

**FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM  
PRÉDIOS PÚBLICOS DE SÃO DOMINGOS DAS DORES - MG**

**WEBERT PINHEIRO DE OLIVEIRA**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Caratinga/MG**

**2017**

**WEBERT PINHEIRO DE OLIVEIRA**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM  
PRÉDIOS PÚBLICOS DE SÃO DOMINGOS DAS DORES - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica das Faculdades Doctum de Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.  
Professor Orientador: Daniel Mageste Butters.

**Caratinga/MG**

**2017**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

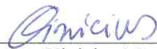
O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ESTUDO DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS DE SÃO DOMINGOS DAS DORES - MG, elaborado pelo(s) aluno(s) WEBERT PINHEIRO DE OLIVEIRA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA ELÉTRICA das FACULDADES DOCTUM CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

**BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.**

Caratinga 12 de Dezembro de 2017



\_\_\_\_\_  
Daniel Mageste  
Prof. Orientador



\_\_\_\_\_  
Vinicius Murilo  
Prof. Avaliador 1



\_\_\_\_\_  
Ricardo Botelho  
Prof. Examinador 2

*A minha filha Júlia por ser a minha fonte de inspiração e o meu refúgio em momentos tristes.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por tudo em minha vida por ser meu alicerce e o meu conforto em momentos de crise e desesperos, agradeço a minha mãe Marlene pelos incentivos, por todo amor e carinho e ao meu pai José Tarcício (Em Memória) pelos incentivos, por todo amor e ensinamentos, agradeço aos meus irmãos Wermeson e Werlei pelo apoio, a minha irmã Érica pelo apoio e carinho.

Agradeço a minha esposa Sueli pelo apoio, pelo carinho, por todo amor dedicado a mim e pela compreensão, agradeço a minha filha Júlia por ser meu porto seguro, e a minha inspiração nos momentos de angústia.

Agradeço a todos os professores da Doctum Caratinga - MG pela dedicação e ensinamentos, aos meus colegas de curso que dividiram comigo tantos momentos bons e difíceis.

E por fim agradeço ao meu orientador Daniel Mageste por me auxiliar na elaboração desse trabalho.

*”Deixem que o futuro diga a verdade e avalie cada um  
de acordo com o seu trabalho e realizações.  
O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual  
eu sempre trabalhei pertence a mim.”*

(Nikola Tesla)

OLIVEIRA, Webert Pinheiro . **ESTUDO DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS DE SÃO DOMINGOS DAS DORES - MG**. Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Faculdades Doctum de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

## **RESUMO**

A necessidade de utilizar fontes alternativas para geração de eletricidade já é conhecida e vem sendo sanada por meio de pesquisas e desenvolvimento de tecnologias permitam aproveitar energia de fontes renováveis e não poluentes. A geração de eletricidade através da conversão fotovoltaica da irradiação solar é uma das alternativas com melhor relação custo e benefício e já se tornou uma fonte significativa da matriz energética mundial, o Brasil tem um enorme potencial para se tornar um dos principais produtores e consumidores de energia elétrica proveniente do sol, já que somos o segundo maior produtor mundial de silício e possuímos a maior incidência solar média. O presente trabalho é um estudo de caso sobre a implantação de um sistema de energia fotovoltaica conectada a rede, nos prédios públicos da cidade de São Domingos das Dores - MG, o objetivo é analisar os gastos públicos com energia e fazer um estudo de viabilidade de implantação, o modelo escolhido é o conhecido como sistema ON GRID que é conectada a rede da concessionária onde toda energia gerada e não utilizada será injetada na rede gerando créditos que poderão ser compensados em outros prédios do município. Com esse investimento espera-se que o município possa dar um outro fim a quantia economizada, como investir em ações sociais, em medicamentos, além de contribuir para a preservação do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Energia Solar. Painéis Fotovoltaico. Energia Solar em Prédios Públicos.

OLIVEIRA, Webert Pinheiro. **ESTUDO DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS DE SÃO DOMINGOS DAS DORES - MG**. Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

## **ABSTRACT**

The need to use alternative sources for electricity generation is already known and has been healed through research and development of technologies that allow the use of energy from renewable and non-polluting sources. Electricity generation through photovoltaic conversion of solar irradiation is one of the most cost-effective alternatives and has already become a significant source of the world's energy matrix, Brazil has a enormous potential to become one of the main producers and consumers of energy electricity from the sun, since we are the second largest producer of silicon in the world and have the highest average solar incidence. The present work is a case study on the implementation of a photovoltaic energy system connected to the grid in the public buildings of the city of São Domingos das Dores - MG, the goal is to analyze the public energy usage and do a viability implementation, the model chosen is known as the ON GRID system that is connected to the utility network where all generated and unused energy will be injected into the grid generating credits that can be offset in other county buildings. With this investment, it is expected that the county can give another end to the amount saved, such as investing in social actions, medicines, and contributing to the preservation of the environment.

**Key-words:** Solar energy. Photovoltaic panels. Solar Energy in Public Buildings



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	– Instalação do primeiro painel solar 1955. . . . .	18
<b>Figura 2</b>	– Exemplo de Sistema Fotovoltaico Autônomo. . . . .	21
<b>Figura 3</b>	– Exemplo de Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede. . . . .	22
<b>Figura 4</b>	– Exemplo de Geração Distribuída. . . . .	23
<b>Figura 5</b>	– Sistema de Compensação de Energia Elétrica. . . . .	24
<b>Figura 6</b>	– Exemplo do efeito fotovoltaico. . . . .	26
<b>Figura 7</b>	– Painel fotovoltaico monocristalino. . . . .	27
<b>Figura 8</b>	– Painel fotovoltaico policristalino. . . . .	28
<b>Figura 9</b>	– Célula de silício filme fino. . . . .	29
<b>Figura 10</b>	– Faixada com filme fino instalado. . . . .	29
<b>Figura 11</b>	– Composição do painel fotovoltaico. . . . .	30
<b>Figura 12</b>	– Posicionamento solar no verão e inverno. . . . .	31
<b>Figura 13</b>	– Modos de ligação de conjuntos de módulos em série e paralelo. . . . .	32
<b>Figura 14</b>	– Inversor CC - CA para sistemas On Grid trabalha em sincronia com a rede elétrica. . . . .	33
<b>Figura 15</b>	– String Box ABB protetor de surtos. . . . .	34
<b>Figura 16</b>	– Conectores MC4 de engate rápido para conexão de módulos fotovoltaicos. . . . .	35
<b>Figura 17</b>	– Estrutura em alumínio para fixação de painéis fotovoltaicos. . . . .	35
<b>Figura 18</b>	– Aterramento do sistema fotovoltaico. . . . .	36
<b>Figura 19</b>	– Painéis fotovoltaico dentro da zona de proteção de um SPDA. . . . .	37
<b>Figura 20</b>	– Efeito da inclinação do modulo fotovoltaico na captação de energia. . . . .	41
<b>Figura 21</b>	– Localização e coordenadas da cidade. . . . .	42
<b>Figura 22</b>	– Irradiação solar no plano inclinado para SDDD - MG. . . . .	43
<b>Figura 23</b>	– Foto do local escolhido para instalação do sistema fotovoltaico. . . . .	45
<b>Figura 24</b>	– Orientação do telhado. . . . .	46
<b>Figura 25</b>	– Tela de configuração para sistema fotovoltaico no software PVSYST. . . . .	48
<b>Figura 26</b>	– Produção de energia e perdas por kwp instalado. . . . .	49
<b>Figura 27</b>	– Desempenho do sistema no mês. . . . .	49
<b>Figura 28</b>	– Previsão de geração mensal do sistema. . . . .	50

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	– Consumo mensal dos prédios públicos de São Domingos das Dores - MG. . .	39
<b>Tabela 2</b>	– Radiação Solar diária - horizontal de São Domingos das Dores - MG. . . .	40
<b>Tabela 3</b>	– Escolha do ângulo de inclinação. . . . .	41
<b>Tabela 4</b>	– Tabela VPL, considerando os valores do total do investimento e seu retorno anual. . . . .	54
<b>Tabela 5</b>	– Tabela TIR, para comparação do investimento feito na poupança e o investimento feito na implementação da unidade geradora. . . . .	56
<b>Tabela 6</b>	– Tabela Payback sem despesas. . . . .	57
<b>Tabela 7</b>	– Tabela Payback com despesas. . . . .	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CDC	Crédito Direto ao Consumidor
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CNPJ	Cadastro Nacional Pessoa Jurídica
CO2	Dióxido de Carbono
CPF	Cadastro Pessoa Física
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica de Sérgio Brito
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos
EVA	Etileno Acetato de Vinila
FINEM	Linha de Financiamento de Empreendimentos
GD	Geração Distribuída
GRID TIE	Sistema Livre em Rede
IEC	International Electrotechnical Commission
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MG	Minas Gerais
MPPT	Maximum Power Point Tracking (Tradução Livre: Sistema de Rastreamento da Máxima Potência Fotovoltaica)
NBR	Norma Brasileira

ND	Norma de Distribuição
NR	Norma Regulamentadora
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica
PROGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RMS	Root Medium Square (Tradução Livre: Raiz Média Quadrada)
SDD	São Domingos das Dores - Minas Gerais
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFI	Sistema Fotovoltaico Isolados da Rede
SFV	Sistema Fotovoltaico
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas
SWERA	Solar and Wind Energy Resource Assessment (Tradução Livre: Avaliação Solar e dos Recursos de Energia Eólica)
THD	Total Harmonic Distortion
TIR	Taxa Interna de Retorno
UV	Ultravioleta
VPL	Valor Presente Líquido

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
KVA	Quilovolt-ampère
KW	Quilowatt
KWH	Quilowatt-hora
KWP	Quilowatt-Potência
$M^2$	Metro quadrado
MW	Megawatt
TWH	Terawatt-hora
V	Volt
W	Watt

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2 História</b>	<b>17</b>
2.1 Energia solar em prédios públicos	18
<b>3 Conceitos de Energia Fotovoltaica</b>	<b>20</b>
3.1 Radiação solar	20
3.2 Sistemas fotovoltaicos autônomos	20
3.3 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede	21
3.4 Conceito de geração distribuída	22
3.5 Definição do sistema de compensação	23
3.6 Financiamento	24
<b>4 PRINCIPAIS COMPONENTES PARA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA</b>	<b>26</b>
4.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	26
4.2 TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	26
<b>4.2.1 Painel de silício monocristalino</b>	<b>26</b>
<b>4.2.2 Painel fotovoltaico policristalino</b>	<b>27</b>
<b>4.2.3 Filmes finos de silício</b>	<b>28</b>
4.3 A construção do painel solar fotovoltaico	29
4.4 Posicionamento do painel fotovoltaico	30
4.5 Conjuntos ou arranjos fotovoltaicos	31
4.6 Inversor CC-CA	32
4.7 String box	33
4.8 Cabeamento e conexões	34
4.9 Estruturas de suporte dos painéis	35
4.10 Aterramento	35
4.11 SPDA	36
<b>5 Estudo de Caso</b>	<b>38</b>
5.1 A Cidade	38
5.2 Análise para implantação de usina fotovoltaica	38
5.3 Radiação solar diária - horizontal de São Domingos das Dores - MG	39
5.4 Ângulo dos painéis	40
5.5 Cálculos de dimensionamento do projeto fotovoltaico	43
5.6 Simulação no software PVSYST	46
5.7 Prazo para o retorno do investimento	50
<b>5.7.1 Economia em kwh no primeiro ano</b>	<b>51</b>

<b>5.7.2 Economia em reais (R\$) no primeiro ano . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>5.7.3 VPL - Valor presente líquido . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>5.7.4 Taxa interna de retorno (TIR) . . . . .</b>	<b>55</b>
<b>5.7.5 Payback . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>6 CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>60</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO A - Termo de autorização para uso de informações. . . . .</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO B - Orçamento Geu Brasil para usina de 47,52 KWP. . . . .</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO C - Orçamento Geu Brasil para usina de 47,52 KWP. . . . .</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO D - Informações técnicas referente a placa fotovoltaica. . . . .</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO E - Informações técnicas referente ao inversor. . . . .</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO F - Orçamento pra substituição do padrão bifásico por padrão tri- fásico. . . . .</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A maior parte da energia elétrica brasileira é proveniente de usinas hidrelétricas, que nos últimos anos tem tido dificuldades de operação, devido a irregularidades do clima, longos períodos de seca têm deixado a todos preocupados com o nível dos reservatórios. Com isso o brasileiro tem pagado cada vez mais caro pela energia, isso por que foi necessária a utilização de diversas usinas termoelétricas que possui um custo mais elevado na geração.

Com a demanda por energia crescendo cada dia mais, tanto para consumidores residenciais quanto para consumidores industriais esse último principalmente, pois todos sabem o estrago que pode ocorrer caso o setor industrial fique parado incapacitado de operar por falta de energia. Além do mais que, se a indústria gasta mais com energia mesmo sem consumir e produzir mais, isso faz aumentar o preço dos produtos produzidos por essa indústria isso fará o consumidor recuar comprando menos deixando a indústria numa posição desconfortável.

Por isso é necessário diversificar a nossa matriz energética buscando novas fontes de energia que sejam capazes não só de atenderem a necessidade da indústria, mas também precisa ser uma fonte de energia limpa e renovável, que consiga gerar eletricidade em comum acordo com o meio ambiente. No Brasil existem varias fontes de para geração de energia elétrica e cada fonte possui seus prós e contras, essas fontes estão sendo constantemente pesquisadas e aperfeiçoadas para que possam gerar uma maior quantidade de eletricidade, mas com um custo de implantação e geração menor.

A grande sensação do momento é a energia elétrica proveniente do sol, essa fonte está presente em todo mundo, mais abundantemente em alguns lugares e mais moderado em outros, essa fonte tem sido constantemente objeto de estudo e com isso tem surgido novas tecnologias para melhorar a geração e ao mesmo tempo deixando - a mais barata. Varias mudanças tem atingido também as regras que regem esse tipo de geração, afim de facilitar o acesso de todos a essa nova tecnologia. Para isso foi criado o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), que visa estimular a geração de energia fotovoltaica pelos próprios consumidores.

Segundo o MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2015), a geração distribuída oferece benefícios tanto para o consumidor quanto para o setor elétrico, e que até 2030 mais de 2,7 milhões de residências poderão contar com energia produzida por ela mesma.

Por isso despertou – se o interesse em fazer um estudo de viabilidade de instalação de energia solar nos prédios públicos da cidade de São Domingos das Dores - MG, com intenção de aproveitar os benefícios da implantação e distribuição da energia fotovoltaica obter um possível retorno financeiro a médio longo prazo.

O estudo terá inicio com a revisão bibliográfica para entendimento dos conceitos e



termos que envolvem o tema, serão relatados neste trabalho quais e quantos equipamentos são utilizados na geração de energia, como é o processo de captação de luz solar e posteriormente a sua transformação em eletricidade, ainda será mostrado como é processo de colhimento de dados necessários para calcular qual a demanda e quais equipamentos vão atender a necessidade do consumidor.

O presente trabalho pretende analisar diversas contas de luz do município além de localidades com potencial para receber o sistema, será feito ainda uma análise financeira que determinará qual o tempo de retorno do investimento, qual a economia obtida com o sistema e por fim determinar baseado no tempo de retorno e na economia obtida se é viável fazer tal investimento.

## 2 HISTÓRIA

Sabe-se que o mundo passou a se preocupar com uma possível falta de combustíveis para suprir a necessidade energética por volta do ano de 1970 quando faltou gás e gasolina para o aquecimento das casas. Nesse período começaram as preocupações em relação aos impactos causados pelo homem ao meio ambiente, sobretudo a emissão de gases, a geração de resíduos, chuva ácida, efeito estufa entre outros males. Esses acontecimentos levaram ao início de uma intensa busca por novas fontes de energias limpas e renováveis.

No ano de 1839, enquanto fazia um experimento, Edmond Becquerel observou que havia uma diferença de potencial entre placas metálicas de platina ou prata mergulhadas em um electrólito e expostas a luz [PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio, 2014] .

