

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S729d Souza, William Kaseker De

Dimensionamento, instalação e viabilidade de investimento de um sistema fotovoltaico de 20,28kWp conectado a rede numa empresa em Dourados MS: dimensionamento, instalação e viabilidade de instalação sistema fotovoltaico on grid / William Kaseker De Souza -- Dourados: UFGD, 2018.

65f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Dr. Etienne Biasotto

Co-orientador: Dr. Rogério da Silva Santos; Dr. Gerson Bessa Gibelli

TCC (Graduação em Engenharia de Energia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Sistema fotovoltaico. 2. Geração distribuída. 3. Consumo. 4. Custo benefício. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS (UFGD)

WILLIAM KASEKER DE SOUZA

DIMENSIONAMENTO, INSTALAÇÃO E VIABILIDADE DE INVESTIMENTO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 20,28KWP CONECTADO NA REDE NUMA
EMPRESA EM DOURADOS-MS

Dourados - MS
2018

WILLIAM KASEKER DE SOUZA

DIMENSIONAMENTO, INSTALAÇÃO E VIABILIDADE DE INVESTIMENTO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 20,28KWP CONECTADO NA REDE NUMA
EMPRESA EM DOURADOS-MS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado para obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia de Energia. Faculdade de
Engenharia Universidade Federal da Grande
Dourados.

Dourados - MS
2018

WILLIAM KASEKER DE SOUZA

DIMENSIONAMENTO, INSTALAÇÃO E VIABILIDADE DE INVESTIMENTO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 20,28KWP CONECTADO NA REDE NUMA
EMPRESA EM DOURADOS-MS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado para obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia de Energia. Faculdade de
Engenharia Universidade Federal da Grande
Dourados.

Dourados - MS,

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Etienne Biasotto
FAEN - UFGD

Prof. Dr. Gerson Bessa Gibelli
FAEN - UFGD

Prof. Dr. Rogério da Silva Santos
FAEN - UFGD

Dedico este trabalho aos meus pais
e amigos que sempre me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a “DEUS” pela saúde que me deste durante o período acadêmico, sabedoria e esperança para que eu pudesse subir em mais degraus na minha vida. Agradeço aos meus pais e toda minha família, por me mostrarem que através do curso de Engenharia de Energia que será o meu futuro profissional e me incentivarem nesta trajetória. Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Etienne Biasotto que com paciência, dedicação e respeito me auxiliou nesta etapa importante de minha vida, através de conhecimentos e experiências realizados para o desfecho deste trabalho, principalmente para minha formação, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória. Agradeço a UFGD, seu corpo docente, direção e administração que foram o pivô para realização deste trabalho, com ética e sabedoria. Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

"É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota. "
(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Neste trabalho foi realizado um estudo de caso sobre o dimensionamento, instalação e viabilidade de investimento de um sistema fotovoltaico de 20,28 kWp conectado à rede numa empresa em Dourados-MS, apresentando tecnologia para geração de energia elétrica a partir do sistema fotovoltaico em conjunto com os conceitos de geração distribuída. O Brasil é um país com enorme potencial para exploração de Fontes renováveis de energia, a energia solar fotovoltaica entra como uma forte alternativa para suprir essa alta demanda e ajudar no fornecimento de energia de modo renovável, limpo e ainda com baixo custo de comercialização se comparada com outras fontes de energia elétrica. Dessa forma, residências e prédios comerciais podem investir nesses sistemas fotovoltaicos e reduzir seus gastos com energia elétrica conforme a Resolução nº 687/2015 da ANEEL. Esse estudo de caso teve o intuito de analisar a viabilidade de aquisição e implantação de um sistema de geração fotovoltaica com o enfoque, além da questão ambiental, econômico.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico, Geração Distribuída, Consumo, Custo Benefício.

ABSTRACT

In this work a case study was carried out on the design, installation and feasibility of investment of a 20.28 kWp photovoltaic system connected to the grid in a company in Dourados-MS, presenting technology for generating electric energy from the photovoltaic system together with the concepts of distributed generation. Brazil is a country with huge potential for exploration of renewable sources of energy, photovoltaic solar energy enters as a strong alternative to supply this high demand and help in the renewable energy supply, clean and still with low cost of commercialization if compared with other sources of electricity. In this way, homes and commercial buildings can invest in these photovoltaic systems and reduce their expenses with electricity according to ANEEL Resolution No. 687/2015. This case study aimed to analyze the feasibility of acquiring and implementing a photovoltaic generation system with the focus, as well as the environmental and economic issues.

