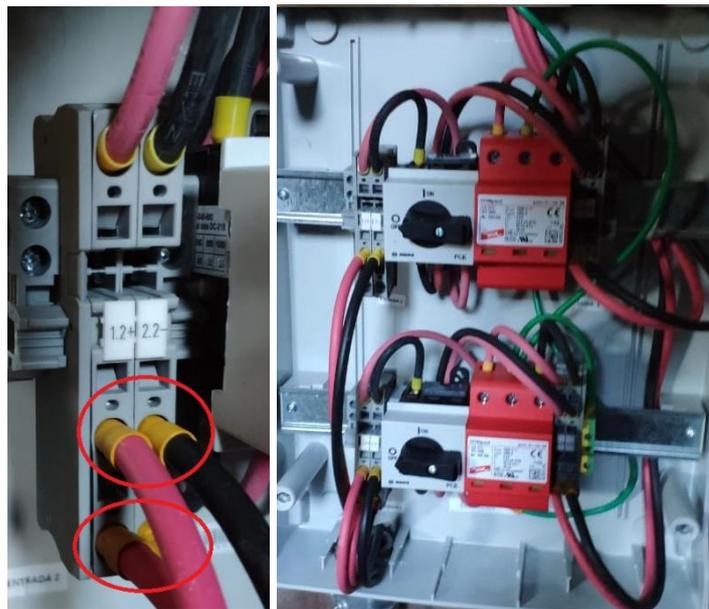
Fonte: Próprio autor

Ao término da montagem notou-se diversos possíveis pontos de infiltração na residência, para impermeabilizar o local, utiliza-se manta asfáltica e no caso dos eletrodutos flexíveis usa-se espuma expansível. E por último ocorreu as trocas de telhas e capotes de telha danificadas durante a montagem, através de um martelo e prego para fixá-los.

### 3.1.2 *String box*

Finalizada a etapa anterior inicia o cabeamento das placas até o *string box*, local onde ocorre a conexão em paralelo existente no MPPT1, no borne de interligação, segundo o diagrama elétrico apresentado no anexo VI. Conforme a figura 17.

Figura 17 – Conexão em paralelo e *String Box*



Fonte: Próprio autor

A *string box* é composto do sistema de proteção do sistema, que consiste em 3 DPS interligado com o aterramento da residência, para proteger cada fase do surto de tensão, e uma seccionadora para caso seja necessário isolar os painéis do inversor, Figura 18.

Figura 18 – *String box* implementado.

Fonte: Próprio autor

Todos os parafusos encontrados na *string box* foram reapertados com um torquímetro, no torque exigido no manual.

### 3.1.3 Inversor

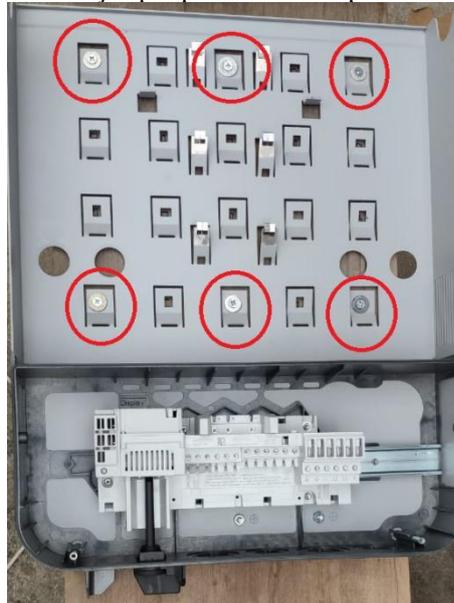
Próximo ao *string box*, o inversor será o último componente a ser instalado, contemplando a construção de uma usina geradora solar, porém não conectada na rede elétrica.

A instalação teve como partida o auxílio do manual de instalação do fabricante, o manual recomenda montagem do inversor na posição vertical em uma parede ou coluna vertical. Também é adequado para uma posição de montagem horizontal. No mínimo 4 parafusos com 2.5 Nm de aperto, no projeto foi aderido o uso de 6 parafusos.

A posição vertical foi a escolhida, após a desmontagem do inversor com o suporte de montagem, fixou-se o suporte de montagem na superfície vertical

desejada, Figura 19.

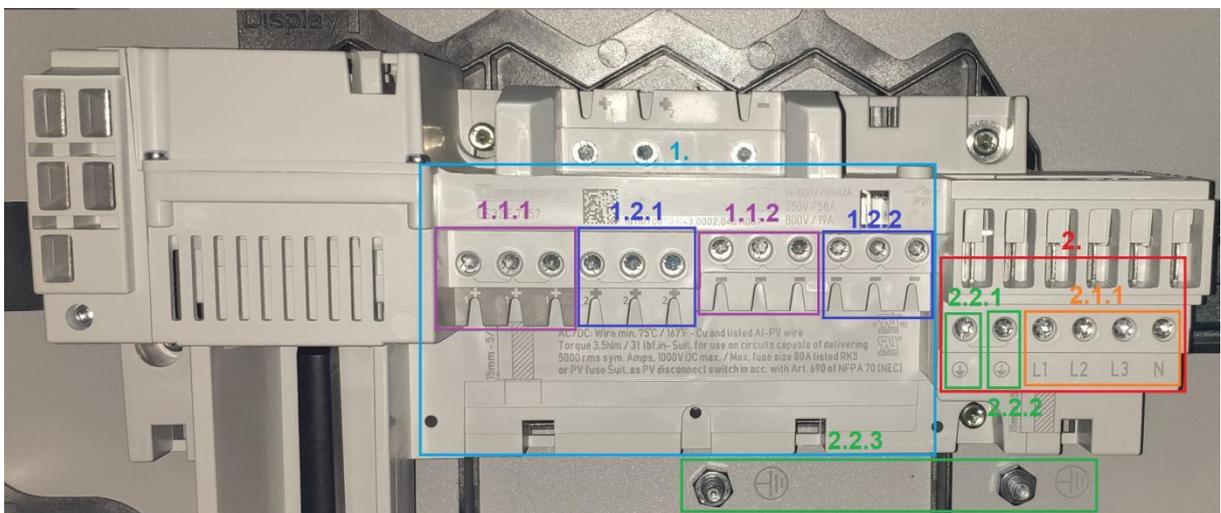
Figura 19 – Fixação por parafusos do suporte de montagem



Fonte: Próprio autor

As conexões de entrada e saída do inversor se encontra na parte inferior do suporte de montagem. As conexões de entrada são relacionadas ao sistema CC oriundo dos painéis e *string box* respectivamente, depois da corrente ser tratada no inversor, inicia as conexões de saída que são relacionadas ao sistema CA que interligará a rede elétrica local posteriormente. Uma parte delicada do trabalho, a figura 20 a seguir ilustra o gabarito de cabeamento.