Utilizando propriedades fotocondutoras do selênio W. G. Adams e R. E. Day desenvolveram em 1877 o primeiro dispositivo capaz de produzir eletricidade quando exposto à luz, esse foi uma versão mais moderna do modelo de Becquerel. Em 1954 foi apresentada a primeira placa fotovoltaica, utilizando um método de introdução de impurezas no silício denominado de dopagem, Calvin Fuller desenvolveu duas placas de silício dopadas de elementos que continham polaridades opostas que ao serem juntadas foi possível perceber a presença de um campo elétrico permanente, e quando exposta a luz surgia corrente elétrica entre os extremo da placa. Porém foi constatado que o alto preço das placas tornava inviável o seu uso em escala comercial, sendo viável apenas em projetos onde o preço não é um fator determinante como, por exemplo, em satélites, lugares remotos, boias de navegação e equipamentos de comunicação localizados em locais remotos [PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio, 2014].

No ano de 1973 a crise energética juntamente com as preocupações ambientais ocasionadas pelas mudanças climáticas, fizeram o preço do petróleo quadruplicar, a crise fez com que grandes potências mundiais investissem fortemente nessa nova tecnologia, com esse investimento obteve-se como resultado uma considerável queda no valor da eletricidade gerada através do sol. Em 1982 foi construído o primeiro parque de geração fotovoltaica nos EUA. Em 1990 surgiram os telhados solares na Alemanha e em 1993 no Japão [PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio, 2014].

A partir de então o setor solar tem recebido constantes investimentos e as placas fotovoltaicas tem ficado cada vez mais evoluídas e eficientes.

No Brasil a geração de energia fotovoltaica surgiu em 1952 quando Dr. Teodoro Oniga propôs que a utilização de energia solar fosse promovida. A partir de então grupos de pesquisadores independentes deram continuidade a pesquisa com objetivo de desenvolver o ramo solar no Brasil, no entanto sem apoio financeiro e com poucos membros esses grupos foram se dissolvendo [PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio, 2014].

**Figura 1:** Instalação do primeiro painel solar 1955.



**Fonte:** IST, Universidade Técnica de Lisboa, 2004.

## 2.1 ENERGIA SOLAR EM PRÉDIOS PÚBLICOS

O uso de energia solar não fica restrito somente as residências e indústrias a utilização está presente também em vários prédios públicos pelo país afora. Várias cidades estão colocando em pauta a utilização de energia solar em seus prédios, para isso é necessário realizar um estudo de viabilidade pois pra algumas cidades pode ser vantajoso o investimento enquanto pra outras cidades talvez o investimento não seja justificável.

A cidade de Birigui no interior de São Paulo aprovou uma lei sobre implantação de energia fotovoltaica em prédios públicos do município, com a lei sancionada prédios públicos como hospitais, creche, posto de saúde entre tantos outros poderão captar energia solar e gerar economia ao município [LOTTO, T, 2015].

Prédio do ministério de minas e energia já é abastecido com energia solar, foi inaugurado do dia 17/11/2016 a primeira usina solar distribuída em prédio do governo federal [Assessoria de Comunicação Social do Ministério de Minas e Energia, 2015].

O objetivo desse trabalho é estudar a viabilidade e verificar os resultados da instalação de energia fotovoltaica em prédios públicos da cidade de São Domingos das Dores - MG. Nos

dias de hoje em que a energia elétrica está ficando cada dia mais cara, é preciso buscar meios de baixar a conta de luz, seja através de um estudo de eficiência energética ou de um estudo de viabilidade de instalação de painéis solares.

### 3 CONCEITOS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

#### 3.1 RADIAÇÃO SOLAR

Todo mudo sabe o quanto necessitamos do sol, sem os raios solares não existiríamos, e foi exatamente a falta de raios solares que colocou fim a vida de dinossauros há milhões de anos . É sabido que precisamos do sol não só para nos aquecer, mas também para o cultivo de alimentos e agora temos mais uma utilidade para os raios solares, a geração de energia proveniente da luz do sol tem aumentado a cada dia.

Segundo VILLALVA (2015), a energia solar chega até o nosso planeta em forma de radiação eletromagnética, e essa radiação é formada por ondas eletromagnéticas com frequência e comprimentos diferentes.

Ainda de acordo com VILLALVA (2015), a energia transmitida por uma onda depende da frequência dessa onda, assim sendo, quanto maior for a frequência maior será a energia transmitida pela onda.

Segundo o Atlas brasileiro de energia solar (2006), todos os dias incidem entre 4.500 Wh/m<sup>2</sup> a 6.300 Wh/m<sup>2</sup> no Brasil. Porém apenas 0.02% desse potencial é usado.

De acordo com CRESESB (2014), durante o ano o sol fornece a terra 1,5 x 10<sup>18</sup> Kwh de energia, e esse valor é dez mil vezes maior que o consumo mundial.

#### 3.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÔNOMOS

O sistema fotovoltaico autônomo é conhecido também como off-grid, é o tipo de sistema que não é conectado a rede por isso precisa de um banco de baterias para armazenar toda energia gerada. Esse sistema pode usar uma ou varias placas fotovoltaicas dependendo da necessidade do consumidor.

Segundo VILLALVA (2015), muitos lugares no Brasil não são atendidos por rede elétrica, nesse caso o sistema autônomo é a melhor opção para substituir geradores movidos a diesel, proporcionando assim uma redução da poluição e dos ruídos gerados.

Ainda de acordo com VILLALVA (2015), por exigirem pouca manutenção, serem silenciosos, ecológicos e não dependerem de abastecimento de combustível os sistemas fotovoltaicos são ideais para localidades afastadas como fazendas, ilhas e comunidades isoladas na Amazônia.

**Figura 2:** Exemplo de Sistema Fotovoltaico Autônomo.

Fonte: MAXI ENERGIA SOLAR, 2017.

### 3.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE

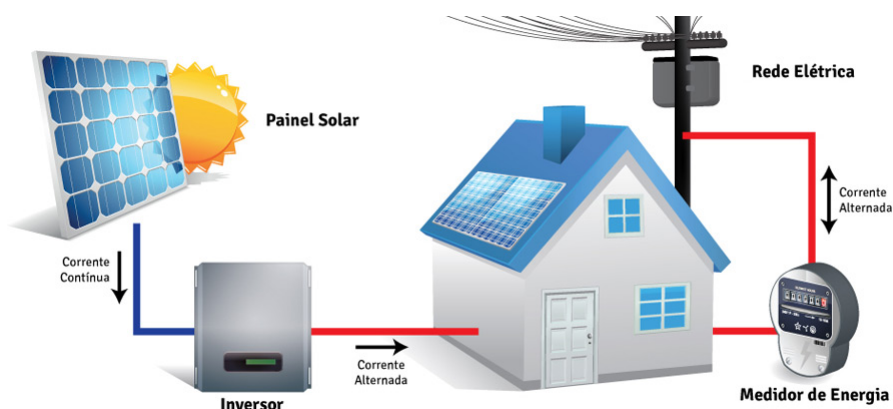
Sistema fotovoltaico conhecido também como on grid é aquele em que o usuário está conectado à rede com o objetivo de gerar créditos é o tipo de sistema mais usado, nesse sistema ao contrário do sistema autônomo não se utiliza baterias para armazenamento de energia, uma vez que toda energia excedente é introduzida diretamente na rede da concessionária transformando-se em créditos.

Com esse sistema o consumidor nunca ficará sem energia, pois o sistema on grid trabalha em paralelo com a rede da concessionária, assim nos dias nublados ou chuvosos a concessionária garante o abastecimento.

Segundo VILLALVA (2015), alguns países incentivam os consumidores a produzirem energia excedente e estes são remunerados pela energia exportada.

Ainda de acordo com VILLALVA (2015), residências e empresas que possuem sistema fotovoltaico conectado a rede e produzem energia excedente deixam de ser consumidores e passam a serem produtores.

Sistemas fotovoltaicos on grid podem ser divididos em três categorias: micro geração com potência de até 100 Kw; minigeração com potência variando entre 100 Kw e 1 Mw e por fim usina de eletricidade com potência acima de 1 Mw (VILLALVA, 2015).

**Figura 3:** Exemplo de Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede.

Fonte: SOLAR BRASIL, 2017.

### 3.4 CONCEITO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Geração distribuída é relacionada à geração de energia elétrica que ocorre próxima aos consumidores independente da potência, fonte de energia e tecnologia, a GD leva vantagem sobre a geração central por ser mais econômico para realizar a transmissão e reduzir as perdas nestes sistemas ocasionando assim melhorias na estabilidade do serviço de energia elétrica (INEE).

Em 17 de abril de 2012 entrou em vigor a resolução normativa da ANEEL 482/12, é essa resolução que estabelece as regras para a compensação de energia ou como é mais conhecido créditos de energia, essa resolução permite que consumidores cativos, ou seja, consumidores que compram energia diretamente da concessionária fazer a troca de energia com a rede elétrica.

Segundo a ANEEL (2015) a RN 687/2015 foi publicada para modificar a resolução 482/2012 na normativa 487/15 trouxe novos valores para as categorias de usinas geradores segundo a nova RN micro geração são usinas com potencia de até 75 Kw; para minigeração a potência varia entre 75Kw e 3 Mw, caso a fonte seja uma hidrelétrica e 5 Mw para fontes de energia renováveis.

A Normativa 687/15 traz ainda mudanças relacionados ao prazo para conexão do sistema, validade dos créditos. O prazo para conexão do sistema passou de 82 dias para 34 dias se o sistema for micro geração e 49 dias se o sistema for minigeração, quanto a validade dos créditos passou de 36 meses para 60 meses. A norma ainda introduziu a modalidade de geração compartilhada onde o sistema instalado fica longe da unidade consumidora que compensara a energia, e a modalidade agregada que se refere a sistemas de geração para condomínios.

Abaixo temos na figura 4 um exemplo de geração distribuída por geração de energia fotovoltaica em um bairro da Alemanha.

**Figura 4:** Exemplo de Geração Distribuída.

Fonte: PORTAL SOLAR, 2017.

### 3.5 DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO

O sistema de compensação trazida pela Resolução Normativa foi uma inovação muito importante e comemorada pelos consumidores, ela permite que unidade consumidora seja micro ou mini geradora injete na rede da concessionária toda energia excedente, caso a energia injetada seja maior que a consumida o consumidor ganhará créditos em energia (Kwh) que poderá ser usado nos meses seguintes ou em outra unidade consumidora desde que esta esteja cadastrada e caracterizada como autoconsumo remoto na mesma área de concessão, esses créditos tem validade de 60 meses.

Segundo a ANEEL (2016), os consumidores são divididos em dois grupos, o grupo A que envolve os consumidores da rede de alta tensão e o grupo que engloba os consumidores da rede de baixa tensão. A ND 5.30 da Cemig (Companhia Energética de Minas Gerais) determina que para ter acesso ao seu sistema de distribuição o acessante precisa possuir os seguintes requisitos, potência instalada menor ou igual a 75 Kw caso seja usuário de baixa tensão (Grupo B) ou potencia instalada entre 75 Kw e 5 Mw caso seja usuário de alta tensão (Grupo A).

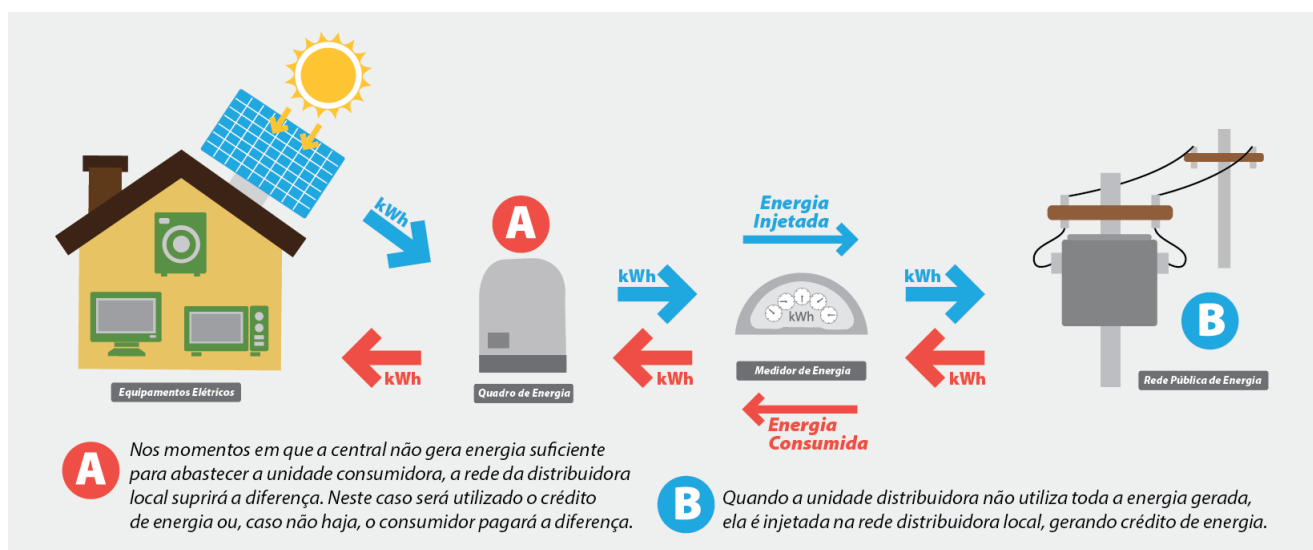
Os consumidores do grupo B (Baixa tensão) por lei devem pagar um valor de custo pela disponibilidade da energia, independente se o seu sistema gera energia excedente, os valores a serem pagos em reais são equivalentes a 30 Kwh para unidades consumidoras monofásicas, 50 Kwh para unidades consumidoras bifásicas e 100 Kwh para unidades consumidoras trifásicas. Já



os consumidores do grupo A (Alta tensão) irá pagar apenas um valor correspondente a demanda contratada.

A figura 5 exemplifica o sistema de compensação de energia, o sistema fotovoltaico é dotado de um medidor bidirecional que mede o quanto de energia a unidade consumidora injeta na rede da concessionária, toda energia produzida pelo sistema fotovoltaico que não é consumida pela unidade consumidora vai pra rede gerando assim créditos para o consumidor, e quando essa unidade não esta produzindo o medidor mede o quanto de energia a unidade consumidora está recebendo da rede.

**Figura 5:** Sistema de Compensação de Energia Elétrica.



Fonte: KRAAFTEN ENERGIA SOLAR, 2017.

### 3.6 FINANCIAMENTO

A cada dia que passa os sistemas fotovoltaicos vem ganhando cada vez mais espaço e entrando no gosto da população brasileira, é cada vez maior o número de telhados ocupados por sistemas fotovoltaicos, mesmo ainda sendo uma tecnologia relativamente cara. Por isso vários bancos e instituições financeiras têm criado diversas linhas de créditos com o objetivo de financiar desde pequenos projetos até aqueles projetos de grande porte que requer um grande investimento.

Há vários programas de financiamento, cabe ao usuário escolher qual o melhor para si, por exemplo, pode – se optar por um banco privado como o Santander que disponibiliza crédito para o financiamento de sistemas fotovoltaicos com parcelamento em até 60 vezes, esse crédito esta disponível para pessoas física ou jurídica, com taxas de juros variando de acordo com valores, prazos e condições escolhidas pelo beneficiado (ENEEL Soluções, 2016).

Já para grandes projetos existe o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) que possui uma linha de financiamento com taxa de juros 7,5 % ao ano. No entanto o BNDES só disponibiliza 80 % dos custos, obrigando assim o investidor a arcar com 20 % dos custos (BNDES, 2017).

Para os pequenos agricultores que desejam investir em um sistema fotovoltaico existe o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) que é uma linha de financiamento do governo federal executada pelo Banco do Brasil. O agricultor só começa a pagar 36 meses depois de o crédito ser liberado e vai pagar uma taxa anual que pode variar entre 2,5 % a 5,5 % (ENEEL Soluções, 2016).

Por mais que os sistemas fotovoltaicos sejam caros, hoje em dia com todas as linhas de créditos disponível está muito fácil para o usuário investir em uma geração própria.