Keywords: Photovoltaic System, Distributed Generation, Consumption, Cost Benefit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 —	Oferta de potência de geração elétrica brasileira.	13
Figura 2 —	Projeção de demanda de energia elétrica (TWh/ano)	15
Figura 3 —	Radiação solar e seus componentes	22
Figura 4 —	Célula, módulo e arranjo fotovoltaico.	24
Figura 5 —	Composição de um módulo fotovoltaico	25
Equação 1 —	Calculo da potência pico do módulo fotovoltaico	26
Figura 6 —	Fatura de energia elétrica	28
Figura 7 —	Temperatura máxima (latitude e longitude).	29
Figura 8 —	Dados de irradiação na Cidade de Dourados MS.	31
Figura 9 —	Ilustração de um sistema fotovoltaico On Grid	32
Figura 10 —	Consumo anual da unidade consumidora	33
Equação 2 —	Calculo de módulos a serem instalados	34
Equação 3 —	Cálculo dos módulos	34
Equação 4 —	Quantidade de módulos	35
Equação 5 —	Quantidade de módulos	35
Equação 6 —	Quantidade de módulos	35
Figura 11 —	Arranjo elétrico da planta fotovoltaica	37
Equação 7 —	Tensão string inversor	38
Equação 8 —	Tensão string inversor	38
Figura 12 —	Diagrama Unifilar do sistema fotovoltaico, lado corrente contínua	39
Figura 13 —	Diagrama Multifilar, lado corrente alternada	40
Figura 14 —	Diagrama Multifilar, lado corrente contínua	40
Figura 15 —	Painéis fotovoltaicos instalados	41
Figura 16 —	Inversor trifásico Fronius Symo	42
Equação 9 —	Calculo comportamento temperatura mínima na tensão do módulo	43
Equação 10 —	Calculo comportamento temperatura máxima na tensão do módulo	43
Equação 11 —	Calculo comportamento temperatura máxima na corrente do módulo	44
Figura 17 —	Ativação do sistema fotovoltaico	46

Tabela 1 —	Cronograma de execução do projeto	48
Figura 18 —	Inversor Fronius Symo instalado	50
Figura 19 —	Ganchos de sustentação e trilhos	51
Figura 20 —	Arranjo fotovoltaico instalado	52
Figura 21 —	Medidor bidirecional digital	53
Figura 22 —	Fatura após um ano de instalação do sistema	54
Figura 23 —	Estimativa de produção do sistema fotovoltaico	56
Figura 24 —	Estimativa de retorno financeiro	56
Figura 25 —	Payback Descontado	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCST	Centro de Ciência do Sistema de Pernambuco
CELPE	Companhia Elétrica de Pernambuco
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CIGS	Disseleneto de cobre, índio e gálio
CIS	Disseleneto de cobre e índio
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GHI	Global Horizontal Irradiation
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias
INMETRO	Instituto Nacional de Metodologia, Qualidade e Tecnologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
LER	Leilão de Energia Reserva
MME	Ministério de Minas e Energia
MPPT	Maximum Power Point Tracking
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PRODIST	Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
SIN	Sistema Interligado Nacional
SFVCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFVI	Sistema Fotovoltaico Independente
SWERA	Solar and Wind Energy Resource Assesmen

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	16
2	DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	17
2.1	GERAÇÃO DISTRIBUIDA	17
2.1.1	Resolução normativa nº 482	18
2.1.2	Resolução normativa nº 687	19
2.1.3	NDU 001, NDU 003 e NDU 013	20
3	ASPECTOS TÉCNICOS DAS INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS	22
3.1	FUNDAMENTOS DA ENERGIA SOLAR	22
3.1.1	Irradiância	23
3.1.2	Irradiação	23
3.1.3	Módulos Fotovoltaicos	23
3.2	LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS	26
4	ESTUDO DE CASO	28
4.1	DIMENSIONAMENTO DA PLANTA FOTOVOLTAICA	28
4.1.1	A irradiação solar	30
4.2	DETERMINAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA ATENDIMENTO DA NECESSIDADE	32
4.3	ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO	33
4.4	INSTALAÇÃO DO SISTEMA NO LOCAL DO CLIENTE	33
4.5	ARRANJO FÍSICO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	36
4.6	ARRANJO ELÉTRICO DA PLANTA FOTOVOLTAICA	36
4.6.1	CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS	41
4.6.2	Características do inversor	42
4.7	INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA	42
4.8	QUANTO AO ATERRAMENTO DO SISTEMA	45
4.9	ATIVAÇÃO E MONITORAMENTO DO SISTEMA	45
4.10	ORÇAMENTO	46
4.10.1	Orçamento do material	47
4.10.2	Custo do projeto	47
4.10.3	Orçamento da mão de obra	47
4.11	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	47
4.12	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO	48
4.13	A INSTALAÇÃO	49