Figura 20 – Entrada e saída de conexões do inversor



Fonte: Próprio autor

Onde:

1. Entrada da conexão de cabeamento CC do sistema fotovoltaico

1.1.1. Terminal de ligação do cabeamento POSITIVO oriundo do arranjo 1(MPPT 1)

1.1.2. Terminal de ligação do cabeamento NEGATIVO oriundo do arranjo 1(MPPT 1)

1.2.1. Terminal de ligação do cabeamento POSITIVO oriundo do arranjo 2(MPPT 2)

1.2.2. Terminal de ligação do cabeamento NEGATIVO oriundo do arranjo 2(MPPT 2)

2. Saída da conexão de cabeamento CA do sistema fotovoltaico

2.1.1. Terminal de saída do cabeamento das Fases 1, 2 e 3; e o Neutro

2.2.1. Conexão do aterramento oriundo da *string box* (*sugestão de montagem*)

2.2.2. Terminal de saída do cabeamento do aterramento do inversor até a malha de terra.

2.2.3. pontos de aterramento do suporte de montagem do inversor.

Concluindo as conexões o inversor deve ser posto em seu respectivo lugar o encaixando corretamente conforme o manual. Resultando na construção da usina geradora solar, Figura 21.

Figura 21 – String box e Inversor instalados



Fonte: Próprio autor

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

O sistema instalado consiste em um arranjo fotovoltaico de 12,06 kWp de potência instalada, a ser situado na rua VIII, Nº 28 – Aleixo (Figura 6). O arranjo será composto por 36 módulos fotovoltaicos idênticos de potência 335 Wp. Os módulos serão conectados a um inversor de 10 kWp. O arranjo será instalado em equipamentos de suporte dos módulos fotovoltaico posicionados no telhado da residência e ocupará uma área de aproximadamente 71,14 m<sup>2</sup>. A energia excedente gerada por este sistema será injetada na rede.

A implementação se apresentou sólida, segura e dimensionada corretamente, em um futuro breve será atestado o funcionamento do sistema como um todo, bem como da geração de energia. Entretanto durante a instalação foi observado diversos pontos de melhoria e adaptação do local.

Durante a instalação do eletroduto flexível, a opção metálica foi selecionada por ter um grau de proteção maior que do eletroduto corrugado de PVC, visto que sua instalação tem que suportar as intempéries climáticas.

No projeto foi dimensionados os disjuntores principais: do sistema fotovoltaico, do padrão de entrada e do quadro geral, porém a solicitação da permissão da instalação ainda está em trânsito na distribuidora de energia, aguardando a atualização do status para aprovado.

Com um mercado já consolidado o sistema proposto neste projeto é justamente um sistema padrão obedecendo as normas técnicas, sendo o diferencial muitas vezes um dimensionamento mais preciso ou compras de materiais a parte como opcional de melhoria ou adaptação na maioria dos casos.

No projeto inicial se idealiza a instalação do inversor e da *string box* numa parede em um cômodo separado, porém inviabiliza pela distância do local escolhido com os terminais dos painéis fotovoltaicos e com a conexão à rede elétrica, porque supera a quantidade demandada de cabo comprado no kit solar, logo o local escolhido para fixar o inversor apresentou uma redução do uso de cabeamento, uma vez que ele foi instalado mais próximo das placas fotovoltaicas.

Como já esperado, não foi possível dar início a operação, visto que a solicitação de microgeração está em andamento na Amazonas Energia.

Durante a instalação foi percebido diversas situações principalmente no quesito de segurança e bom uso de materiais, por ser tratar de uma telha de fibrocimento, um

material frágil ocorreu diversas rachaduras ou até quebra de telhas, resultando na necessidade na compra de novas telhas e capotes de fibrocimento; e demonstrando a importância da fita de amarração.

Independente do aumento do custo, os gastos totais não ultrapassaram a cota estabelecida na ART, sendo satisfatório o *payback* descontado em 2 anos 10 meses e 18 dias, e o TIR de 20,04%. Um tempo excelente de retorno de capital em comparação ao oferecido no mercado brasileiro.

A fabricante do inversor disponibiliza o software *Fronius Datamanager 2.0*, um datalogger com capacidade de rede que une as funções do *Fronius Com Card*, *Fronius Datalogger Web*, *Fronius Power Control Card* e Cartão *Fronius Modbus* em um cartão. Em resumo ele é capaz através de uma página da internet do *Fronius Datamanager 2.0* apresentar um *overview* do sistema fotovoltaico. Sendo disponível o seu acesso por conexão direta com um navegador ou pela internet.

## CONCLUSÃO

O estudo feito no trabalho engloba conteúdos acerca do dimensionamento correto dos componentes, abrangendo o seu funcionamento e função no sistema. Também se discorreu acerca das normas brasileiras responsáveis para tal atividade, por fim os cálculos necessários para viabilização econômica do projeto.

A implementação da usina geradora solar demonstrou a viabilidade do projeto. Neste, utilizou-se 36 placas fotovoltaicas de 335 W, cuja função é transformar a energia da luz do sol em energia elétrica. Já o inversor de 10 kW foi responsável pela transformação da energia elétrica de corrente contínua para corrente alternada com um baixo índice de harmônica.

A interligação dos componentes é realizada por cabos, seccionadoras, DPS e disjuntores, todos os componentes foram dimensionados e aterrados para que cumpra as exigências da NBR 5410, visando melhor custo benefício, confiabilidade e usabilidade no projeto implementado.

Na instalação, por ser realizada sobre o telhado da residência, foi dada devida atenção no quesito de segurança, todos os EPIs mínimos foram exigidos durante toda a montagem. E se fez necessário a construção de um andaime de tábua de azimbre para locomoção sobre o telhado, pois as telhas são de fibrocimento, ou seja, um material frágil que impossibilita se apoiar diretamente nele.