## 4 PRINCIPAIS COMPONENTES PARA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

### 4.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

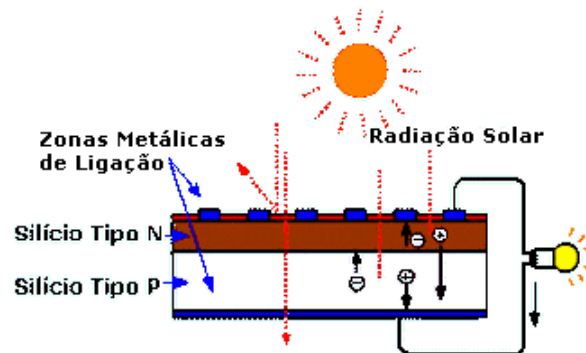
Painéis fotovoltaicos fazem o papel de coração, “bombeando” a energia para o sistema. Podem ser um ou mais painéis e são dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade. Existem basicamente dois tipos de painéis o mono cristalino e policristalino ambos são feitos de silício.

Módulo, placa e painel embora possuam gravuras diferentes, estes termos possuem o mesmo significado e são usadas indistintamente para descrever um grupo de células fotovoltaicas, essas células fotovoltaicas são agrupadas e conectadas em série com o objetivo de gerar tensões mais altas, uma base rígida da sustentação para as células. (VILLALVA, 2015).

De acordo com o Portal Solar (2017), cristal de silício ultra puro é usado em 90 % das placas produzidas hoje em dia. O tempo de vida útil de ambos os painéis mono ou policristalino é de 30 anos.

A figura 6 mostra o princípio de funcionamento do Modulo fotovoltaico.

**Figura 6:** Exemplo do efeito fotovoltaico.



Fonte: ELETRÔNICA PT, 2017.

### 4.2 TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

#### 4.2.1 Painel de silício monocristalino

A tecnologia de fabricação dos painéis monocristalino é uma das mais antigas e em relação a outras apresenta um alto poder na eficiência de captação, por ser mais eficiente possui a vantagem de ocupar pouco espaço.

O painel monocristalino é facilmente reconhecido devido as suas características inconfundíveis como cantos arredondados e uma cor uniforme que indica silício com alta pureza. Um único cristal de silício ultra puro dá origem ao painel monocristalino. Na fabricação os lingotes de silícios são fatiados, originando assim laminas de silício que posteriormente serão tratadas e se transformarão em células fotovoltaicas (PORTAL SOLAR, 2017).

Por mais que os painéis monocristalinos possam parecer serem muito vantajosos temos na contramão da alta eficiência e da necessidade de pouco espaço a desvantagem de serem bem mais caros e o fato de que na produção das células os lingotes cilíndricos de silício precisam ser cortados e isso significa que muito material será perdido.

**Figura 7:** Painel fotovoltaico monocristalino.



Fonte: PORTAL SOLAR, 2017.

#### 4.2.2 Painel fotovoltaico policristalino

Ao contrário do método de fabricação do painel monocristalino em que os cristais são fundidos em forma de lingotes cilíndricos, no método de fabricação policristalino os cristais são fundidos em blocos, assim a formação de múltiplos cristais é preservado por isso o nome policristalino.

Após serem fundidos e serrados em blocos os cristais são fatiados em células esse processo é um pouco mais fácil que no monocristalino. Ao contrário do painel monocristalino o policristalino é menos eficiente isso se deve ao fato ser menos puro, e por ser menos puro precisará de um espaço maior de painéis policristalino para gerar a mesma quantidade de energia. Apesar de essas desvantagens serem consideráveis os painéis policristalino também possuem vantagens tentadoras como serem mais baratos e esse detalhe pra quem se preocupa com os custos pode ser definitivo e na fabricação a quantidade de material perdido é menor (PORTAL SOLAR, 2017).

**Figura 8:** Painel fotovoltaico policristalino.

**Fonte:** PORTAL SOLAR, 2017.

#### 4.2.3 Filmes finos de silício

Segundo VILLALVA (2015), os filmes finos são uma tecnologia mais recente, que surgiu após as cristalinas estarem bem desenvolvidas, enquanto as células cristalinas são produzidas a partir de lingotes fatiados, os filmes finos são fabricados a partir da deposição de finas camadas de materiais que podem ser silício ou outro, sobre uma base que pode ser rígida ou flexível.

Ainda segundo VILLALVA (2015), pequenas quantidades de matéria prima são empregadas para fabricar os módulos, através do processo de deposição, esse processo pode ocorrer por vaporização ou outros métodos, esse processo permite fabricar módulos sem os desperdícios que ocorrem na fabricação dos painéis monocristalino e policristalino, outro ponto forte da fabricação de filmes finos esta na necessidade de temperatura de fabricação entre 200 °c e 500 °c bem menor que os 1500 °c necessários para fabricar células cristalinas, assim além de gastar menos matéria prima em sua fabricação o filme fino também demandará menos energia deixando seu custo de fabricação bem baixo.

Uma vantagem bastante apontada sobre os filmes finos é o fato de ele ter um melhor aproveitamento da luz solar para baixos níveis de radiação. No entanto no geral os filmes finos têm baixa eficiência necessitando assim de uma área muito maior de ocupação para produzir a mesma energia que células cristalinas produzem em áreas menores. Outra desvantagem considerável é fato dos filmes finos sofrerem uma degradação muito mais rápida que células cristalinas, por esse motivo filmes finos vem com garantia mais curta (PORTAL SOLAR, 2017).

A seguir vemos na figura 9 um exemplo de célula de filme fino, e na figura 10 vemos um exemplo de utilidade do filme fino, um estabelecimento usando filme fino em uma de suas paredes na cidade de Lowell no estado americano de Massachusetts.

**Figura 9:** Célula de silício filme fino.

**Fonte:** SUNENERGY, 2016.

**Figura 10:** Faixada com filme fino instalado.

**Fonte:** CANDANCE GANGER, 2010.

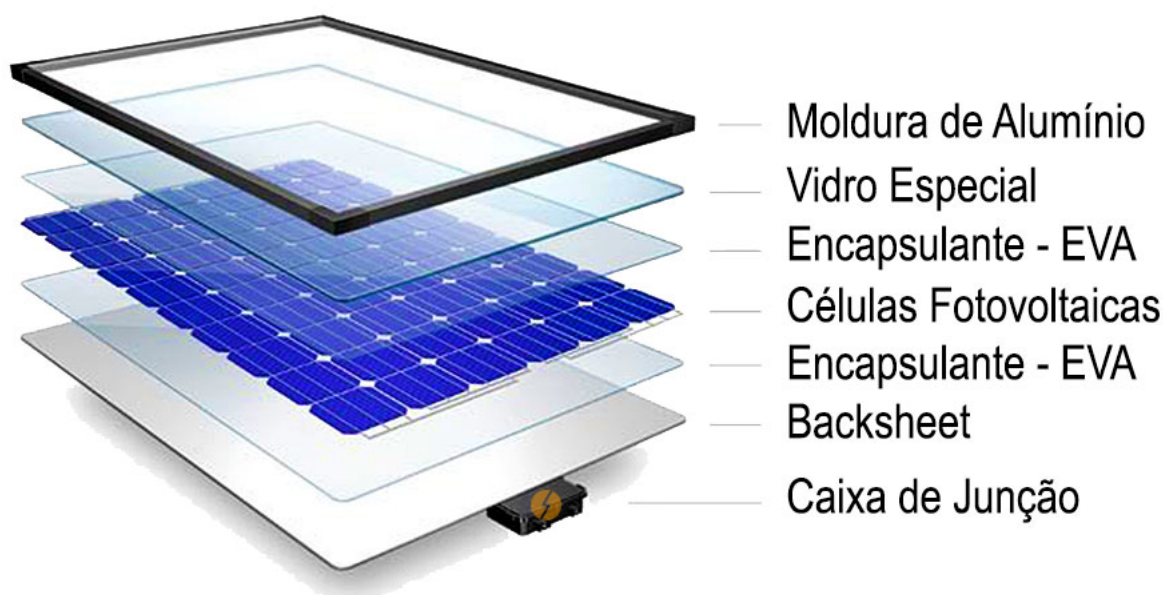
### 4.3 A CONSTRUÇÃO DO PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO

O painel fotovoltaico é formado pelos seguintes componentes, Vidro temperado feito especificamente para painéis fotovoltaicos é um vidro ultra puro com baixo teor de ferro desenvolvido para refletir menos deixando passar o máximo de luz, esse vidro fica na parte frontal do painel, após o vidro vem um filme encapsulante (EVA) é um material selante, que tem a função de proteger as células do envelhecimento provocado pelos raios UV, de temperaturas extremas e da umidade, em seguida vem as células fotovoltaicas é o coração de todo o sistema elas são

extremamente finas com menos de 2 mm de espessura, as células são precedidas de outro filme encapsulante, logo em seguida aparece o Backsheet material de plástico branco que tem a função de proteger os componentes internos do painel e ainda funcionar como um isolante elétrico, por fim tem a caixa de junção e os diodos de Bypass que garantem a funcionalidade e a segurança do painel, tudo isso é envolto por uma moldura que normalmente é feita de alumínio por se tratar de um equipamento que precisa ser o mais leve possível.

Segundo o Portal Solar (2017), cada componente do painel agrega um valor ao custo final do painel, as células fotovoltaicas correspondem a 60 % do custo, já o vidro temperado corresponde a 10 % do custo, o filme encapsulante (EVA) e backsheet e a moldura de alumínio adicionam 8 % ao valor do painel cada um, a caixa de junção representa 6 % desse valor.

**Figura 11:** Composição do painel fotovoltaico.



Fonte: PORTAL SOLAR, 2017.

#### 4.4 POSICIONAMENTO DO PAINEL FOTOVOLTAICO

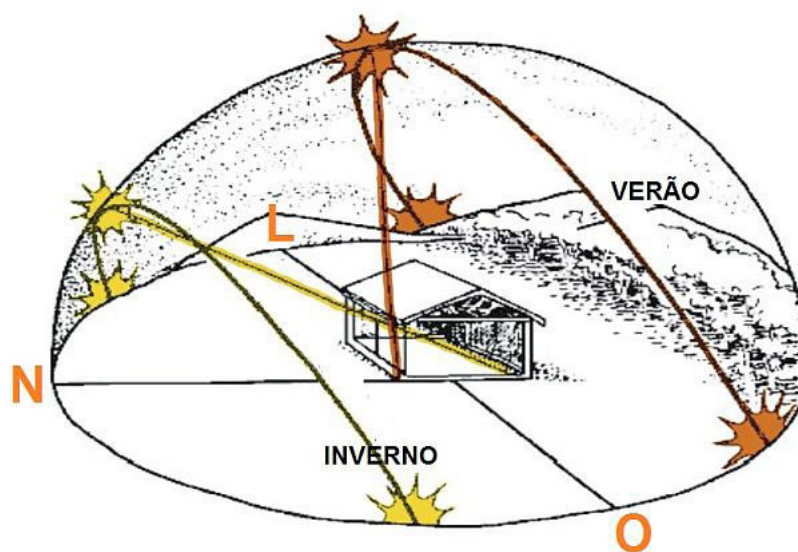
É sabido que o painel solar depende dos raios do sol para gerar eletricidade, e que para ser ter o máximo de eficiência do painel ele precisa estar em contato com a luz solar o tempo todo por isso é muito importante saber como fazer o posicionamento dos painéis, tendo o cuidado de se evitar possíveis sombras.

No Brasil é aconselhado posicionar o sistema fotovoltaico com um grau de inclinação menor do que da latitude, simplesmente pelo fato de estarmos em uma posição privilegiada em relação ao sol, a melhor posição para instalar o painel é com a face voltada para o norte,

pois sabemos que o sol nasce ao leste faz uma pequena curvatura e se põe no oeste (PORTAL SOLAR, 2016).

Segundo o Portal Solar (2016), os painéis com a face voltada para NE ou NO tem perdas de eficiência entre 3 % e 8 %, já os painéis com a face voltada para o Leste ou Oeste as perdas variam entre 12 % e 20 %, já as perdas dos painéis com face para o sul são tão grandes que não se recomenda posicionar os painéis dessa forma a menos que a residência que irá receber o sistema fique localizada na região Norte do Brasil.

**Figura 12:** Posicionamento solar no verão e inverno.



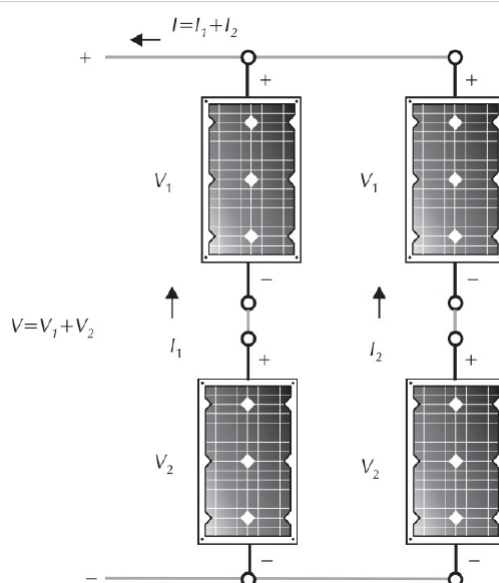
Fonte: PORTAL SOLAR, 2016.

#### 4.5 CONJUNTOS OU ARRANJOS FOTOVOLTAICOS

Para se chegar a uma determinada potência um painel fotovoltaico é composto por várias células fotovoltaicas, quando um cliente solicita um sistema fotovoltaico para poder fornecer a potência que o cliente necessita, o sistema fotovoltaico é composto por vários painéis. Além de ser montado com vários módulos o sistema também pode ser interconectado em série ou paralelo dependendo da necessidade do cliente.

Na associação em série as tensões dos painéis serão somadas já a corrente será a média das correntes de cada módulo, para reduzir as perdas aconselha-se a utilização apenas de módulos iguais. Na associação em paralelo, a tensão será a média das tensões e a corrente terá um aumento direto, nessa associação se os painéis tiverem a mesma tensão mas potência diferente não haverá problema mas no entanto se tiverem tanto a tensão quanto a potência diferentes não será possível ligá-los em paralelo (VILLALVA, 2015).



**Figura 13:** Modos de ligação de conjuntos de módulos em série e paralelo.

Fonte: Villalva, 2015.

#### 4.6 INVERSOR CC-CA

Um sistema fotovoltaico instalado gera energia em corrente contínua (CC) essa energia para ser utilizada na residência precisa ser transformada para corrente alternada, e o responsável por esse feito é o inversor (CC-CA), além de transformar energia gerada deixando-a apropriada para o uso o inversor também trabalha na segurança do sistema e ainda faz a medição da energia gerada.

Para quem vai investir em um sistema fotovoltaico e deseja conectá-lo a rede vai precisar utilizar um inversor grid Tie que é específico para esse fim, pois além de executar as funções já citadas anteriormente ele tem como característica principal a sincronizar a frequência (Hz) e a tensão (v) de saída do sistema com a da rede, e em caso a rede esteja desligada para reparos ou outro motivo o inversor Grid Tie faz a desconexão do sistema com a rede.

Segundo o Portal Solar (2017), os usuários precisam prestar atenção nas características dos inversores Grid Tie, para que seja feito a escolha certa do inversor que atenderá as necessidades do sistema a ser instalado, por exemplo: Potência nominal de saída que é o valor expressado em watts ou kilowatts indica a potência máxima de saída, tensão de saída é o valor que indica o tipo de tensão de rede que o inversor pode ser ligado, eficiência máxima esse valor indica a porcentagem da energia gerada que será utilizada ou perdida, aconselha-se a utilização de inversores com eficiência acima de 94 % pois abaixo disso as perdas serão muito grandes, corrente máxima de entrada é o valor máximo de corrente contínua que o inversor suporta, corrente máxima de saída é o valor máximo de corrente alternada que o inversor conseguirá fornecer, por fim quantidade de MPPT (maximum power point tracking) que diz respeito a

rastreamento do ponto máximo de potência essa característica permite que o usuário possa usar sistema nos dois lados do telhado, por exemplo o cliente pode usar metade dos painéis com a face voltada para o norte e a outra metade para o leste.

**Figura 14:** Inversor CC - CA para sistemas On Grid trabalha em sincronia com a rede elétrica.



Fonte: PORTAL SOLAR, 2015.

#### 4.7 STRING BOX

Segundo o PORTAL BRASIL (2016), o Brasil é líder mundial na incidência de raios, que entre 2000 e 2014 mais de 50 milhões de raios atingiram o país, mais de 1700 pessoas perderam a vida em acidentes provocados por raios. Cerca de 90 % das descargas atmosféricas ocorrem no período que abrange a primavera e o verão isso ocorre por que essas são as estações mais quentes do ano.