4.14	VISTORIA E HOMOLOGAÇÃO	52
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
6	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXO A — DATA SHEET DO INVERSOR	63
	ANEXO B — DATA SHEET DO PAINEL FOTOVOLTAICO	64

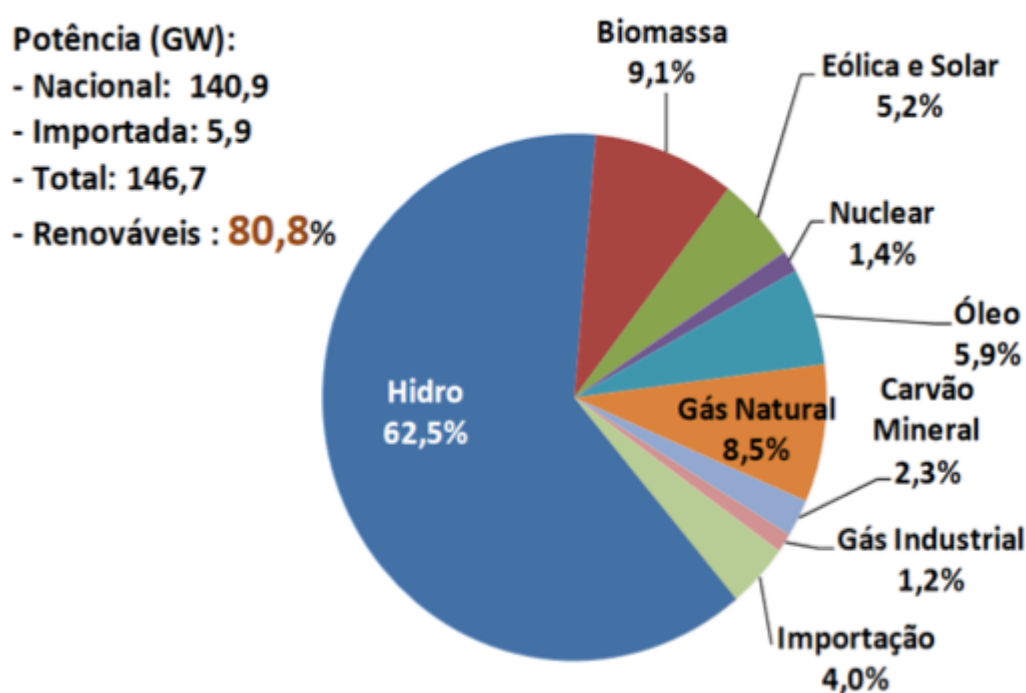
1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais é perceptível a constante busca por fontes alternativas de energia. Nesse contexto, as fontes renováveis se tornam fundamentais no desenvolvimento dos países e na manutenção da qualidade de vida. A energia solar possui um grande aproveitamento tanto de forma indireta como de forma direta, como exemplo o aquecimento de água e produção de energia elétrica respectivamente. No Brasil, por localizar-se entre os trópicos, próximo a linha do equador, ele se beneficia por possuir altos índices de radiação solar, tendo assim um enorme potencial de aproveitamento da energia solar.

Neste trabalho foi apresentada a tecnologia para geração de energia elétrica a partir da Fonte solar. Foram apresentados os conceitos de geração distribuída, que será o principal tema deste estudo de caso.

Segundo a edição publicada em maio de 2016 da Resenha Energética Brasileira (MME, 2017) a matriz energética do país se dispõe como mostra a figura 1, onde verifica-se a supremacia da potência hidráulica, com 66,5% de participação, incluindo a importação. A participação das fontes renováveis fica próxima de 81%, demonstrando a vocação do país para esse tipo de geração (MME, 2016).

Figura 1 - Oferta de potência de geração elétrica brasileira.



Fonte: MME (2017)

Quando ocorre uma alta demanda de energia e uma baixa capacidade da geração por fontes renováveis, é necessária a entrada em operação das usinas

termelétricas, assim temos que o consumidor final, independente de ser um consumidor residencial, comercial ou industrial, sofre com o aumento das tarifas de energia. Segundo o Manual de Tarifação da Energia Elétrica (PROCEL, 2017) os consumidores de energia elétrica são subdivididos em classes que dependem da tensão que o consumidor recebe a energia da rede pública. As classes são divididas em A para os consumidores que recebem energia igual ou superior a 2,3 kV e classe B, que são os consumidores que recebem energia abaixo de 2,3 kV.