No quesito de viabilidade econômica, o projeto demonstrou satisfatório, conseguindo a meta de 2 anos, 10 meses e 18 dias de *payback* descontado, um índice bem reduzido em comparação com a média do mercado brasileiro solar de retorno no mínimo de 5 anos.

Em virtude das restrições de tempo, o acompanhamento da solicitação de microgeração foi sugerida para trabalhos futuros. O projeto se mostrou apto para aplicação futura em outra residência, dependendo do caso deverá ser feito um estudo específico do espaço disponível para os painéis e ter a adição de um memorial de cálculo para a treliça do telhado, porque não foi um fator limitante do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução ANEEL no 482 de 17 de abril de 2012**. Relatório técnico, 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução ANEEL no 479 de 3 de abril de 2012**. Relatório técnico, 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>>.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução ANEEL no 687 de 24 de novembro de 2015**. Relatório técnico, 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Bandeira Tarifaria**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 05 maio 2019.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional – PRODIST**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=82>>. Acesso em: 04 maio 2019.

ANEEL. **TARIFA BRANCA**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>>. Acesso em 25/08/2019.

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL: **banco de dados solarimétricos. Coordenador Chigueru Tiba.** et al.- Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111 p.: il., tab., mapas. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas\\_Solarimetrico\\_do\\_Brasil\\_2000.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf)>, Acesso em: 04 maio 2019.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 61643-1: Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão**. Relatório técnico, Rio de Janeiro, 2007.

BYD. **Modulo fotovoltaico BYD**. Disponível em: < [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ah-UKEwiH55Dy3\\_IAhV6GLkGHXPFAY0QFjAAegQIA-xAC&url=http%3A%2F%2Fwww.byd.ind.br%2Fwpcontent%2Fuploads%2F2018%2F11%2F0618bc\\_02ce1626e80f425da28874e67afa5ff9.pdf&usq=AOvVaw37ULD\\_2csD9WP2MhHI2ieZ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ah-UKEwiH55Dy3_IAhV6GLkGHXPFAY0QFjAAegQIA-xAC&url=http%3A%2F%2Fwww.byd.ind.br%2Fwpcontent%2Fuploads%2F2018%2F11%2F0618bc_02ce1626e80f425da28874e67afa5ff9.pdf&usq=AOvVaw37ULD_2csD9WP2MhHI2ieZ)>. Acesso em 27 de agosto de 2019.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Solar: Princípios e Aplicações**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em: 01 maio 2019.

DAZCAL, R.; MELLO, A. **Estudo da Implementação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em um edifício da Universidade Presbiteriana Mackenzie**. Abenge – Associação Brasileira de Educação de Engenharia. Fortaleza, 2008.

ECYCLE. **Painéis solares fotovoltaicos: conversores da luz do sol em energia elétrica.** 2013. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3358-painel-solar-termico-celula-fotovoltaica-como-funciona-captao-luz-kitgeracao-energia-eletrica-eletricidade-vantagens-uso-fonte-renovavel-limpa-meioambiente-eficiencia-sustentavel-onde-comprar-preco-custo-investimento-instalacaotelhado-residencia-casa.html>. Acesso: 04 maio 2019.

ELETROBRAS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: Classe Residencial Relatório Norte.** Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2005. 161 P. Disponível em: <http://www.procel.gov.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=&params=itemID=%7BEC6B77CC-1B9C-4C0D-B643-1C9148CE8420%7D%3B&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>. Acesso: 04 dezembro 2019.

ELETROBRAS. N-007: **Norma técnica para conexão de acessantes a rede de distribuição em baixa tensão - microgeradores.** Amazonas, 2016. Disponível em <<http://www.elektrobrasamazonas.com/cms/wp-content/uploads/2013/11/Norma-Conex%C3%A3o-de-Acessantes-%C3%A0-Rede-de-Distribui%C3%A7%C3%A3o-em-BT-Microgeradores.pdf>>, Acesso: 04 dezembro 2019

EVANGELISTA, M. L. S. **Estudo comparativo de análise de investimentos em projetos entre o método vpl e o de opções reais: o caso cooperativo de crédito – Sicredi Noroeste.** 163 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.bertolo.pro.br/matematica/Tese%20de%20Doutorado%20UFSC.pdf>>. Acesso em 10 novembro de 2019.

GAZOLI, Jonas R.; VILLALVA, Marcelo G. **Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações, sistemas isolados e conectados à rede**, 2. ed revisada e atualizada. São Paulo: Saraiva, 2012

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos – 7ª ed.** São Paulo: Editora Atlas, 2007

JÚNIOR, Edvaldo Angelo da Costa. **Fotovoltaica ligada a rede versus térmica: um estudo de caso em conjunto habitacional.** 2016. 70f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

NREL, **National Renewable Energy Laboratory.** Best Research-Cell Efficiency Chart, 2012. Disponível em: <<https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>>. Acesso em: 04 maio 2019.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica.** Editora: Publindústria, 2 ed., 2015.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** CEP-PEL – CRESESB, Rio de Janeiro, 2014

PROAUTO. **Manual da String box**. Disponível em: <[https://uploads-ssl.webflow.com/594967da38f2e9625895f75f/5ab7d7fef866da8dcf1521a7\\_Diagrama%20Eletrico%20Stringbox%20Proauto.pdf](https://uploads-ssl.webflow.com/594967da38f2e9625895f75f/5ab7d7fef866da8dcf1521a7_Diagrama%20Eletrico%20Stringbox%20Proauto.pdf)>. Acesso em 10 novembro de 2019.

RODRÍGUEZ, C. R. C. **Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso os sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 135f. 2002.

ROMAGNOLE. **Manual estruturas de suporte**. Disponível em: <[https://www.romagnole.com.br/uploads/filemanager/produtos/1538676611951/download/br/Catalogo\\_de\\_Estruturas\\_para\\_Painel\\_Solar.pdf](https://www.romagnole.com.br/uploads/filemanager/produtos/1538676611951/download/br/Catalogo_de_Estruturas_para_Painel_Solar.pdf)>. Acesso em 10 novembro de 2019.