Por causa desse alto número de descargas atmosféricas é necessário um cuidado a mais com os sistemas fotovoltaicos, pois os raios podem causar desde incêndio até mesmo a perda de equipamentos ou ocasionar surtos em equipamentos que estejam conectados na rede. Para proteção dos sistemas fotovoltaicos é recomendado à utilização de String Box.

Segundo a SICES SOLAR (2017), string Box é um quadro elétrico de proteção, esse quadro possui conjuntos de dispositivos aptos a intervir, protegendo o sistema e o inversor.

Aconselha – se a instalar a string Box o mais próximo do inversor, sendo necessária a instalação de outra string box próximo aos módulos caso a distância entre os módulos e o inversor seja maior que 10 metros.

De acordo com a ENEL SOLUÇÕES (2017), a string Box deve ser conectada ao inversor e ao quadro de proteção da rede, assim estando conectada ao lado da corrente contínua (CC) tanto as placas fotovoltaicas quanto a instalação serão protegidas, estando conectada ao lado da corrente alternada (CA) a string atuará na proteção da instalação contra descargas atmosféricas.

A figura a seguir mostra uma string box já montada pronta para ser conectada ao sistema fotovoltaico.

**Figura 15:** String Box ABB protetor de surtos.



**Fonte:** H2D ENERGIA, 2017.

#### 4.8 CABEAMENTO E CONEXÕES

Ao instalar um sistema fotovoltaico, é preciso ter um cuidado especial quanto aos cabos e conexões, pois é através deles que fluirá toda energia produzida, e ninguém quer que essa energia se perca por causa de cabos mal dimensionados ou de baixa qualidade.

Os cabos que acompanham o módulo já são adequados e com comprimento grande o suficiente para que haja conexão com outros módulos, os cabos para serem adequados ao sistema fotovoltaico precisam ter características especiais, já que serão expostos a altas temperaturas e a ação de raios ultravioletas e ter tensão de isolamento entre 300 V e 1000 V e ter uma capacidade de condução de 25 % maior que a corrente de curto-circuito VILLALVA (2015).

Os painéis já vem com os conectores conhecidos como MC4, esses conectores passaram a ser adotados por quase todos os fabricantes e se tornou padrão mundial, o MC4 além de facilitar a conexão entre os módulos oferece ainda mais segurança ao sistema graças ao sistema de travamento, tem ótima durabilidade mesmo quando exposto as condições rígidias típicas dos sistemas fotovoltaicos (NEOSOLAR, 2017).

**Figura 16:** Conectores MC4 de engate rápido para conexão de módulos fotovoltaicos.



Fonte: SOL CENTRAL, 2017.

#### 4.9 ESTRUTURAS DE SUPORTE DOS PAINÉIS

Estruturas de suporte é a parte de todo o sistema responsável por fixar os módulos fotovoltaicos em qualquer que seja a superfície, por se tratar de uma estrutura que na maioria das vezes fica sobre os telhados, é preferível que essa estrutura seja confeccionada de alumínio por ser um material leve e resistente.

A figura a seguir mostra um exemplo de estrutura para fixação dos painéis fotovoltaicos, essa estrutura pode variar conforme o tipo de telhado que irá receber o sistema de geração.

**Figura 17:** Estrutura em alumínio para fixação de painéis fotovoltaicos.



Fonte: SUN ENERGY.

#### 4.10 ATERRAMENTO

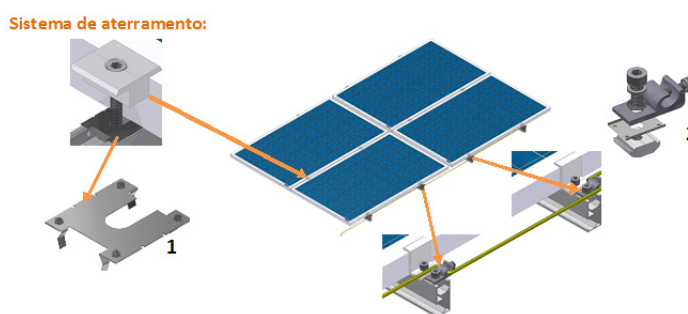
A NBR 5410 é norma responsável por tratar do aterramento de sistemas elétricos, o aterramento é quando estruturas ou instalações são conectadas com a terra essa conexão tem como objetivo garantir o funcionamento correto da instalação e principalmente oferecer um caminho a possíveis correntes indesejáveis, ocasionados por surto, falta ou fuga, assim tanto as pessoas quanto os equipamentos não correm risco (CRESESB, 2014).

Um sistema de aterramento depende muito do tipo de solo para ter uma boa eficiência, já que essa eficiência está diretamente ligada às características do solo, e em país com o tamanho do Brasil, encontra-se uma variedade muito grande de solos que podem ser úmidos ou secos dependendo da região e da época do ano. Assim fazer a medição de resistividade do solo é essencial para garantir a qualidade e a eficiência do aterramento.

Em sistemas isolados é recomendado proteger todas as partes metálicas com material isolante, evitando assim que o usuário possa ter contato com partes que podem estar energizadas, nos sistemas conectados a rede o aterramento difere do sistema isolado, pois o aterramento de cada unidade, individualmente, é interconectado com o das outras unidades consumidoras aumentando assim a eficiência do aterramento (CRESESB, 2017).

A figura a seguir mostra um sistema fotovoltaico sendo aterrado.

**Figura 18:** Aterramento do sistema fotovoltaico.



**Fonte:** SUA ENERGIA SOLAR, 2017.

#### 4.11 SPDA

Como visto anteriormente o Brasil é o líder mundial em descargas atmosféricas, são milhões de ocorrência anualmente, quanto maior forem os sistemas fotovoltaicos maior será a sua área de ocupação e maior será o risco desse sistema ser atingido por uma descarga atmosférica, por isso o sistema fotovoltaico pode necessitar da proteção de um SPDA (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas).

Segundo o CRESESB (2014, p. 247), é função do SPDA proteger a área onde o sistema fotovoltaico está instalado e a estrutura onde está abrigado os dispositivos de condicionamento de potência, é fundamental que o SPDA esteja conectado a um sistema de aterramento eficiente.

De acordo com SANTOS (2011), ao elaborar um projeto de SPDA para sistema fotovoltaico, alguns pontos devem ser observados, por exemplo, os condutores de equipotencialização devem ser roteados o mais próximo dos cabos de corrente contínua e em paralelo, outro ponto é incluir na filosofia de proteção os condutores de sinal, outro ponto que até já foi abordado

anteriormente é o fato de que o aterramento do sistema fotovoltaico e o aterramento principal da instalação precisam ser interligados.

A figura a seguir mostra um sistema fotovoltaico protegido por um sistema de SPDA.

**Figura 19:** Painéis fotovoltaico dentro da zona de proteção de um SPDA.



**Fonte:** O SETOR ELÉTRICO, 2011.

## 5 ESTUDO DE CASO

### 5.1 A CIDADE

São Domingos das Dores fica localizado no leste de Minas Gerais, foi elevado à categoria de município pela lei estadual nº 12030, de 21-12-1995, desmembrado da cidade de Inhapim – MG. O município se estende por 60,9  $km^2$  e conta com 5 697 habitantes segundo o IBGE. A densidade demográfica é de 88,5 habitantes por  $km^2$  no território do município. Vizinho dos municípios de São Sebastião do Anta, Dom Cavati e Inhapim. Situado a 710 metros de altitude, São Domingos das Dores tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 19° 32' 11" Sul, Longitude: 42° 0' 23" Oeste.

### 5.2 ANÁLISE PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA

Para implantação de uma usina fotovoltaica, primeiramente o cliente precisa decidir qual o tipo do seu sistema, basicamente existem dois tipos o Off Grid e o On Grid, enquanto o primeiro sistema precisa atender uma determinada demanda de energia e contar com um banco de bateria que irá armazenar a energia excedente para uso posterior, já que o sistema não é conectado a rede e não receberá energia nos momentos em que não houver luz solar, o segundo é dimensionado mas sem muita preocupação com os momentos em que o sistema não estiver gerando, pois como esse sistema é conectado a rede a energia poderá ser complementada sempre que necessário.

Esse trabalho será realizado sobre o sistema On Grid, pois esse sistema possui a vantagem de poder gerar créditos com a energia excedente, toda energia excedente será injetada na rede da concessionária resultando assim em créditos que poderão ser usados quando o sistema não estiver gerando.

Nesse trabalho será analisado o consumo de energia elétrica de diversos prédios públicos, para facilitar o trabalho e não haver necessidade de elaborar um sistema de geração fotovoltaica pra todos os prédios, o presente estudo será feito no âmbito de um sistema de micro - geração, o consumo de todos os prédios serão somados e será feito um único projeto, utilizando assim o autoconsumo remoto.

Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada. (Cadernos temáticos ANEEL: Micro e Minigeração Distribuída, 2016, p.15).

Os prédios estudados nesse trabalho são Creche Municipal Dona Nenem Quintanilha, Escola Municipal Palma Cimini, Pré Escolar Municipal Maria Sampaio Mafalda, Escola Municipal Barão do Rio Branco, Escola Municipal José Chagas Lopes, Escola Municipal Juca Jacinto e Posto de saúde Municipal Dona Jupira.

A tabela a seguir traz a soma do consumo mensal de todos os prédios públicos da cidade, traz também o consumo anual, a média mensal e a média diária.

**Tabela 1:** Consumo mensal dos prédios públicos de São Domingos das Dores - MG.

Mês	Consumo mensal - kwh
Janeiro	5.946
Fevereiro	6.404
Marco	7.568
Abril	6.012
Maio	6.313
Junho	6.662
Julho	6.143
Agosto	6.021
Setembro	6.451
Outubro	3.799
Novembro	4.477
Dezembro	3.960
Total Consumo Anual	70.165 kwh
Média Consumo Mensal	5.847 kwh
Média Consumo Diário	195 kwh

**Fonte:** Elaborado pelo autor com dados da CEMIG 2017.

### 5.3 RADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA - HORIZONTAL DE SÃO DOMINGOS DAS DORES - MG

Para instalação de um sistema fotovoltaico antes de tudo é preciso saber qual a média anual de radiação solar, temos a disposição sites como o SWERA e o CRESESB fornecem essas informações gratuitamente. Para dimensionar o sistema fotovoltaico pra o município será utilizar os dados da CRESESB.



**Tabela 2:** Radiação Solar diária - horizontal de São Domingos das Dores - MG.

Mês	Radiação Solar Diária - Horizontal	Fonte
Janeiro	5,28 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Fevereiro	5,51 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Marco	5,41 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Abril	4,89 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Mai	4,76 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Junho	4,14 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Julho	4,93 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Agosto	5,28 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Setembro	4,58 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Outubro	4,65 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Novembro	4,72 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Dezembro	4,71 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB
Média Anual	4,91 Kwh/m <sup>2</sup> /dia	CRESESB

**Fonte:** Elaborado pelo autor com dados do CRESESB 2017.

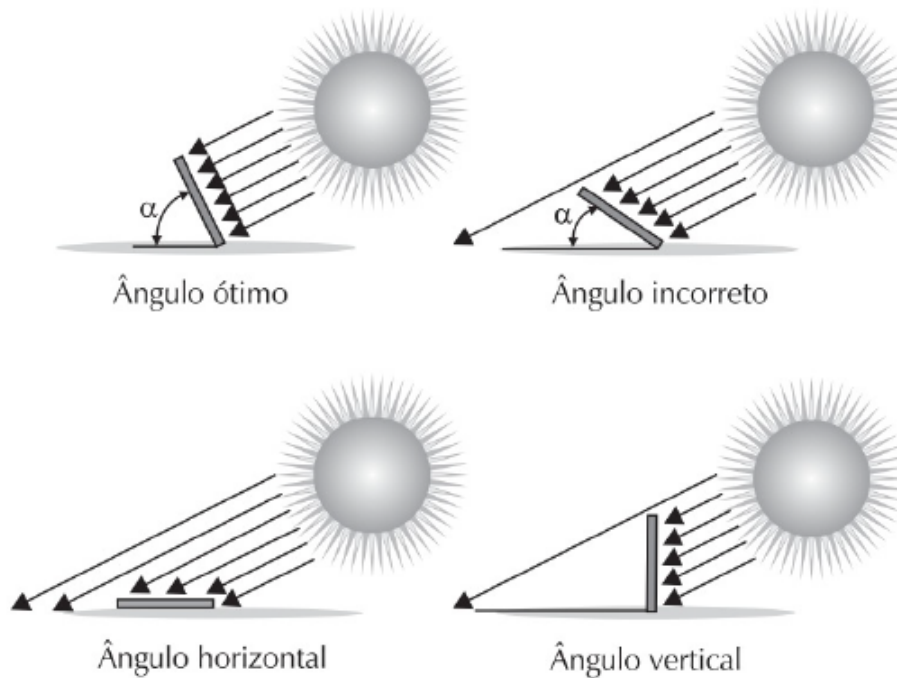
#### 5.4 ÂNGULO DOS PAINÉIS

Como optou -se por elaborar apenas um sistema fotovoltaico para atender as demandas de todos os prédios analisados, o local escolhido para a implantação do sistema Fotovoltaico é o telhado de uma quadra poliesportiva, mas antes precisa ser feito uma análise para saber se esse local atenderá as necessidades do sistema, tais como, espaço para comportar os painéis, para qual ponto está voltada a sua face.

Segundo VILLALVA (2015), como a maior parte dos sistemas possui ângulo fixo de inclinação é necessário escolher um ângulo por algum critério, e a escolha incorreta da inclinação pode reduzir a captação dos raios solares comprometendo a geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico.

Não existe um consenso geral sobre o melhor método de escolher o ângulo de inclinação, a inclinação horizontal favorece a geração de energia no verão, já a inclinação vertical é mais apropriada para o inverno, assim sendo é preciso definir uma latitude geográfica com um ângulo de inclinação que vai permitir uma boa geração de energia no decorrer do ano (VILLALVA, 2017).

Na figura abaixo vemos exemplos de inclinação do painel fotovoltaico.

**Figura 20:** Efeito da inclinação do módulo fotovoltaico na captação de energia.

Fonte: VILLALVA, 2015.

O método mais utilizado para definir o ângulo é a utilização de uma tabela onde tem diferentes níveis da latitude geográfica relacionados ao ângulo de inclinação recomendado, dessa forma basta saber qual a latitude do local onde será instalado o sistema e verificar qual o ângulo de inclinação é o mais recomendado, é bom frisar que não se recomenda a instalação de sistemas fotovoltaicos com uma inclinação inferior a  $10^\circ$ , pois com essa inclinação os painéis podem ter um acúmulo de poeira tão alto que afetará a produção de energia.

**Tabela 3:** Escolha do ângulo de inclinação.

Latitude Geográfica do Local	Ângulo Inclinação Recomendado
$0^\circ$ a $10^\circ$	$\alpha = 10^\circ$
$11^\circ$ a $20^\circ$	$\alpha = \text{latitude}$
$21^\circ$ a $30^\circ$	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
$31^\circ$ a $4^\circ$	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
$41^\circ$ ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

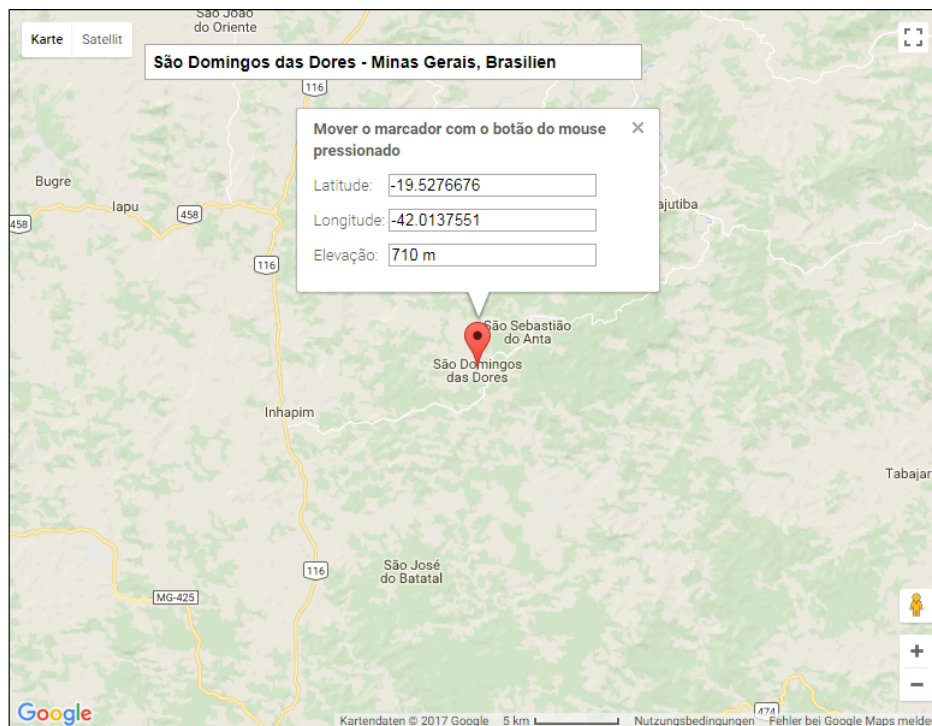
Fonte: VILLALVA, 2015.