As classes A e B se subdividem formando subgrupos que, na classe A, são divididos em níveis de tensão de fornecimento e na classe B são divididos pelas características do consumidor, por exemplo, urbano ou rural. Sendo assim, o aumento na tarifa afeta qualquer classe de consumidor, isso ocorre porque a energia elétrica oriunda de termelétricas é comercializada a preços mais elevados, por ter o custo de produção maior.

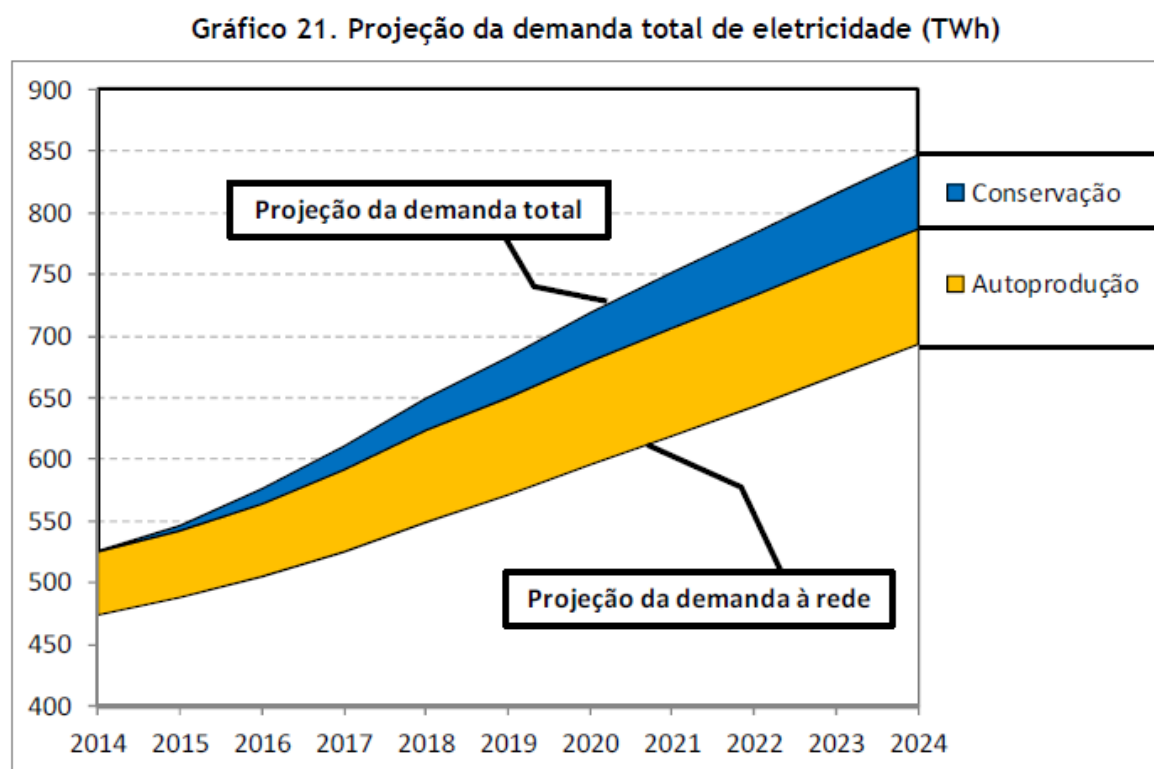
Recentemente, no Brasil, no ano de 2015 foi implantado o regime de tarifação ocorre por meio de bandeiras que regem o valor das tarifas conforme suas cores (ANNEL, 2015). Essas cores são verde, amarela e vermelha e representam as condições de geração de energia elétrica, ou seja, quando estão favoráveis, a tarifa é cobrada em bandeira verde, e quanto mais custosa fica a geração, as bandeiras avançam para amarela e vermelha e assim temos a ocorrência do aumento das tarifas.

O Brasil é um país com enorme potencial para exploração de fontes renováveis de energia. A energia solar fotovoltaica entra como uma forte alternativa para suprir essa alta demanda e ajudar no fornecimento de energia de modo renovável, limpo e ainda com baixo custo de comercialização se comparada com outras Fontes.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) as projeções para o aumento da demanda entre o período de 2014-2024, são de 5,2% ao ano para a classe comercial, seguida da classe residencial (4,3% ao ano), classe industrial (2,9% ao ano) e das outras classes (3,7% ao ano) (EPE, 2016).