## FONTES CONSULTADAS

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atos Regulatórios - Reajuste Tarifário**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ReajusteTarifario/default\\_aplicacao\\_reajuste\\_tarifario.cf m](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ReajusteTarifario/default_aplicacao_reajuste_tarifario.cf m)>. Acesso em: 09 maio 2019.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Micro e minigeração distribuída. Relatório técnico**, 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Mini-gera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 09 maio 2019.

BCB. BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Dados diários**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdiarios.asp>>. Acesso em: 24 maio 2019.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11704: Sistemas Fotovoltaicos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16149: Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição**. Rio de Janeiro, 2013a.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16274: Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho**. Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 62116: Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. Rio de Janeiro, 2012.

ELETROBRAS. NDEE 02: **Norma Técnica de Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão**. Amazonas, 2014.

FRONIUS. **Inversor Fronius**. Disponível em: <<https://www.fronius.com/pt-br/brasil/energia-solar/produtos/comercial/inversor/fronius-symo-brasil/fronius-symo-10-0-3-208-240>>. Acesso em 27/08/2019

ENERGYPLUS. **Weather Data by Region**. Disponível em: <[https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/BRA%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/BRA%20%20)>. Acesso em 25/08/2019.

INSTITUTO. INSTITUTO IDEAL E AHK-RJ. **O Mercado Brasileiro de Geração Distribuída Fotovoltaica - Edição 2017. Relatório técnico, 2017**. Disponível em: <<http://institutoideal.org/o-mercado-brasileiro-de-geracao-distribuida-fotovoltaica-edicao-2017/>>. Acesso em 27 de agosto de 2019.

NAKABAYASHI, R. K. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Condições Atuais e Perspectivas Futuras**. 2014. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/mifoto.pdf>>. Acesso em 10 novembro de 2019.

NBR5410. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Brasil, 2004.

VICHI, Flávio M.; MANSOR, Maria T. C. **Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial**. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 3, p.757-767, abr. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a19v32n3.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2019.

SANTOS, L. L. C. **Metodologia para Análise da Tarifa Branca e da Geração Distribuída de Pequeno Porte nos Consumidores Residenciais de Baixa Tensão**. 2014. Disponível em: <[http://cascavel.ufsm.br/tede/50/tde\\_arquivos/7/TDE-2014-10-14T171849Z-5457/Publico/SANTOS,%20LAURA%20LISIANE%20CAL-LAI%20DOS.pdf](http://cascavel.ufsm.br/tede/50/tde_arquivos/7/TDE-2014-10-14T171849Z-5457/Publico/SANTOS,%20LAURA%20LISIANE%20CAL-LAI%20DOS.pdf)>.

SENGUPTA. **Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications. Relatório técnico, National Renewable Energy Laboratory**, 2015. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63112.pdf>>. Acesso em 29/08/2019.

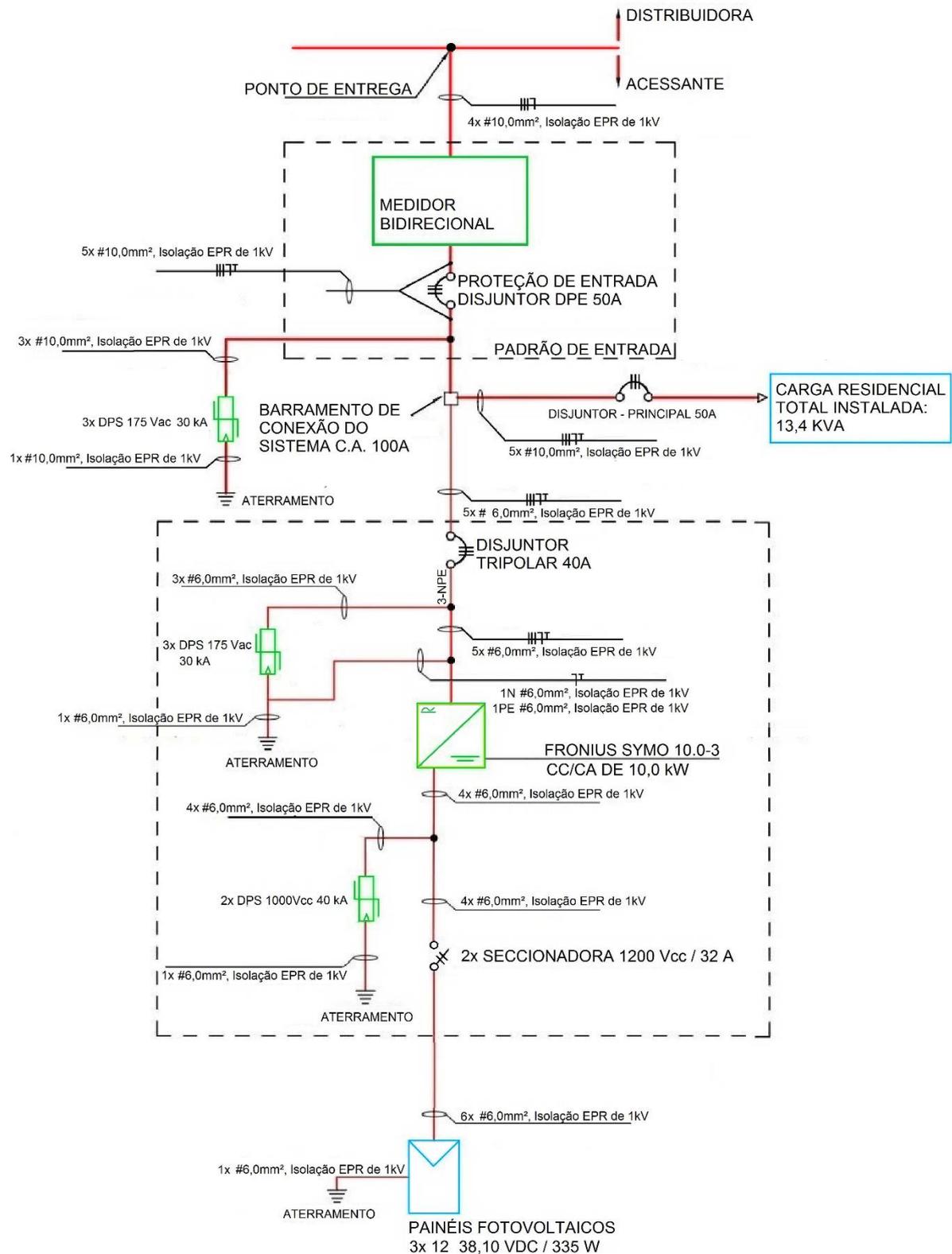
SHORT, W., PACKKEY, D., HOLT, T. **A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies**, 1995. Disponível em: <<https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/5173.pdf>>. Acesso em 10 novembro de 2019.