De posse desses dados basta agora saber qual a latitude do município, pra isso basta acessar o Google maps pesquisar pela cidade clicar em cima do nome da cidade com o botão direito e selecionar a opção "O quê há aqui" e aparecerá as coordenadas, no caso de São Domingos

das Dores a latitude é  $19,52^\circ$ , consultando a tabela anterior concluiu - se que o ângulo de inclinação ideal é  $19,52^\circ$ , pois a latitude geográfica da cidade ficou entre  $11^\circ$  e  $20^\circ$  nesse caso o ângulo de inclinação é igual a própria latitude, não sendo necessário fazer nenhuma correção.

A figura abaixo mostra a localização da cidade e na parte inferior da figura temos as coordenadas geográficas da cidade.

**Figura 21:** Localização e coordenadas da cidade.

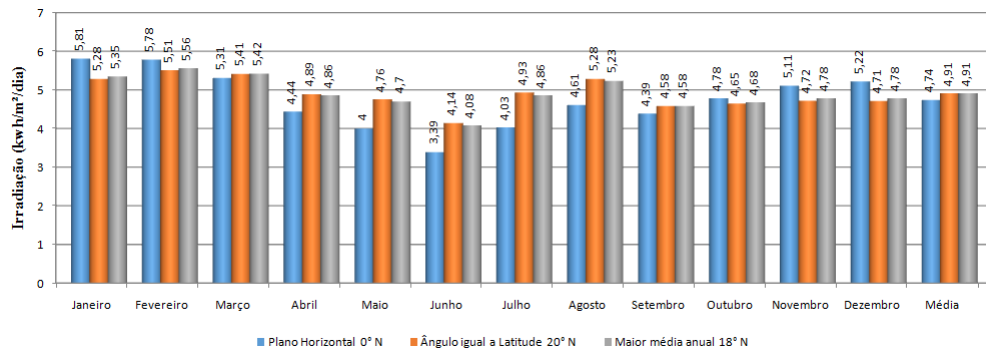


**Fonte:** GOOGLE MAPS, 2017.

É necessário fazer uma análise do telhado ao qual será instalado o sistema fotovoltaico, para se ter a certeza que ele irá suportar o peso extra de todo o sistema, o local escolhido é ideal para instalação e irá suportar o peso do sistema, pois além do telhado ser feito com telhas de zinco ele é relativamente novo, assim o peso extra não será um problema.

Um dimensionamento bem feito dos painéis com o ângulo de inclinação bem definido pode gerar ganhos na geração de eletricidade nos meses com irradiação menor e não gera perdas nos meses com maior irradiação.

O gráfico a seguir mostra a variação de irradiação nos meses do ano.

**Figura 22:** Irradiação solar no plano inclinado para SDDD - MG.

**Fonte:** Elaborado pelo autor com dados do CRESESB, 2017.

## 5.5 CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO DO PROJETO FOTOVOLTAICO

Após o recolhimento das informações cruciais para o dimensionamento do sistema fotovoltaico como, irradiação solar, Média de consumo e local para a instalação, agora será feito o dimensionamento do sistema para ter conhecimento sobre o número de painéis necessários e o inversor apropriado entre outras informações importantes.

Para fazer cálculo de dimensionamento do sistema conectado à rede, será utilizado o consumo médio mensal, a radiação solar diária, a eficiência do sistema. Antes de fazer o cálculo de dimensionamento do sistema alguns técnicos costumam descontar do consumo mensal um valor referente ao custo de disponibilidade, seguindo a orientação do artigo 98 da 414/2010 da ANEEL, segundo o artigo 98 o custo de disponibilidade segue três faixas de valores.

- consumidores monofásicos pagam a quantia referente a 30 kwh.
- consumidores bifásicos pagam a quantia referente a 50 kwh.
- consumidores trifásicos pagam a quantia referente a 100 kwh.

Neste trabalho estão sendo analisadas onze contas de energia elétrica, dessas, oito são monofásicas e duas são bifásicas, assim, será descontado 30 kwh de cada conta monofásica e 50 kwh de cada conta bifásica chegando ao valor de 340 kwh referente ao custo de disponibilidade, pois mesmo que o sistema fotovoltaico consiga suprir toda a necessidade esse é o valor mínimo que será pago pelo município a concessionária

Assim sendo o valor médio de consumo é 5847 kwh descontando o valor de custo de disponibilidade de 340 kwh, obtém – se um novo valor de consumo médio que é :

$$5507kwh$$

$$(5.1)$$

Vale lembrar que o prédio que irá receber o sistema fotovoltaico não entra no valor descontado referente ao custo de disponibilidade, pois a unidade geradora precisa gerar mais que 100 % do seu consumo gerando assim excedentes para contagem de créditos.

De posse da irradiação média diária que é 4,91 kwh/m<sup>2</sup>/dia, e o novo consumo médio mensal arredondado que é 5507 kwh e um fator de rendimento global do sistema 0,8% nessa fator já está incluso diversas perdas envolvidas, já é possível calcular a quantidade de placas necessária.

Para descobrir o número de placas necessárias será utilizado a equação a seguir.

$$C = I * P * N * D * E \quad (5.2)$$

Onde:

C = Consumo Médio Mensal;

I = Irradiação Solar;

P = Potência do Painel Solar;

N = Número de Placas Fotovoltaicas;

D = Dias Mês;

E = Eficiência.

$$N = \frac{5507kwh}{4,91kwh/m^2/dia * 0,27kwh/m^2 * 30dias * 0,83\%} \quad (5.3)$$

$$NP = 173,407 \quad (5.4)$$

Arredondando tem -se 174 placas.

O número de placas fotovoltaicas arredondado é de 174 placas, serão usadas placas de silício policristalino de 270 w, cada placa ocupa uma área de 1,62 m<sup>2</sup>, com esses valores agora será possível determinar qual a área necessária para comportar todo o sistema.

$$174X1,62m^2 = 282m^2 \quad (5.5)$$

Utilizando a quantidade de placas encontradas mais a potência de cada placa, é possível calcular a potência que o sistema será capaz de gerar.

$$174 * 270w = 46,98kw \quad (5.6)$$

Inicialmente o local escolhido para instalação do sistema fotovoltaico é o telhado da quadra poliesportiva Prof. Jackson Cristiano Gonçalves Vieira, a quadra possui uma ótima

localização além de um bom tamanho, não possui sombreamento próximo na data presente, no entanto como possui um lote vago ao lado da quadra e caso no futuro seja erguido um prédio no local esse prédio pode vir a praticamente inutilizar todo o sistema, por conta disso foi necessário encontrar outro local para instalação, o município possui um almoxarifado que também possui um telhado com telhas de zinco, possui um bom tamanho sem sombreamento, e não tem risco de no futuro ter um sombreamento sobre o sistema de geração.

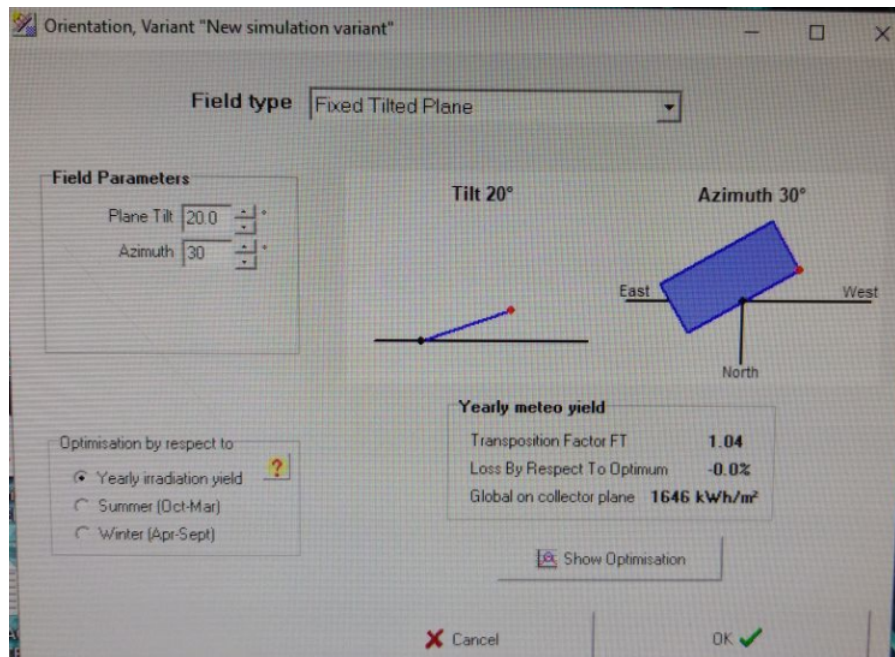
**Figura 23:** Foto do local escolhido para instalação do sistema fotovoltaico.



**Fonte:** Autor, 2017.

Apesar de sua face estar voltada para o norte, o telhado em si está levemente inclinado para o nordeste, no entanto em simulações realizadas no software PV Syst, as perdas são tão insignificantes que não afetará a geração do sistema.

A imagem a seguir mostra a orientação do telhado.

**Figura 24:** Orientação do telhado.

**Fonte:** Simulado pelo autor no PVSYSST, 2017.

Para a instalação do sistema fotovoltaico será necessário uma área de  $282 \text{ m}^2$  para comportar todas as placas, e o novo local escolhido atende essa necessidade com sobra, pois o local possui um telhado com  $460,71 \text{ m}^2$ , essa área é mais que o suficiente para o sistema e ainda terá espaço para que no futuro caso necessite aumentar a potência do sistema não será necessário procurar outro local. Como o telhado é de ferragem e telha de zinco não há com o que se preocupar com o peso extra, pois a estrutura suportará bem o peso adicional. Para se saber quantas placas cabem na área disponível basta efetuar a divisão da área disponível pela área da placa, como no cálculo a seguir.

$$\frac{460,71\text{m}^2}{1,62\text{m}^2} = 284\text{placas} \quad (5.7)$$

Como o sistema será composto por 174 placas o espaço é mais que o suficiente.

## 5.6 SIMULAÇÃO NO SOFTWARE PVSYSST

No ramo da energia fotovoltaica existem diversos softwares que auxiliam no dimensionamento de projetos desde mais complexos até mais simples, para aqueles que desejam apenas por curiosidade saber por quanto ficaria um sistema FV em sua residência existem vários sites que fazem simulação de projeto e apresentam um preço relacionado ao consumo mensal apresentado.

Para a execução desse trabalho foi utilizado a versão 5.74 com modo demonstrativo do software PVSYST que é um dos melhores no mercado.

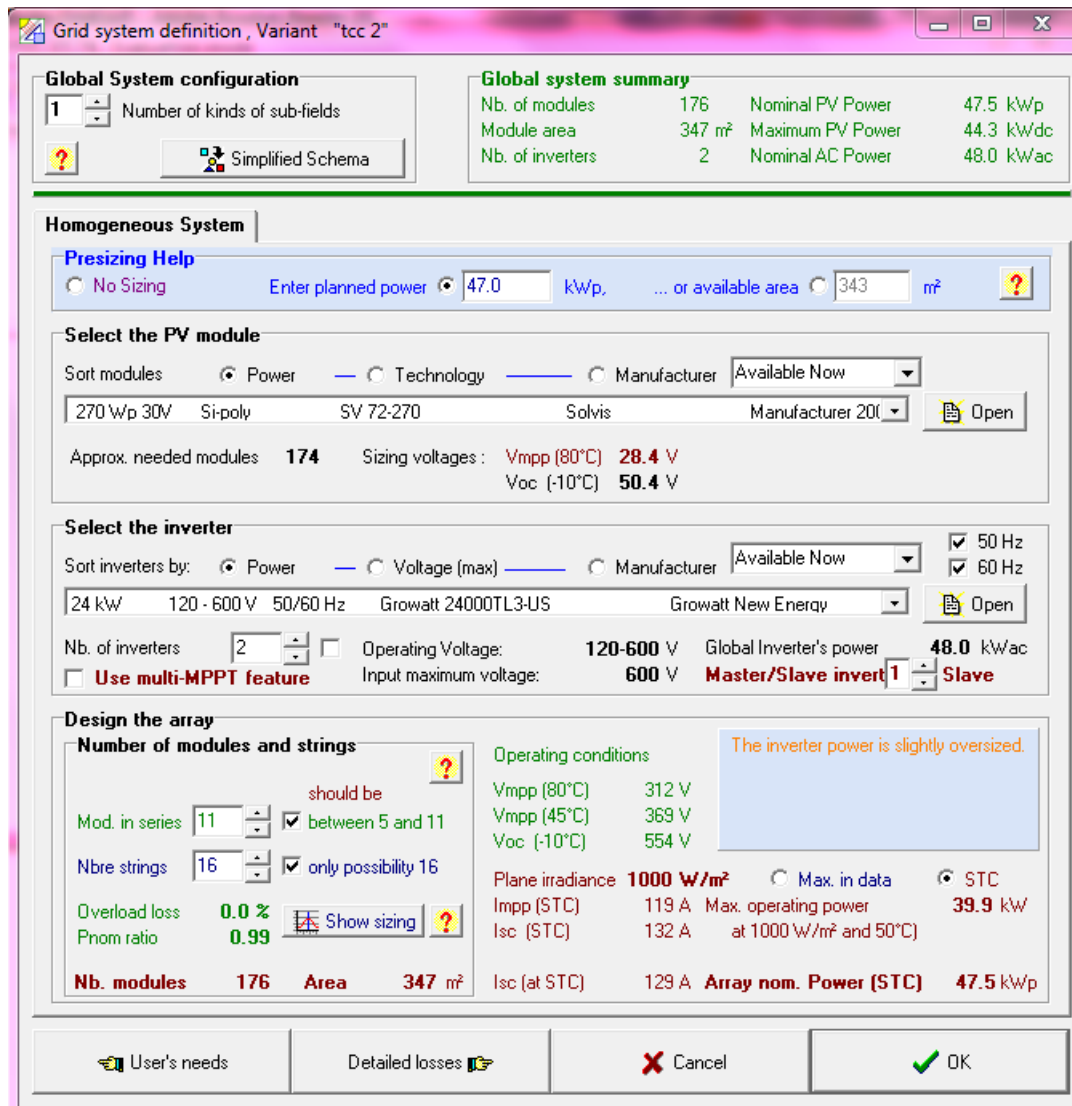
Para a simulação no software basta inserir os dados já coletados, como a inclinação dos módulos, ao inserir o valor do ângulo o software indica se é o mais indicado para o sistema, o ângulo escolhido foi de 19° o que foi apontado como o mais indicado.

O bom do software é que por ter uma vasta biblioteca de equipamentos sendo possível assim experimentar vários e analisar o comportamento do sistema, foi marcado no campo de módulos o modelo SV72-270 da marca Solvis de 270 w, além de optar por 2 inversores do modelo Growatt 24000 TL3 - US de 24 kw cada da marca Growatt New Energy, com faixa operacional de 120 – 600 v, optou-se por esse modelo pelo fato de não haver na biblioteca do software um inversor de mesma potência da demanda necessária que atendesse as necessidades do projeto, o total da soma desses dois inversores é 48 Kw possuindo 1 kw a mais que o necessário, no entanto essa folga é bem vinda pra caso de no futuro desejar aumentar a potência do sistema sem precisar trocar os inversores.

A figura a seguir mostra a tela do software com as opções escolhidas e os resultados. De acordo com a simulação realizada no PVSYST o numero de placas necessária para atender a demanda é de 176 placas, divididas em 16 strings com 11 placas ligadas em série em uma área de 347  $m^2$ , o sistema irá alcançar uma geração de 48,0 Kwp um pouco a mais do que a demanda encontrada anteriormente, trabalhando dentro das condições de segurança.



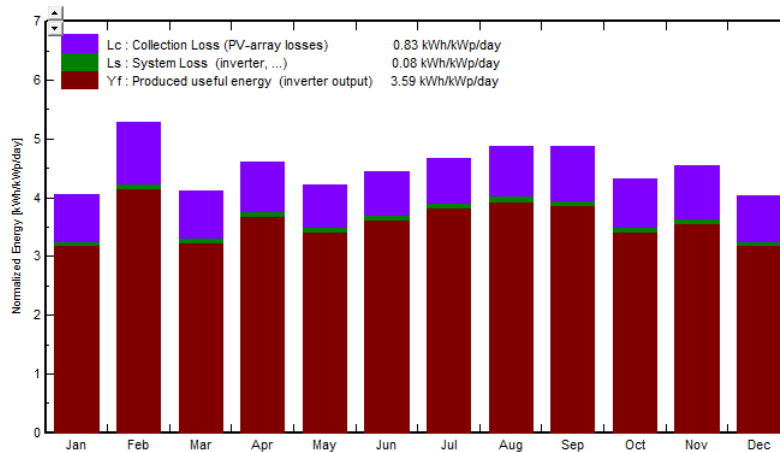
**Figura 25:** Tela de configuração para sistema fotovoltaico no software PVSYS.



Fonte: SOFTWARE PVSYS, 2017.

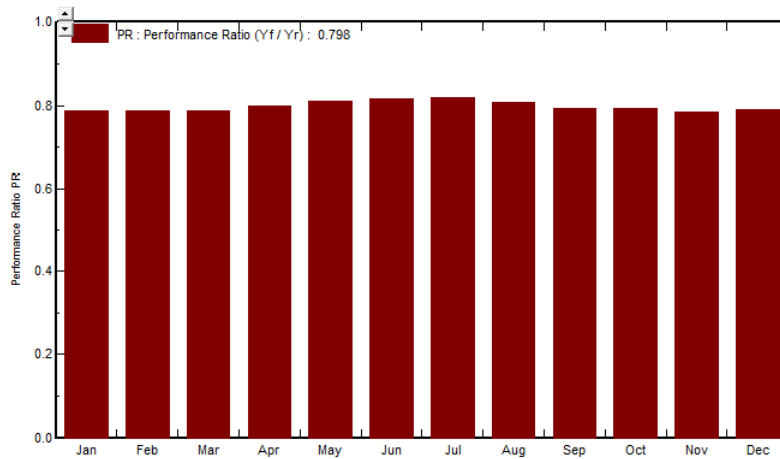
A seguir as figuras 25 e 26 mostram respectivamente a produção de energia mensal com as perdas de equipamentos e condições de funcionamento, e o desempenho do sistema fotovoltaico durante o ano.

**Figura 26:** Produção de energia e perdas por kwp instalado.



Fonte: SOFTWARE PVSYSY, 2017.

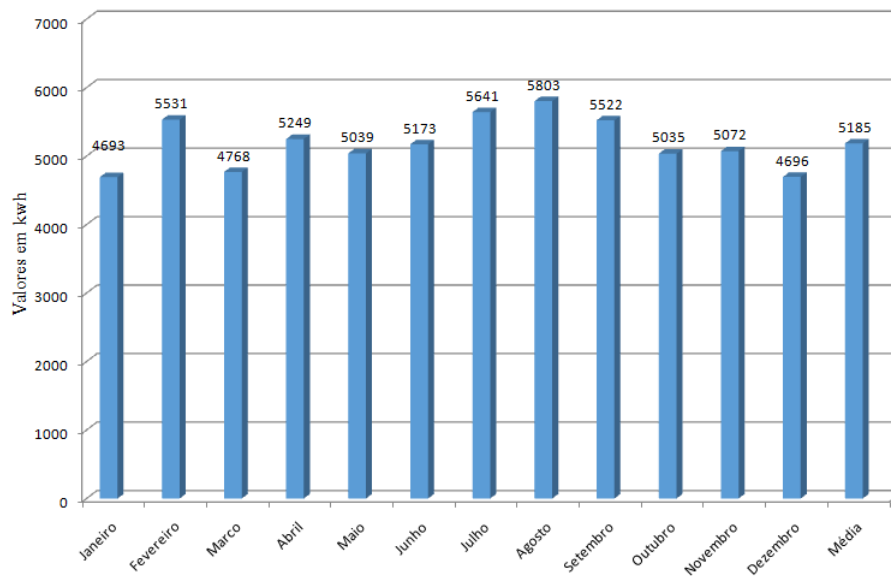
**Figura 27:** Desempenho do sistema no mês.



Fonte: SOFTWARE PVSYSY, 2017.

Nos cálculos feitos anteriormente foi utilizado uma eficiência de 80% para o sistema, já o software PV Syst após a definição das condições e dos equipamentos definiu uma eficiência de 79.8%.

A seguir tem - se a previsão de geração de energia do sistema fotovoltaico para os meses do ano.

**Figura 28:** Previsão de geração mensal do sistema.

**Fonte:** Elaborado pelo autor com dados do SOFTWARE PVSYSY, 2017.

Tanto o dimensionamento feito a mão quanto o feito pelo software PVSYSY, tiveram um resultado satisfatório, com os equipamentos utilizados na simulação feita com o software a energia gerada tem uma previsão de chegar a 62.222,0 Kwh por ano.

## 5.7 PRAZO PARA O RETORNO DO INVESTIMENTO

Para qualquer grande investimento que se pretende realizar é preciso fazer o estudo de viabilidade, ainda mais se tratando de órgão público como uma prefeitura, com a análise de viabilidade é feita uma simulação, nessa simulação tem – se o valor do investimento, descobre –se o prazo de retorno e o lucro do investimento, nesse trabalho será usado o método de PAYBACK , com esse método será possível calcular o tempo necessário para recuperar o valor investido.

Nesse estudo será utilizado um método de análise indicado por Rocha (2015), será analisado o VPL, TIR e o PAYBACK. A instalação desse sistema acarretará em uma economia muito boa para a cidade, pois o sistema será capaz de suprir o consumo médio dos prédios públicos.

A média de reajuste tarifário no período de 2006 a 2017 foi de 6,35%, (WESLEY CAMPOS, 2016).

O valor médio de reajuste tarifário será de suma importância para descobrir todas as informações para o estudo de viabilidade, com esse valor será possível encontrar o tempo de retorno, e em seguida juntamente com os valores da economia anual, valor do investimento e o valor da caderneta de poupança, será possível encontrar os valores de VPL, TRI e Payback.

Podemos encontrar o valor da economia em kWh e em reais, que o sistema fotovoltaico irá induzir no primeiro ano de funcionamento, pra isso será utilizado a possível geração diária do sistema e o valor cobrado pelo Kwh no mês de outubro pela CEMIG.

### 5.7.1 Economia em kwh no primeiro ano

Para encontrar a economia em kWh no primeiro ano será utilizado a geração diária do sistema que é de 46,98 kwh. Multiplica-se a geração diária pela radiação solar diária – horizontal de São Domingos das Dores – MG.

$$46.98kwh/m^2/dia * 4,9kwh/m^2/dia = 230,2kwh/m^2/dia \quad (5.8)$$

Para encontrar o valor mensal, multiplica – se o valor diário encontrado anteriormente por 30 dias.

$$230,2kwh/m^2/dia * 30dias = 7673,4kwh/m^2/ms \quad (5.9)$$

Para encontrar o valor anual basta multiplicar o valor mensal por 12 meses.

$$7.673,4kwh/m^2/ms * 12meses = 92.080,8kwh/m^2/ano \quad (5.10)$$

Agora Multiplica – se o valor anual encontrado pela eficiência considerada de 80%.

$$92.080,8kwh/m^2/ano * 0,8 = 73.664,6kwh/m^2/ano \quad (5.11)$$

### 5.7.2 Economia em reais (R\$) no primeiro ano

Para calcular a economia em reais no primeiro ano será utilizada a taxa cobrada em outubro de 2017 que é de 0,69376903 esse valor já possui todos os encargos inseridos.

$$73.664,6kwh/m^2/ano * 0,69376903 = R\$51.106,2 \quad (5.12)$$

Baseado no orçamento recebido pela empresa GEU Brasil e de posse da potência que se pretende gerar que é de 46,98 kwp, será feito uma estimativa de custo do sistema que foi encontrado anteriormente. O orçamento recebido foi feito pra uma usina de 47,52 kwp com valor de R\$ 228.000,00, esse valor já inclui todos os gastos pormenores, como material, frete, mão de obra, projeto, liberação perante a concessionária, todas essas informações podem ser verificadas nos anexos B e C. Além do orçamento completo a GEU Brasil nos forneceu documentos com os

dados técnicos do módulo fotovoltaico que será utilizado e do inversor, esses dados podem ser conferidos nos anexos D e E respectivamente.

Para começar será necessário transformar os 47,52 kw em watts e depois divide -se o valor do orçamento pelo valor potência da usina orçada e assim encontra -se o preço do watt instalado.

$$\frac{228.000 \text{ Reais}}{47.520 \text{ watts}} = R\$4,80/\text{watt instalado} \quad (5.13)$$

Agora já é possível descobrir o valor de investimento para instalação do sistema fotovoltaico, basta multiplicar o preço do watt pela potência que se pretende instalar.

$$46980 \text{ watts} \times R\$4,80 = R\$225.504,00 \quad (5.14)$$

Agora será feito uma simulação de gastos com o sistema ao longo de 25 anos que é o prazo de validade do sistema, para saber se terá retorno financeiro ou não.

Depreciação do valor dos equipamentos no meio contábil é relacionado com redução do preço, do valor financeiro e nesse caso vai nos fornecer o valor que será gasto com equipamentos ao longo de 25 anos.

$$\frac{225.504,00}{25 \text{ anos}} = R\$9.020,16 \quad (5.15)$$

Em cálculos realizados encontrou -se que será necessário 2 inversores de 12 kw e um inversor de 20 kw para atender ao sistema e no mercado o custo dos 3 inversores é de R\$ 28.500,00, cada inversor tem uma garantia de 5 anos, assim sendo ao longo da vida útil do sistema considerando situações bem pessimistas supondo -se que queimem ou sofram algum dano será necessário fazer a substituição dos inversores ao menos 5 vezes .

$$28.500,00 \times 5 \text{ anos} = R\$142.500,00 \quad (5.16)$$

Para se chegar ao valor que representa a despesa anual com a substituição de inversores basta dividir o resultado anterior por 25 que é a vida útil do sistema e nesse valor não será necessário adicionar o valor que será gasto com outros material como disjuntores, DPS, projeto, mão de obra, pois o orçamento recebido da empresa Geu Brasil já inclui todos esses gastos menores.

$$\frac{142.500,00}{25} = R\$5.700,00 \quad (5.17)$$

O valor a seguir representa as despesas anuais estimadas do sistema.

$$R\$14.720,16 \quad (5.18)$$

Para fazermos uma comparação para o prazo de retorno financeiro, nos cálculos que iremos executar a seguir, iremos utilizar um reajuste anual de 8,14% da caderneta de poupança (CARTEIRA RICA, 2017).

### **5.7.3 VPL - Valor presente líquido**

Segundo o BUSSOLA DO INVESTIDOR, 2015 o VPL é um dos métodos mais eficientes para definir se vale à pena ou não fazer um determinado investimento, uma vez calculado o VPL nos permite saber exatamente qual é o valor atual de um determinado investimento.

Segundo FAZCONTA (2015), “quanto maior for o VPL maior será o lucro do investimento, o lucro em R\$ que o investimento retornará é indicado pelo VPL.

A tabela a seguir contém os valores de VPL, para calcular o VPL foi utilizado o valor de economia anual, o valor integral do investimento, a taxa de reajuste da poupança e o reajuste médio anual da CEMIG.

**Tabela 4:** Tabela VPL, considerando os valores do total do investimento e seu retorno anual.

Taxa de Retorno: 8,14%			
Alteração Tarifária: 6,35%			
Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor com Despesas
0	2017	-225.500,00	-225.500,00
1	2018	51.106,28	36.386,04
2	2019	54.351,44	39.631,28
3	2020	57.802,76	43.082,60
4	2021	60.707,52	45.987,53
5	2022	64.562,45	49.842,29
6	2023	68.662,17	53.942,00
7	2024	73.022,22	58.302,06
8	2025	77.659,13	62.938,97
9	2026	82.590,48	67.870,32
10	2027	87.834,98	73.114,82
11	2028	93.412,50	78.692,34
12	2029	99.344,19	84.624,03
13	2030	105.652,55	90.932,39
14	2031	112.361,49	97.641,33
15	2032	119.496,44	104.776,28
16	2033	127.084,46	112.364,30
17	2034	135.154,32	120.434,16
18	2035	143.736,62	129.016,46
19	2036	152.863,90	138.143,74
20	2037	162.570,76	147.850,60
21	2038	172.894,00	158.173,84
22	2039	183.872,77	169.152,61
23	2040	195.548,70	180.828,53
24	2041	207.966,04	193.245,88
25	2042	221.171,88	206.451,72
VPL sem despesas: R\$ 713.048,93			
VPL com despesas: R\$ 582.882,61			

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O sistema fotovoltaico com potência instalada de 46,98 kwp, possui valor de VPL já com as despesas de R\$ 582.882,61, esse valor indica que no prazo de 25 anos que é o tempo de vida útil dos painéis fotovoltaico, o município terá um retorno financeiro ótimo caso venha a investir no sistema de geração.

#### **5.7.4 Taxa interna de retorno (TIR)**

A Taxa Interna de Retorno (TIR) vem do inglês Internal Return Rate (IRR), é uma fórmula matemática utilizada para calcular a taxa de desconto que teria um determinado fluxo de caixa para igualar a zero seu Valor Presente Líquido. Em outras palavras, seria a taxa de retorno do investimento em questão.

Quanto maior for a TIR, melhor e mais lucrativo será o projeto ou novo investimento. A TIR pode ser vista como uma taxa de juros que o investimento precisa render para ser tão lucrativo quanto o projeto ou novo negócio (FAZACONTA, 2015).

Para analisamos a TIR, será feito uma comparação usando o investimento total, será feito uma simulação onde o montante será aplicado na caderneta de poupança e investido no sistema de geração fotovoltaica. As tabelas as seguir nos mostra os valores do investimento com e sem despesas no período de vida útil do sistema.



**Tabela 5:** Tabela TIR, para comparação do investimento feito na poupança e o investimento feito na implementação da unidade geradora.

Aplicação na Poupança			Investimento na Usina Geradora de 46,98 kwp			
Reajuste Poupança: 8,14%			Alteração Tarifária: 6,35%			
			Valor Considerado para Despesa Anual : R\$ 14.720,16			
Período	Ano	Fluxo de Caixa	Período	Ano	Fluxo de Caixa	Valor com Despesas
0	2017	-225.500	0	2017	-225.500,00	-225.500
1	2018	18.355,70	1	2018	51.106,28	36.386,04
2	2019	19.849,85	2	2019	54.351,44	39.631,28
3	2020	21.465,63	3	2020	57.802,76	43.082,60
4	2021	23.212,93	4	2021	60.707,52	45.987,53
5	2022	25.102,46	5	2022	64.562,45	49.842,29
6	2023	27.145,80	6	2023	68.662,17	53.942,00
7	2024	29.355,47	7	2024	73.022,22	58.302,06
8	2025	31.745,00	8	2025	77.659,13	62.938,97
9	2026	34.329,04	9	2026	82.590,48	67.870,32
10	2027	37.123,42	10	2027	87.834,98	73.114,82
11	2028	40.145,27	11	2028	93.412,50	78.692,34
12	2029	43.413,09	12	2029	99.344,19	84.624,03
13	2030	46.946,92	13	2030	105.652,55	90.932,39
14	2031	50.768,39	14	2031	112.361,49	97.641,33
15	2032	54.900,94	15	2032	119.496,44	104.776,28
16	2033	59.369,88	16	2033	127.084,46	112.364,30
17	2034	64.202,59	17	2034	135.154,32	120.434,16
18	2035	69.428,68	18	2035	143.736,62	129.016,46
19	2036	75.080,30	19	2036	152.863,90	138.143,74
20	2037	81.191,84	20	2037	162.570,76	147.850,60
21	2038	87.800,86	21	2038	172.894,00	158.173,84
22	2039	94.947,85	22	2039	183.872,77	169.152,61
23	2040	102.676,61	23	2040	195.548,70	180.828,53
24	2041	111.034,49	24	2041	207.966,04	193.245,88
25	2042	120.072,70	25	2042	221.171,88	206.451,72
TIR = 14%			TIR sem despesas = 29%			
			TIR com despesas = 24%			

**Fonte:** Elaborado pelo autor com dados da CEMIG 2017.

Após efetuar os cálculos e analisar os valores obtidos na tabela anterior, é conclusivo que é mais lucrativo investir no sistema de geração fotovoltaico com usina de 46,98 Kwp, pois no período de análise mesmo considerando todas as despesas o sistema de geração é mais lucrativo do que a caderneta de poupança.