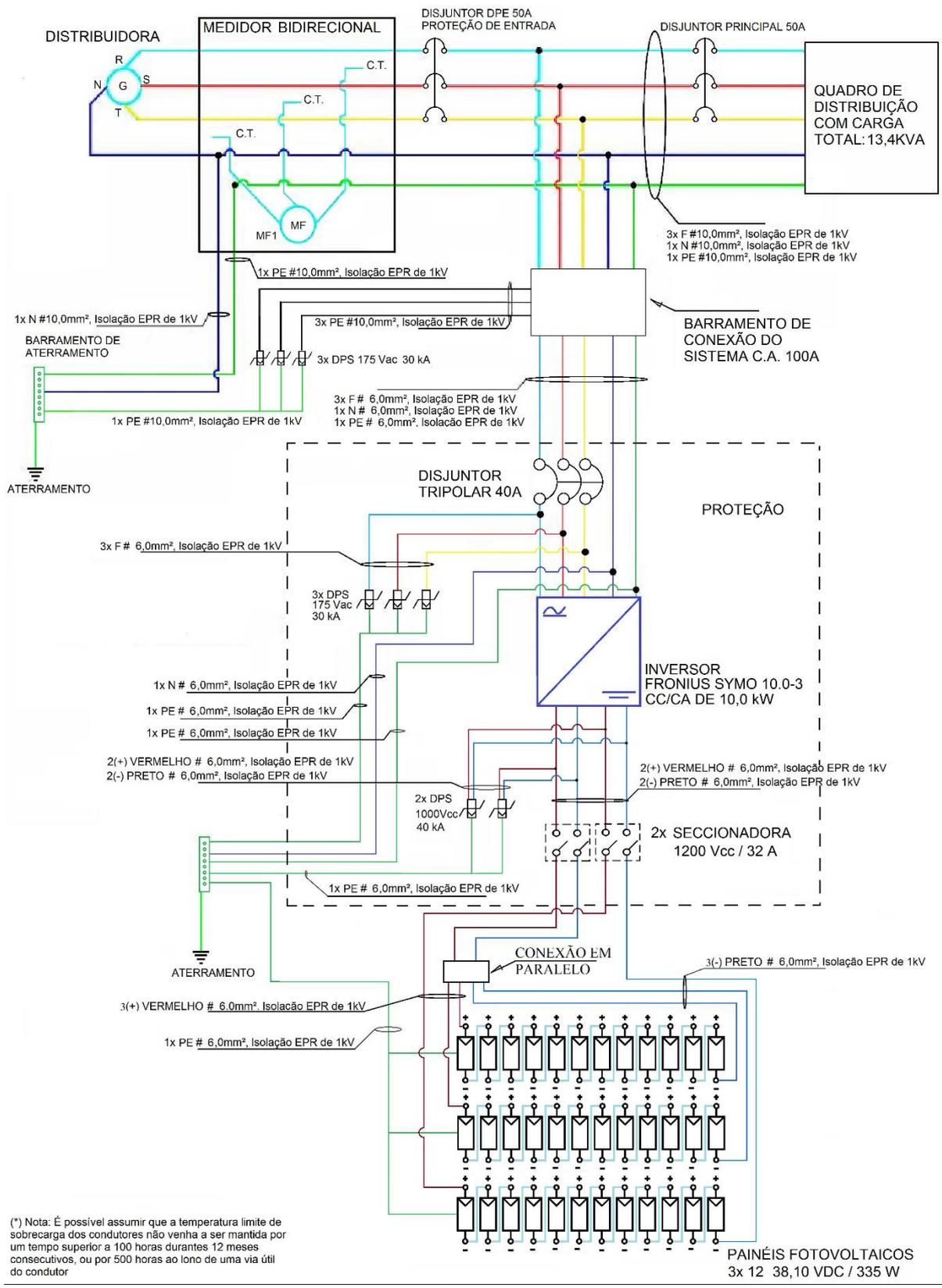
SOLARIZE. **Sistema Solarize**. Disponível em: <<http://www.solarize.com.br/a-solarize/sistema-solarize>>. Acesso em 17/09/2019.

SOLARIZE. **ANEEL/482 e da Legislação Tributária no Retorno Financeiro de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. In: V Congresso Brasileiro de Energia Solar, Recife. Disponível em: <[http://www.solarize.com.br/downloads/CBENS\\_impactos\\_regulamentacao.pdf](http://www.solarize.com.br/downloads/CBENS_impactos_regulamentacao.pdf)>.

WATHERSPARK. **Previsão anual de Manaus**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/28814/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Manaus-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em 27 de agosto de 2018.

## APÊNDICE A – DIAGRAMAS UNIFILAR E TRITIFILAR





(\*) Nota: É possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não venha a ser mantida por um tempo superior a 100 horas durante 12 meses consecutivos, ou por 500 horas ao longo de uma via útil do condutor

PAINÉIS FOTOVOLTAICOS  
3x 12 38,10 VDC / 335 W

## ANEXO I – CHECKLIST DE DOCUMENTOS PARA HOMOLOGAÇÃO DE USINA DE MICROGERAÇÃO



Amazonas Energia  
Sigla: DCA  
Endereço: Rua Major Gabriel nº 1.870, esquina com  
Avenida Ayrão, Praça 14 de Janeiro, Manaus – AM.  
Contato: 3133-1222

### Checklist de Solicitação de Acesso Minigeração e Microgeração.

- **Formulário de Solicitação de Acesso para Minigeração ou Microgeração**  
**Formulário registro ANEEL**  
(Disponível no anexo da Norma Técnica CONEXAO DE ACESSANTES A REDE DE DISTRIBUICAO EM BAIXA TENSÃO - MICROGERADORES ou CONEXAO DE ACESSANTES A REDE DE DISTRIBUICAO EM MEDIA TENSÃO - MINIGERADORES);
- **ART do Responsável Técnico** pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração ou minigeração;
- **Diagrama Unifilar e Trifilar** contemplando geração, proteção, medição e interligação à rede de distribuição, memorial descritivo da instalação com cálculo atualizado da carga total instalada da unidade consumidora, ajustes das proteções, vista do padrão de entrada, placas de advertência, conforme Norma Técnica CONEXAO DE ACESSANTES A REDE DE DISTRIBUICAO EM BAIXA TENSÃO - MICROGERADORES ou CONEXAO DE ACESSANTES A REDE DE DISTRIBUICAO EM MEDIA TENSÃO - MINIGERADORES;
- **Certificado de conformidade** do(s) inversor (es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede;
- Cópia dos **catálogos e manuais Técnicos dos equipamentos** (inversor, placas) do sistema de microgeração minigeração.
- Carta solicitando análise;
- Planta de localização na escala 1:1000;
- Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII Do art. 2º da Resolução Normativa **no 482/2012**; (se houver);
- Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os Integrantes do compartilhamento de energia (se houver);
- Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver);

Os arquivos poderão ser encaminhados para os e-mails abaixo:

- [rugles.mendes@amazonasenergia.com](mailto:rugles.mendes@amazonasenergia.com)
- [giovanna.trindade@amazonasenergia.com](mailto:giovanna.trindade@amazonasenergia.com)

## ANEXO II – FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO

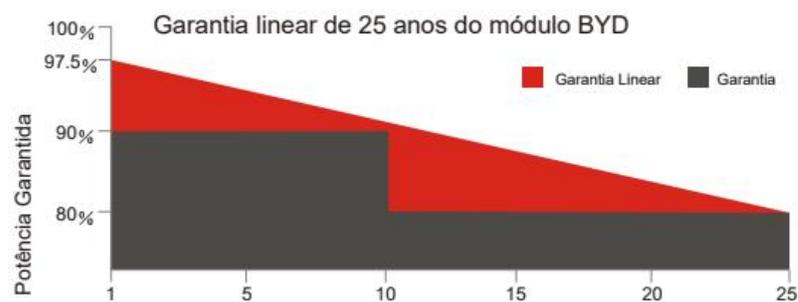
	<b>NORMA TÉCNICA</b>	Código: MPN-DC-01/N-007 Versão: 01      Início da Vigência: 29/06/2016 Doc. Aprovação: RES nº.187/2016,29/06/2016
<b>TÍTULO: CONEXÃO DE ACESSANTES À REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM BAIXA TENSÃO - MICROGERADORES</b>		
<b>POTÊNCIA SUPERIOR A 10kW</b>		
<b>Identificação da UC de instalação da microgeração</b>		
Nº da UC	Classe:	
Titular:		
CPF/CNPJ:		
Tel.( )	Celular:( )	
E-mail:		
Endereço:		
CEP:	Bairro:	
Município:		
Localização:	Latitude:	Longitude:
<b>Característica do Padrão de Entrada UC</b>		
Tipo de conexão:	<input type="checkbox"/> Monofásico <input type="checkbox"/> Bifásico <input type="checkbox"/> Trifásico	
Capacidade do disjuntor (A):      Tensão de Fornecimento (V):		
Tipo de ramal:	<input type="checkbox"/> Térreo <input type="checkbox"/> Subterrâneo	
Local de instalação:	<input type="checkbox"/> Muro <input type="checkbox"/> Mureta <input type="checkbox"/> Parede <input type="checkbox"/> Outro	
Se Outro, especificar: _____		
<b>Características da Fonte Geradora</b>		
Tipo de fonte geradora: <input type="checkbox"/> Hidráulica <input type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração		
Qualificada <input type="checkbox"/> Outro		
Especificar: _____		
Potência Nominal/Máxima(kW):		
Tensão Nominal(V):		
Tipo de conexão:	<input type="checkbox"/> Monofásico <input type="checkbox"/> Bifásico <input type="checkbox"/> Trifásico	
<b>Documentação a ser anexada</b>		
1.ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração; 2.Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo; 3.Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção; 4.Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede; 5.Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/scg">www.aneel.gov.br/scg</a> ; 6.Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº482/2012; 7.Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver); 8.Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver); 9.Planta de localização na escala 1:1000.		
A documentação deve ser entregue conforme numeração da relação abaixo, em meio magnético (CD) e físico em duas cópias, montadas em pasta de cartolina ou similar, e deve ser gerada nos formatos A1, A2, A3 ou A4.		

## ANEXO III – MANUAL DO MÓDULO FOTOVOLTAICO

## PHK-36-SERIES-5BB



- 
 Potência máxima de 340W  
 Eficiência celular média de até 18.8%  
 EVA de alta transmitância até 92%
- 
 Geração de energia até 3% maior  
 comparado aos módulos convencionais
- 
 10 anos para o produto  
 25 anos de garantia linear
- 
 Sistemas em telhados residenciais  
 Sistemas comerciais On e Off-grid  
 Sistemas utilitários On e Off-grid
- 
 Sem degradação induzida por potencial (PID)  
 Sem descoloração associada às microfissuras  
 Resistência de 5400Pa para neve  
 Resistência de 2400Pa para ventos  
 Menor temperatura de ponto quente (hot spot)  
 Meia célula é adotada para reduzir a perda  
 por incompatibilidade de potência
- 
 IEC 61215, IEC 61730, UL1701  
 ISO9001:2008, ISO14001:2004

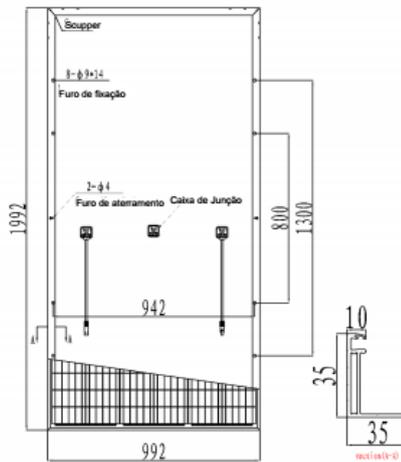


## SOBRE A BYD

BYD (HK:1211), uma das melhores fabricantes de FV do mundo, produz desde o wafer até o módulo, comprometida com produtos sustentáveis de qualidade e melhoria contínua. A integração de Veículos Elétricos e Tecnologia de Armazenamento de Energia em Baterias faz da BYD a líder mundial em soluções desde a geração de energia até o armazenamento e consumo.