### 5.7.5 Payback

Quando se pretende fazer um novo investimento ou implementar um negócio que já existe, a primeira pergunta que muitos se fazem é: Quanto tempo o novo investimento terá retorno? Pois bem esse retorno é conhecido como Payback, o payback nada mais é que a análise do tempo que um investimento retornará todo o dinheiro investido ou seja o tempo que o investimento levará para se pagar.

A seguir teremos as tabelas de payback para a instalação da usina geradora de 46,98 Kwp, com e sem despesas.

**Tabela 6:** Tabela Payback sem despesas.

Taxa de Retorno: 8,14%				
Alteração Tarifária: 6,35%				
Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente(VPL)	Saldo
0	2017	-225.500,00	-225.500,00	
1	2018	51.106,28	47.259,37	-178.240,63
2	2019	54.351,44	46.477,03	-131.763,60
3	2020	57.802,76	45.707,71	-86.055,89
4	2021	60.707,52	44.391,21	-41.664,68
5	2022	64.562,45	43.656,43	1.991,75
6	2023	68.662,17	42.933,80	44.925,55
7	2024	73.022,22	42.223,13	87.148,68
8	2025	77.659,13	41.524,23	128.672,91
9	2026	82.590,48	40.836,89	169.509,80
10	2027	87.834,98	40.160,94	209.670,74
11	2028	93.412,50	39.496,17	249.166,91
12	2029	99.344,19	38.842,40	288.009,31
13	2030	105.652,55	38.199,46	326.208,77
14	2031	112.361,49	37.567,16	363.775,93
15	2032	119.496,44	36.945,32	400.721,25
16	2033	127.084,46	36.333,78	437.055,03
17	2034	135.154,32	35.732,36	472.787,39
18	2035	143.736,62	35.140,90	507.928,29
19	2036	152.863,90	34.559,23	542.487,52
20	2037	162.570,76	33.987,18	576.474,70
21	2038	172.894,00	33.424,60	609.899,30
22	2039	183.872,77	32.871,34	642.770,64
23	2040	195.548,70	32.327,23	675.097,87
24	2041	207.966,04	31.792,13	706.890,00
25	2042	221.171,88	31.265,89	738.155,89

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A tabela de Payback acima sem considerar as despesas com o sistema mostra que a implantação do sistema fotovoltaico de 46,98 kwp já estará pago dentro de 5 anos, e que a partir do sexto ano o sistema já estará economizando.

A tabela a seguir já traz um outro cenário onde o sistema fotovoltaico já está com todas as despesas consideradas.

**Tabela 7:** Tabela Payback com despesas.

Taxa de Retorno: 8,14%				
Alteração Tarifária: 6,35%				
Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente(VPL)	Saldo
0	2017	-225.500,00	-225.500,00	
1	2018	36.386,04	33.647,16	-191.852,84
2	2019	39.631,28	33.889,52	-157.963,32
3	2020	43.082,60	34.067,70	-123.895,62
4	2021	45.987,53	33.627,50	-90.268,12
5	2022	49.842,29	33.702,81	-56.565,31
6	2023	53.942,00	33.729,42	-22.835,89
7	2024	58.302,06	33.711,60	10.875,71
8	2025	62.938,97	33.653,38	44.529,09
9	2026	67.870,32	33.558,51	78.087,60
10	2027	73.114,82	33.430,41	111.518,01
11	2028	78.692,34	33.272,27	144.790,28
12	2029	84.624,03	33.086,99	177.877,28
13	2030	90.932,39	32.877,28	210.754,56
14	2031	97.641,33	32.645,59	243.400,15
15	2032	104.776,28	32.394,22	275.794,37
16	2033	112.364,30	32.125,25	307.919,62
17	2034	120.434,16	31.840,62	339.760,23
18	2035	129.016,46	31.542,10	371.302,33
19	2036	138.143,74	31.231,31	402.533,64
20	2037	147.850,60	30.909,77	433.443,42
21	2038	158.173,84	30.578,84	464.022,25
22	2039	169.152,61	30.239,78	494.262,04
23	2040	180.828,53	29.893,76	524.155,80
24	2041	193.245,88	29.541,84	553.697,63
25	2042	206.451,72	29.184,98	582.882,61

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A tabela anterior considerando as despesas nos mostra que o sistema trará retorno a partir do sétimo ano, precisando apenas de 6 anos para retornar o valor investido. Essa análise prova que com a instalação do sistema de geração fotovoltaico é possível ter retorno financeiro no prazo

de 25 anos, mesmo simulando as situações mais pessimistas possíveis o sistema se mostrou rentável.

## 6 CONCLUSÃO

A geração de energia fotovoltaica é uma realidade não só no Brasil mas em todo mundo, e esse tipo de geração vem ganhando novos adeptos, seja por questões econômicas ou ambientais, e essa crescente no número de adeptos faz com que a demanda por sistema fotovoltaico aumente e conseqüentemente pode fazer os preços de investimentos diminuïrem tornando a geração fotovoltaica ainda mais atrativa.

O Brasil por possuir uma extensão territorial a nível continental, pode – se dizer que foi abençoado, pois possui um potencial de geração muito vasto em praticamente todo o seu território, a radiação solar tem níveis satisfatórios para uma geração de qualidade e que atenda todas as necessidades, a legislação no país tem mudado e favorecido aqueles que desejam investir no sistema fotovoltaico, dando aos consumidores a oportunidade de investir em um sistema de geração limpo, renovável e de fácil instalação, com condições de pagamento sem prejudicar as finanças da família.

O Brasil precisa investir mais na fabricação dos equipamentos utilizados no sistema fotovoltaico já que a maioria dos equipamentos encontrados aqui é de origem estrangeira, o país é um grande exportador da matéria prima utilizada na fabricação dos equipamentos, investindo em fábricas o país pode se tornar um grande fabricante de equipamentos fotovoltaicos e assim deixar o sistema um pouco mais barato favorecendo a geração fotovoltaica.

Para a elaboração do projeto fotovoltaico foi necessário obter o consumo dos prédios públicos, levantando o consumo anual, mensal e diário, além de obter a radiação solar diária para a cidade de São Domingos das Dores – MG, essa informação pode ser obtida gratuitamente no site da CRESESB que fornece a radiação média anual e mensal, de posse desses dados e da área disponível foi feito o dimensionamento do sistema fotovoltaico e descobrindo o numero de painéis que será necessário para suprir a demanda de consumo dos prédios, já sabendo da quantidade de painéis necessários foi calculada a área necessária para comportar os painéis e comparando com a área disponível descobriu-se que a área disponível é mais que o suficiente.

Pra ter certeza quanto ao projeto, foi feito simulações no software PV Syst, que é um bom auxilio na execução de projetos, podendo ser simulado as perdas por temperaturas, acúmulos de impurezas, além de poder determinar o número de placas que deverão ser ligadas em series e o número de strings necessários, com isso podemos aperfeiçoar o projeto o deixando mais perfeito possível.

Para elaborar o estudo do prazo de retorno do investimento, foram encontrados os valores de possíveis gastos com o sistema fotovoltaico implantado e em seguida foi feito tabelas de cálculos para encontrar o VPL, TIR e o Payback para duas situações uma onde os gastos com o sistema não são considerados e outra com os gastos sendo considerado, pra cada opção o prazo

de retorno encontrado mostrou – se bem satisfatório, em ambas as opções o prazo de retorno ficou abaixo de dez anos o que torna o investimento bastante atrativo e viável, mesmo utilizando fatores bastantes extremos para cálculo de possíveis gastos com o sistema fotovoltaico.

Vale ressaltar que o prédio escolhido para receber a instalação do sistema fotovoltaico, possui um padrão bifásico, e devido à potência do sistema será necessário fazer a substituição do padrão bifásico por um trifásico pra poder receber toda a potência do sistema, foi feito um orçamento junto a empresa PH Material Elétrico, para saber o valor que será gasto com tal substituição (anexo F), esse valor não foi incluso no cálculo de retorno como um gasto por se tratar de um valor relativamente baixo.

Para o presente trabalho foi considerada a tarifa vigente no mês de outubro de 2017, vale ressaltar que já está em vigor a bandeira vermelha que deixa as contas de energia ainda mais caras, isso por que os reservatórios já estão com o seu nível baixo e isso sempre pode influenciar nas tarifas energéticas, e para os próximos anos a situação tarifária é uma incerteza, pois depende do clima se houver pouca chuva o preço da energia vai subir e isso faz com que o tempo de retorno de um investimento em sistema fotovoltaico seja menor tornando o sistema ainda mais atraente.

O estudo efetuado mostrou que o município possui uma área disponível que é maior do que o necessário para implantação do sistema, e o valor para tal nem é tão grande quanto os benefícios que o sistema trará, e a área disponível pode ainda comportar as placas para suprir as necessidades de outros prédios que não entraram nesse estudo como é o caso da prefeitura que ainda tem seu prédio em construção. Em análises superficiais descobriu – se que com o dinheiro economizado dá para no futuro implementar o sistema aumentando a sua capacidade de geração para atender outros prédios sem a necessidade de retirada de verba do caixa apenas usando a quantia economizada.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI. Bancos Oferecem Linhas de Crédito para Quem Optar por Energia Limpa. Disponível em: < [http://www.abdi.com.br/Paginas/noticia\\_detalhe.aspx?i=3598](http://www.abdi.com.br/Paginas/noticia_detalhe.aspx?i=3598) >. Acessado em: 29 de Setembro de 2017.

AL - MG. TRAMITAÇÃO DE PROJETOS: PL 562 1995 - PROJETO DE LEI. Disponível em: < [https://www.almg.gov.br/atividade\\_parlamentar/tramitacao\\_projetos/interna.html?a=1995&n=562&t=PL](https://www.almg.gov.br/atividade_parlamentar/tramitacao_projetos/interna.html?a=1995&n=562&t=PL) > Acessado em: 10 de Outubro de 2017.

ALVES, Antônio Pedro. Decisão de investimento, o que usar: TIR, payback ou VPL?. 2009. Disponível em: < <http://vendamuitomais.com.br/2009/03/07/decisao-de-investimento-o-que-usar-tir-payback-ou-vpl/> >. Acessado em: 25 de Outubro de 2017.

ANEEL. Caderno Temático Micro e Minigeração Distribuída. 2016. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161> >. Acessado em: 28 de Setembro de 2017.

ANEEL. Geração distribuída. 2012. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset\\_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false) >. Acessado em: 30 de Setembro de 2017.

ANEEL. Micro e Mini Geração Distribuída – Sistema de Compensação de Energia Elétrica. 2.ed. 2016.

ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3Revisao5.pdf> >. Acessado em: 01 de Outubro de 2017.

ANEEL. Resolução Homologatória N° 87, de 6 de Abril de 2005. 2005. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2005087.pdf> >. Acessado em: 22 de Outubro de 2017.

ANEEL. Resolução Homologatória N° 310, de 6 de Abril de 2006. 2006. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2006310.pdf> >. Acessado em: 20 de Outubro de 2017.

ANEEL. Resolução Homologatória N° 446, de 3 de Abril de 2007. 2007. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2007446.pdf> >. Acessado em: 20 de Outubro de 2017.

ANEEL. Resolução Homologatória N° 626, de 7 de Abril de 2008. 2008. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2008626.pdf> >. Acessado em: 21 de outubro de 2017.

ANEEL. Resolução Homologatória N° 960, de 6 de Abril de 2010. 2010. Disponível em: < [http : //www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2010960.pdf](http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2010960.pdf) >. Acessado em: 11 de Outubro de 2017.

ANEEL. Resolução Homologatória N° 1.269, de 3 de Abril de 2012. 2012. Disponível em: < [http : //www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20121269.pdf](http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20121269.pdf) >. Acessado em: 10 de Outubro de 2017.

ANEEL. Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril de 2012. 2012. Disponível em: < [http : //www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf](http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf) >. Acessado em: 07 de Setembro de 2017.

ANEEL. Resolução Normativa N° 687, de 24 de novembro de 2015. 2015. Disponível em: < [http : //www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf](http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf) >. Acessado em: 07 de Setembro de 2017.

Assessoria de Comunicação Social do Ministério de Minas e Energia. MME inaugura 1ª Usina Solar distribuída em prédio do Governo Federal. Disponível em: < [http : //www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/mme-inaugura-1-usina-solar-distribuida-em-predio-do-governo-federal](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/mme-inaugura-1-usina-solar-distribuida-em-predio-do-governo-federal) >. Acessado em: 14 Abril de 2017.

CAMPOS, Wesley Ferreira. ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE NO PRÉDIO DA DOCTUM CARATINGA. Caratinga - MG: DOCTUM, 2016. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso.

CARTEIRA RICA. Poupança: Guia completo da Caderneta de Poupança. Disponível em: < [http : //carteirarica.com.br/poupanca/](http://carteirarica.com.br/poupanca/) >. Acessado em: 25 de Outubro de 2017.

CEMIG. Mini e microgeração distribuída – Sistema de compensação. Disponível em: < [http : //www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/corporativo/Paginas/microminigeracao.aspx](http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/corporativo/Paginas/microminigeracao.aspx) >. Acessado em: 08 de Setembro de 2017.

CEMIG. ND. 5.30 - Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Baixa Tensão. 2012. Disponível em: < [https : //www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/.../ND.5.30.pdf](https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/.../ND.5.30.pdf) >. Acessado em: 08 de Outubro de 2017.

IRRADIAÇÃO SOLAR NO PLANO HORIZONTAL PARA SÃO DOMINGOS DAS DORES - MG : Localidades Próximas. Disponível em: < [http : //www.cresesb.cepel.br/index.php#data](http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data) >. Acessado em: 24 de Outubro de 2017.

CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. 2004. Disponível em: < [http : //www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_V2004.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_V2004.pdf) >. Acessado em: 16 de Outubro de 2017.

CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. 2014. Disponível em: < [http : //www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_V2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_V2014.pdf) >. Aces-



sado em: 15 de Outubro de 2017.

DA SILVA, R.G. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para atender uma demanda de iluminação. Londrina: UEL, 2014. 104 p. Trabalho de Conclusão de Curso.

ENEL SOLUÇÕES. Tudo Sobre Energia Solar.2016. Disponível em: < <http://www.enelsolucoes.com.br/blog/2016/05/tudo-sobre-energia-solar-string-box/> >. Acessado em: 05 de Outubro de 2017.

ENEL SOLUÇÕES. Tudo Sobre Energia Solar - String Box. Disponível em: < <http://www.enelsolucoes.com.br/blog/2016/05/tudo-sobre-energia-solar-string-box/> >. Acessado em: 03 de Outubro de 2017.

FAZACONTA. VPL e TIR. 2015. Disponível em: < <http://fazaconta.com/matematicafinanceiraval-tir.htm> >. Acessado em: 25 de Outubro de 2017.

GOOGLR MAPS, 2017. Disponível em: < [https://www.google.com.br/maps/place/sao domingodasdores](https://www.google.com.br/maps/place/sao+domingodasdores) > Acessado em: 10 de Outubro de 2017.

INEE. Geração Distribuída. Disponível em: < [http://www.inee.org.br/forum\\_gera\\_distrib.asp](http://www.inee.org.br/forum_gera_distrib.asp) > Acessado em 28 de Setembro de 2017.