# PHK-36-SERIES-5BB

## 325-340W



### ESPECIFICAÇÕES MECÂNICAS

Célula	5 Bus Bar meia célula 156.75x78.375mm
No. de Células	144 (6 × 24) pcs
Dimensões do módulo	1992 mm × 992 mm × 35 mm / 78.43 pol × 39.06 pol × 1.38 pol
Peso	22.2 kg / 48.84 lbs
Vidro Frontal	3.2 mm vidro temperado com revestimento AR
Moldura	Liga de Alumínio Anodizado
Caixa de Junção	ZH011-B-5, TS03-13B
Plug Conector	IP67
Diodos de Bypass	3 pcs
Tipo de Conector	Compatível com MC4
Corrente Máxima do Fusível	15 A
Área da Secção do Cabo	4 mm <sup>2</sup> / 0.0062 pol <sup>2</sup>
Comprimento do Cabo	2×450 mm / 2×17.72 pol

### COEFICIENTES DE TEMPERATURA

Temperatura de Operação Nominal (NOCT)	43°C ± 2°C
Coefficiente da Temperatura da CC	0,066%/°C
Coefficiente da Temperatura da CC	-0,30%/°C
Coefficiente de Temperatura no Pico de Potência	-0,37%/°C

### ESPECIFICAÇÃO ELÉTRICA

Tipo de Módulo	325PHK-36	330PHK-36	335PHK-36	340PHK-36
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	44.94 V	45.19 V	45.44 V	45.69 V
Tensão Máxima de Operação (Vmp)	37.57 V	37.83 V	38.10 V	38.36 V
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	9.14 A	9.2 A	9.25 A	9.31 A
Corrente Máxima de Operação (Imp)	8.65 A	8.72 A	8.79 A	8.86 A
Potência Máxima em STC (Pmax)	325 Wp	330 Wp	335 Wp	340 Wp
Eficiência do Módulo	16.4 %	16.7 %	17.0 %	17.2 %
Temperatura de Operação	-40°C - 85°C			
Tensão Máxima do Sistema	1500 Vcc			

STC: IRRADIAÇÃO 1000W/m<sup>2</sup>; Temperatura do Módulo 25°C AM=1.5

### INFORMAÇÕES DA EMBALAGEM

Embalagem	40'HC
Pcs / Pallet	30
Pallet / Container	22
Pcs / Container	660



**BYD SOLAR** No.3009, BYD Road, Pingshan, Shenzhen, 518118, P.R.China

T +86-755-8988 8888

F +86-755-8420 2222

@ bydpv@byd.com

e www.byd.com/pv

## ANEXO IV – MANUAL DO INVERSOR E CERTIFICADO DE CONFORMIDADE DO INVERSOR

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



### FRONIUS SYMO BRASIL

/ O futuro da energia solar comercial está aqui - Novo Fronius SYMO Brasil

**PARA REDE 220V /127V**



/ Processo de placa de substituição



/ Sistema de montagem SnapInverter



/ Dados de comunicação integrados



/ SuperFlex Design



/ Smart Grid & NEC 2014 Compliant



/ Dynamic Peak Manager



/ AFCI Integrado



/ O Fronius Symo Brasil possui categorias de potência 10,12 e 15 kW e completa a nova geração SnapInverter. É um inversor transformador Trifásico, com rendimentos mais elevados e a forma inteligente Fronius PP-tracking. Com este inversor não será mais necessário instalar um transformador externo, a fim de se conectar à rede de 3 fases, além de ser ideal para plantas comerciais, feito para rede 220V/127V. Seu design inovador SuperFlex fornece o máximo de flexibilidade na concepção do sistema, enquanto a montagem SnapInverter torna a instalação e manutenção mais fácil do que nunca. O pacote de comunicação incluído mesmo no modelo padrão, com WLAN, gestão de energia, várias interfaces e muito mais. O melhor vem agora: Este inversor já está disponível!

#### DADOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO BRASIL

DADOS GERAIS	PADRÃO COM TODOS OS MODELOS SYMO
Dimensões (altura x largura x profundidade)	511 x 724 x 227 mm
Grau de proteção	NEMA 4X
Consumo Noturno	< 1 W
Conceito retificador	Sem transformador
Resfriamento	Velocidade do ventilador variável
Instalação	Montagem interna e externa
Faixa de temperatura ambiente	-40 - +60 °C
Umidade relativa permitida	0 - 100 %
Tecnologia de conexão de rede	6x CC+ e 6x CC- parafusos finais de cobre (sólidos / flexível/ fine stranded) ou alumínio (sólido / flexível)
Principal tecnologia de conexão	Screw terminals 14-6 AWG
Certificados e compliance para modelo básico	UL 1741-2010, UL1998 (para funções AFCI and isolation monitoring), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2008, ANSI/IEEE C62.41, FCC Part 15 A & B, NEC Article 690, C22. 2 No. 107.1-01 ( Setembro 2001), UL1699B Issue 2-2013, CSA T1L M-07 Issue 1 -2013, ABNT NR 16149

DADOS GERAIS	10.0-3 208/240	12.0-3 208/240	15.0-3 48/240
Peso	29 kg	29 kg	42 kg

DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO	PADRÃO COM TODOS OS MODELOS FRONIUS SYMO
AFCI & 2014 NEC Ready	Sim
Medição de isolamento CC	Sim
Disjuntor CC	Sim
Proteção à falhas com tela de interrupção	Sim

**DADOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO BRASIL**

DADOS DE ENTRADA		10.0-3 208/240	12.0-3 208/240	15.0-3 208/240
Potência PV recomendada (kWp)		8.0 - 13.0	9.5 - 15.5	12.0 - 19.5
Max. corrente do conjunto curto-circuito (MPPT1/MPPT 2)		25.0 A / 16.5 A		50.0A
Faixa de voltagem MPP		300 - 500 V	300 - 500 V	350 - 800 V
Faixa de voltagem operando		200 - 600 V	200 - 600 V	350 - 1000 V
Max. tensão de entrada		600 V	600 V	1000 V
Tensão nominal de entrada	208	350 V	350 V	325 V
	220 / 240	370 V	370 V	NA
Número de MPPT		2		1
DADOS DE SAÍDA		10.0-3 208/240	12.0-3 208/240	15.0-3 208/240
Max. potência de saída	208	9995 VA	11995 VA	15000 VA
	220 / 240	9995 VA	11995 VA	NA
Max. corrente de saída	208	31.5 A	35.0 A	41.6 A
	220 / 240	29.7 A / 27.3 A	35.0 A / 32.8 A	NA
Max. Eficiência		97.0 %	97.0 %	97.3 %
CEC Eficiência	208	96.5 %	96.5 %	96.5 %
	240	96.5 %	96.5 %	NA
Conexão Grid ( $U_{ac,r}$ )		208/240	208/240	208 V
Frequência( $f_r$ )		60 Hz		
Fator de distorção		< 1.75 %		< 3.5 %
Fator de potência		0 - 1 ind./cap.		
INTERFACES		PADRÃO PARA TODOS OS MODELOS FRONIUS SYMO		
Wi-Fi*/Ethernet/Serial		Wireless padrão 802.11 b/g/n / Fronius Solar.web, SunSpec Modbus TCP, JSON / SunSpec Modbus RTU		
6 inputs and 4 digital I/Os		Gerenciamento de carga; sinalização, multiuso I / O		
USB (A socket)		Datalogging and atualização do inversor é possível via USB		
2x RS422 (RJ45 socket)		Fronius Solar Net, interface protocolo		
Datalogger e Websrver		Incluso		

\* O termo Wi-Fi® é uma marca registrada da Wi-Fi Alliance. \*\* + N para fins de detecção • sem condutor de corrente

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

**NÓS TEMOS TRÊS DIVISÕES E UMA PAIXÃO: SUPERAR OS LIMITES DO POSSÍVEL.**

/ Seja na Tecnologia de soldagem, no fotovoltaico ou na tecnologia de carregadores de bateria, o nosso objetivo é claro: queremos ser líderes em inovação. Com aproximadamente 3.300 funcionários em todo o mundo, nós superamos os limites do que é possível, como prova disso temos mais de 900 patentes concedidas. Enquanto os outros se desenvolvem lentamente, nós ultrapassamos barreiras. Desde sempre. O uso responsável de nossos recursos é a base do nosso negócio.

Para obter mais informações sobre todos os produtos Fronius e nossos parceiros de distribuição e representantes, visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

## ANEXO V – REGISTRO DE CONCESSÃO DO INMETRO DO MÓDULO E INVERSOR

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



**Fronius International GmbH**

**Günter Fronius Strasse 1**

**4600 Thalheim bei Wels**

### DECLARATION

Fronius International hereby confirms that the following PV inverters are conform to the Brazilian Standard **ABNT NBR 16149** and tested according **ABNT NBR 16150**.

Fronius Symo 10.0-3-M  
Fronius Symo 12.5-3-M  
Fronius Symo 15.0-3-M  
Fronius Symo 17.5-3-M  
Fronius Symo 20.0-3-M

Fronius Symo 10.0-3 208-240  
Fronius Symo 12.0-3 208-240  
Fronius Symo 15.0-3 208

Thalheim, 01.10.2015

  
**FRONIUS INTERNATIONAL GMBH**  
Günter Fronius Strasse 1, 4600 Thalheim bei Wels  
Tel: +43 (0) 74 24 22 22 25

*Josef Feichtinger*  
Feichtinger Josef

<b>A</b> Registro 003199/2018 Data Concessão 18/06/2018 Validade 18/06/2022	
Razão Social Fronius do Brasil Comercio, Industria e Serviços LTDA - 05.603.740/0001-36	Número de certificado Não aplicável
Endereço Rua José Martins Fernandes, 601 Unid.1,2e3 Cep:09843400   Batistini - São Bern. do Campo - SP	Telefone (11) 3563.3810
E-mail gomes.monalisa@fronius.com	
Objeto/Produto	
<b>Programa de Avaliação da Conformidade:</b> Sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria)	
<b>Portaria:</b> 4 de 04/01/2011	
<b>Nome de Família:</b> Trifásico / 10000W	

Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição	Código de barras
18/06/2018	Incluido	Fronius	Symo 10.0-3 208 240		

## ANEXO VI – MANUAL TÉCNICO DA STRING BOX

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
A												
B												
C												
D												
E												
F												
G												
H												
I												

# DIAGRAMA ELÉTRICO

## STRING BOX

### SB-4E-2S 1000DC

<b>NOME DO PROJETO</b> Projeto	<b>NOME DA PASTA</b> Projeto	<b>NOME DO ARQUIVO(DWG)</b> SB-4E-2S-1000DC	<b>CLIENTE</b> Proauto Produtos de Automação LTDA Tel: 15-3031-7400	<b>REVISÃO</b> Sistema SB-4E-2S 1000DC ID:	<b>TÍTULO</b> Diagrama unifilar de supervisão Diagrama multifilar de força	<b>PROJ.</b> WANDERSON <b>DES.</b> CARLOS <b>REVISÃO</b> <b>APROVADO</b>	<b>FOLHA N.</b> 01/04 <b>DES. N.</b> <b>DATA</b> 23/11/2017
-----------------------------------	---------------------------------	--	---	--	--	---	---

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
A	WDB-13WAYS											
B												
C												
D												
E												
F												
G												
H												
I												

<b>NOME DO PROJETO</b> Projeto	<b>NOME DA PASTA</b> Projeto	<b>NOME DO ARQUIVO(DWG)</b> SB-4E-2S-1000DC	<b>CLIENTE</b> Proauto Produtos de Automação LTDA Tel: 15-3031-7400	<b>REVISÃO</b> Sistema SB-4E-2S 1000DC ID:	<b>TÍTULO</b> Diagrama unifilar de supervisão Diagrama multifilar de força	<b>PROJ.</b> WANDERSON <b>DES.</b> CARLOS <b>REVISÃO</b> <b>APROVADO</b>	<b>FOLHA N.</b> 02/04 <b>DES. N.</b> <b>DATA</b> 23/11/2017
-----------------------------------	---------------------------------	--	---	--	--	---	---