LOTTO, T. Lei sobre a implantação de Energia Fotovoltaica em prédios públicos municipais é sancionada. Disponível em:< [http://www.birigui.sp.gov.br/birigui/noticias/noticias\\_detalhes.php?id\\_noticia=2677](http://www.birigui.sp.gov.br/birigui/noticias/noticias_detalhes.php?id_noticia=2677) >. Acessado em: 27 de Setembro de 2017.

O SETOR ELÉTRICO. Segurança e Confiabilidade em Sistemas Fotovoltaicos. 2016. Disponível em < <https://www.osetoelettrico.com.br/seguranca-e-confiabilidade-em-sistemas-fotovoltaicos/> >. Acessado em: 06 de Outubro de 2017.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: edição revisada, 2014, 530 p.

PORTAL SOLAR. Vantagens e desvantagens da energia solar. Disponível em:< <http://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html> >. Acessado em: 15 de Abril de 2017.

PORTAL SOLAR. O que é Geração Distribuída. 2016. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/o-que-e-geracao-distribuida.html> >. Acessado em: 28 de Setembro de 2017.

PORTAL SOLAR. Conheça Linhas de Financiamento de Sistema Solar.2016. Disponível em: < <http://www.enelsolucoes.com.br/blog/2016/11/conheca-linhas-financiamento-sistema-solar/> >. Acessado em: 29 de Setembro de 2017.

PORTAL SOLAR. Como Funciona o Painel Solar Fotovoltaico. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html> >. Acessado em: 29 de Setembro de 2017.

PORTAL SOLAR. Tipos de Paineis Fotovoltaicos. Disponível em: < <http://portaldenergia.com/tipos-de-painel-fotovoltaico/> >. Acessado em: 30 de Setembro de 2017.

PORTAL SOLAR. Tipos de Paineis Fotovoltaicos. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html> >. Acessado em: 30 de Setembro de 2017.

PORTAL SOLAR. Passo a passo da Fabricação do Painel Solar. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/ passo-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html> >. Acessado em: 30 de Setembro de 2017.

PORTAL SOLAR. A melhor Direção do Painel Solar Fotovoltaico. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html> >. Acessado em: 28 de Setembro de 2017.

PORTAL SOLAR. Inversor Grid Tie. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/inversor-grid-tie.html> >. Acessado em: 03 de Outubro de 2017.

PORTAL BRASIL. Brasil é Líder Mundial na Incidência de Raios por Ano. 2016. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2016/10/brasil-e-lider-mundial-na-incidencia-de-raios-por-ano> >. Acessado em: 05 de Outubro de 2017.

PRATES, Wladimir Ribeiro. O que é TIR (Taxa Interna de Retorno)? 2016. Disponível em: < <http://www.wrprates.com/o-que-e-tir-taxa-interna-de-retorno/> >. Acessado em: 25 de Outubro de 2017.

SANTOS, Sérgio Roberto. Segurança e confiabilidade em sistemas fotovoltaicos. 2011. Disponível em: < [http://www.osetoeletrico.com.br/web/a\\_empresa/757\\_seguranca\\_e\\_confiabilidade\\_em\\_sistemas\\_fotovoltaicos.html](http://www.osetoeletrico.com.br/web/a_empresa/757_seguranca_e_confiabilidade_em_sistemas_fotovoltaicos.html) >. Acessado em: 01 de outubro de 2017.

SICES BRASIL. O que é Uma String Box? 2016. Disponível em: < [http://www.sicesbrasil.com.br/images/doc/vari/boletim\\_qualidade/StringBoxR2.pdf](http://www.sicesbrasil.com.br/images/doc/vari/boletim_qualidade/StringBoxR2.pdf) >. Acessado em: 03 de Outubro de 2017.

SUNENERGY. Célula fotovoltaica de silício filme fino. 2016. Disponível em: < [http://www.sunenergy.eco.br/componentes\\_fotovoltaicos.php?menu=energia\\_solar\\_comp,2016](http://www.sunenergy.eco.br/componentes_fotovoltaicos.php?menu=energia_solar_comp,2016) >. Acessado em: 07 de Outubro de 2017.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações - Sistemas Isolados e Conectados à Rede. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

WAWRZENIAK, Diego. Valor Presente Líquido: Quanto Vale um Investimento. 2015. Disponível em: < <https://blog.bussoladoinvestidor.com.br/valor-presente-liquido-investimento/> >. Acessado em: 25 de Outubro de 2017.

**ANEXO A - TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE INFORMAÇÕES.**

**PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO DOMINGOS DAS DORES**  
**SÃO DOMINGOS DAS DORES – MG**  
**CNPJ – 01.613.129/0001-38**

Termo de autorização para uso de informações privadas

Aqui Prefeito Municipal Jose Adair da Silva representando a Prefeitura Municipal de São Domingos das Dores – MG, localizada na Rua José Pedro Milward de Azevedo, nº 30 , centro, São Domingos das Dores – MG, inscrita no CNPJ com o nº 01.613.129/0001-38 autorizo por meio desse termo a utilização e publicação de informações referentes aos dados elétricos e técnicos dos prédios públicos do município, pelo graduando do curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Doctum de Caratinga, Webert Pinheiro de Oliveira, inscrito no CPF de nº 074.874.216 – 60, como subsidio para objeto de estudo em trabalho acadêmico de conclusão de curso de autoria do mesmo, a ser realizado no segundo semestre de 2017.

São Domingos das Dores, 23 de novembro de 2017



**Jose Adair da Silva**  
**Prefeito Municipal**

## ANEXO B - ORÇAMENTO GEU BRASIL PARA USINA DE 47,52 KWP.



Caratinga, 13 de outubro de 2017

Prezado **Webert Pinheiro de Oliveira**,

Entregamos a você como acordado:

- Uma oferta pelo fornecimento de material e instalação de um sistema fotovoltaico de 47,52 kWp.

### DETALHES EPECÍFICOS DO MATERIAL E ORÇAMENTO:

Quantidade	Material / Serviço	Custo total
176	Módulos fotovoltaicos risen - tipo policristalino - potência 270 Wp	R\$ 137.500,00
2	Inversores Renovigi ST12000TL -potência de 12 kWp	R\$ 17.300,00
1	Inversor Renovigi ST20000TL com potência de 20 kWp	R\$ 11.200,00
1	Estrutura de fixação para telha metálica	R\$ 20.300,00
1	Transformador Isolador Rebaixador 380/220V TRI Ynyn0 - 45kva	R\$ 11.400,00
1	Materiais elétricos em geral, string box e demais dispositivos de proteção	R\$ 12.100,00
1	Instalação, projeto elétrico e ART inclusos	R\$ 18.200,00
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 228.000,00</b>

**TOTAL GERAL: R\$ 228.000,00**

**VALIDADE DA PROPOSTA: 60 DIAS**

**A VIDA ÚTIL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO É DE NO MÍNIMO 25 ANOS!**

### GARANTIAS:

- **Sobre os módulos fotovoltaicos:** 12 anos sobre defeito de fabricação – 25 anos contra perda de eficiência (os módulos fotovoltaicos podem perder no máximo 20% de eficiência após 25 anos de utilização);
- **Sobre o inversor:** 5 anos por defeito de fabricação (vida útil estimada de até 10 anos);
- **Sobre estrutura de fixação e cabos elétricos:** de 10 anos (se considera que cabos e sistema de fixação podem durar até mais de 25 anos);
- **Serviço de instalação:** 12 meses por defeito de fixação;

## ANEXO C - ORÇAMENTO GEU BRASIL PARA USINA DE 47,52 KWP.



### ETAPAS DO PROCESSO:

- Assinatura do contrato;
- Realização do projeto – ART – aprovação do projeto perante a concessionária local;
- Entrega e instalação do sistema;
- Colocação de medidor bidirecional (por conta da concessionária local).

### RESPONSABILIDADE DA GEU BRASIL:

- Dimensionamento, projeto e ART;
- Fornecimento e instalação do sistema;
- Representação frente à concessionária;
- Orientações para o usuário;
- Gerenciamento e supervisão da obra;
- Atendimento para emergências, reparos e defeitos de fabricação do sistema;

### EXCLUSÃO DA RESPONSABILIDADE DE GEU BRASIL:

- OBRAS CIVIS DE QUALQUER NATUREZA;
- REFORÇOS E ADAPTAÇÕES NA REDE ELÉTRICA INTERNA OU EXTERNA DO IMÓVEL;

### RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE:

- Disponibilizar local temporário para armazenamento de equipamentos e materiais de obra;
- Permitir acesso da equipe de instalação aos locais de realização dos trabalhos em horário convencional;
- Fornecimento de material técnico, planta arquitetônica, água, energia elétrica;
- Para sistema de monitoramento, linha de internet acessível;
- Substituição de telhas;

### Para mais informações contate-nos:

Email: [info@geubrasil.com](mailto:info@geubrasil.com)

Site: [www.geubrasil.com](http://www.geubrasil.com)

Telefone: (33)3321-9546

Atenciosamente, GEU BRASIL

## ANEXO D - INFORMAÇÕES TÉCNICAS REFERENTE A PLACA FOTOVOLTAICA.



**MÓDULO POLICRISTALINO**  
60x6"/1270W





**PAINEL SOLAR POLICRISTALINO**

**Excelente qualidade**

- Processo de fabricação das células e painéis totalmente automatizado
- Mais de 18 programas de testes da norma IEC no State-Level PV Laboratory da Risen
- ISO9001, ISO14001 e sistema de gerenciamento HSAS18001
- Resistência à corrosão por salinidade (IEC 61701:200)
- Resistência à corrosão por amônia
- Resistência à corrosão por poeira e areia
- PID FREE
- Certificação IEC 61215:2005

**Fácil Instalação**

- Baixo peso
- Aplicável para instalações verticais e horizontais
- Compatível com todos os padrões de coberturas

**GARANTIA**

- 12 anos contra defeitos de fabricação
- 12 anos com 90% da potência de saída
- 25 anos com 80% da potência de saída

**Garantia de 25 anos Direto com a Renovigi.**

Você não depende do fabricante.

**CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS**

Modelo	Pm (Wp)	Tolerância	Vm (V)	Im (A)	Voc (V)	Isc (A)	Eficiência
RM60-6-270P	270W	0~+3	31,20	8,66	38,20	9,20	>16,50%

Valores nas Condições Padrão de Teste (AM 1.5; 1.000 W/m<sup>2</sup>; 25°C)

REGISTRO Nº 001698/2016

**COEFICIENTES DE TEMPERATURA**

Coefficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,33%/°C
Coefficiente de Temperatura de Isc (α)	+0,033%/°C
Coefficiente de Temperatura de Pm <sub>max</sub>	-0,39%/°C
Temperatura de Operação Nominal da Célula (NOCT)	45±2°C

**CONDICÕES DE OPERAÇÃO ADMISSÍVEIS**

Tensão máxima do sistema em CC	1000V
Temperatura de Operação Nominal da Célula (NOCT)	40~+85°C
Carga máxima de neve	5400 Pa
Carga máxima de vento	120 km/h


**CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS**

Número de células solares policristalinas	60 pcs x 6"
Moldura de Alumínio, Dimensões	1640 x 992 x 35 mm
Espessura do vidro	3,2 mm
Caixa de junção	IP67
Módulo	IP67
Tolerância	0~+3%
Número de diodos bypass	3
Peso	18Kg






## ANEXO E - INFORMAÇÕES TÉCNICAS REFERENTE AO INVERSOR.




**RENOVIGI**  
ENERGIA SOLAR



**INVERSOR ON-GRID TRIFÁSICO**

**Garantia de 5 anos Direto com a Renovigi.**

Você não depende do fabricante.



**Display e manual em português**

**NOSSOS INVERSORES SÃO AJUSTADOS DE ACORDO COM AS NORMAS BRASILEIRAS**

**CARACTERÍSTICAS**

- Patente própria na topologia sem transformador
- Entrada MPPT adequada para vasta faixa de tensão
- Design compacto
- Display multilinguístico

**FLEXIBILIDADE**

- Proteção IP65
- Fácil instalação e manutenção
- Tecnologia Wifi

**2 ENTRADAS MPPT**

**CONFIABILIDADE E SEGURANÇA**

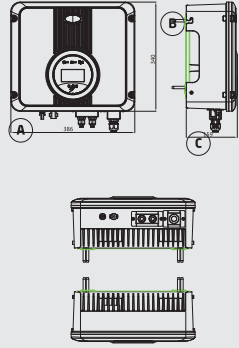
- Proteção totalmente automatizada
- Tempo de Anti-ilhamento e Reconexão conforme exigido pelas normas brasileiras
- Proteção de curto-circuito, sobrecarga, sobretensão, subtensão, sobrecorrente e inversão de polaridade

**DADOS TÉCNICOS**

Modelo de Inversor	12 kW ST 12000 TL	20 kW ST 20000 TL
<b>Entrada (CC)</b>		
Potência máxima CC	12250 W	20250 W
Tensão máxima CC	1000 V	1000 V
Faixa de tensão MPPT / Tensão nominal	380 - 800 V / 610 V	500 - 800 V / 610 V
Máxima corrente de entrada / por string	20 A / 20 A	20 A / 20 A
Tensão de desligamento / Tensão de partida	160 / 200 V	160 / 200 V
Número MPPT / Strings por MPPT	2 / 2	2 / 2
<b>Saída (CA)</b>		
Potência nominal CA	12 kW	20 kW
Potência aparente máxima CA	12 KVA	20 KVA
Tensão nominal CA	3F/N/T 220 V / 380 V	3F/N/T 220 V / 380 V
Faixa de tensão de operação	176 V - 242 V	176 V - 242 V
Frequência de rede CA	60 Hz	60 Hz
Corrente máxima de saída	19 A	30 A
Fator de potência (cos φ), ajustável	0.8 i 0.8c	0.8 i 0.8c
Harmônicas	< 3%	< 3%
<b>Eficiência</b>		
Máxima eficiência	98,0%	98,0%
Euro eficiência	97,3%	97,5%
MPPT eficiência	99,9%	99,9%
<b>Dados gerais</b>		
Dimensões (A / B / C)	540 / 660 / 192 mm	540 / 660 / 192 mm
Peso	40 kg	41 kg
Temperatura de operação	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Grau de proteção (de acordo com IEC 60529)	IP65	IP65
Categoria climática (de acordo com IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Consumo interno: (noite)	< 1 W	< 1 W
Topologia	Sem transformador	Sem transformador
Tipo de resfriamento	Ventilador	Ventilador
Ruído (típico)	< 50 dB	< 50 dB

**Wi Fi**

**DADOS GERAIS**



**ANEXO F - ORÇAMENTO PRA SUBSTITUIÇÃO DO PADRÃO BIFÁSICO POR  
PADRÃO TRIFÁSICO.**

QUANT.	DESCRIÇÃO	P. UNITÁRIO	TOTAL
01	PONTALETE PA 5		¥50.00
01	XAMPÃO		3.00
03	CINTA 100mm		54.00
02	BOX EL. RECIBANA		32.00
02	ELETRODUTO 2"		35.00
02	CURVAS 2x 90°		8.00
02	PARAS BUCHA 5x 2"		8.00
01	CURVA 135° 2"		4.00
01	DOLO ARAME GALV. 16		12.00
02	ALWA 2"		3.00
01	CR CU 19		280.00
01	DISJUNTOR 3x 120		350.00
04	TERMINAL 4x3. 120		10.00
01	N PRESSÃO 185MM		13.00
02	MASTE FERRO GALV.		70.00
02	XAMPÃO M MASTE		56.00
06	mts CABO NÍQUELO 25MM		72.00
01	CITA 20 mts		5.00
02	DIARAFUSO 3/8x 2"		6.00
05	mts CABO FLEX 50mm Pt.		582.50
12	U U U 50m A-2		282.00
TOTAL R\$			2640.01

Ass. Comprador



**Material Elétrico**

**TUDO EM MATERIAL ELÉTRICO**

(33) 3321-4809

E-mail: paulosergioferreirame@oi.com.br

Av. João Caetano do Nascimento, 400 - Loja 05 - B. Limoeiro - CEP: 35300-104 - Caratinga - MG

Data: 06/11/14

005096

Razão Social:

ORÇAMENTO - CONSTRUTORA

End.:

CNPJ/CPF:

Insc. Est.:

Cond. de Pgto:

PA P-