A figura 2 ilustra a projeção de aumento da demanda de energia elétrica pela EPE, no período de 2014 a 2024. Percebe-se que em 2014 a autoprodução era suficiente para atender a demanda total, enquanto que a projeção para os anos seguintes, a demanda é crescente e a autoprodução encontra-se num patamar inferior, sem ter capacidade plena para atender à projeção da demanda (EPE, 2016).

Figura 2 - Projeção de demanda de energia elétrica (TWh/ano)



Fonte: EPE (2016)

A geração distribuída¹ no Brasil teve um grande impulso a partir de 2012, quando a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) anunciou a resolução 482 que propõe “estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.” (REN/ANEEL 482/2012).

Essa resolução torna possível a instalação de sistemas geradores de energia fotovoltaica em âmbito residencial, comercial e industrial de pequeno porte sem a instalação de bancos de baterias para armazenamento da energia produzida e não utilizada, mas um sistema que ocorra uma forma de créditos fazendo com que ocorra um barateamento das instalações, pois se elimina o custo das baterias que apresentam pouca vida útil e alto custo de obtenção e manutenção destes equipamentos.

A energia gerada através do sol é indiscutivelmente a de maior vocação para a geração distribuída, facilitando o fornecimento de energia elétrica até mesmo nas

¹ Considera-se geração distribuída toda produção de energia elétrica proveniente de agentes concessionários, permissionários ou autorizados (...) conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de: hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a 75%. (FGV-Energia 2017)

áreas mais remotas (VALOR SETORIAL, 2016).

Grandes empresas como a Apple Inc. já tem mais de 90% de todo seu consumo mundial provido por geração de energia sustentável e a maior parte dessa parcela é oriunda de energia solar (JACKSON, 2016).

Outro fator importante para ser observado é a geração direta e indireta de postos de trabalho, pois esta tecnologia, que ainda cresce constantemente, demanda de um alto nível de mão de obra. Para a instalação de um sistema fotovoltaico é necessária a elaboração de dimensionamentos, projetos, instalação física dos equipamentos e manutenção ao longo dos anos passantes.

Para cada MW instalado por ano, são gerados 30 empregos diretos, ou seja, 1 GW gera 30 mil empregos. O que dá para antever um volume bastante grande de empregos com os leilões contratados até 2018. Isso, sem falar na geração distribuída, um segmento que requer muita mão de obra (Suaia, 2017, p. 1).

Segundo Suaia (2017) a ABSOLAR espera um forte crescimento do setor para os anos seguintes, pois o mercado é crescente e precisa de mão de obra especializada. Com o surgimento de novas Fontes de geração de energia direta e indireta, haverá interessantes oportunidades de emprego.

1.1 OBJETIVOS

Analisar a viabilidade econômica da instalação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede pública instalado em um comércio.

Para tal objetivo serão analisados:

- Condição de potencial solar na região;
- Dimensionamento do sistema de forma a produzir o equivalente à exigência do cliente;
- Orçamento do material e mão de obra para o sistema;
- Desenvolvimento do projeto elétrico da instalação;
- Análise de viabilidade do investimento via payback simples e descontado;

2 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Nesta etapa do desenvolvimento teórico serão comentados os tipos de geração de energia elétrica a partir da radiação solar. As plantas de grande potência instaladas que operam sob as condições de venda de energia em leilões (usinas solares, geração centralizada) além das instalações menores, no conceito de geração distribuída para a população.

Para a análise da viabilidade de investimento do sistema podemos utilizar o VPL que é igual ao valor presente do fluxo de caixa líquido, sendo portanto, um valor monetário que representa a diferença entre as entradas e saídas de caixas trazidas a valor presente. É efetuado com a utilização da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) da empresa como taxa de desconto (SANTOS, 2001, p.155).

O método do payback simples representa o prazo de retorno do investimento inicial, ou seja, é o período de tempo necessário para que as entradas de caixa geradas por um determinado projeto se igualem ao valor do investimento. Método payback descontado que é o payback simples considerando o valor do dinheiro no tempo.

2.1 GERAÇÃO DISTRIBUIDA

Geração distribuída é aquela geração de energia elétrica de menor porte que ocorre, na maioria das vezes, com Fontes de geração de energia alternativas como solar, biogás, PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas), entre outras. A geração distribuída pode ser interligada ao SIN (Sistema Interligado Nacional) ou ser uma unidade independente, com instalação de baterias para armazenamento de energia (LORA; HADDAD, 2006).

Em 2012 a ANEEL elaborou a resolução 482, que viabiliza a produção de energia própria com um sistema de compensação de energia sem fins lucrativos para o cliente gerador. Há transferência de energia do gerador para a rede em casos de produção que exceda o consumo, esse excedente é transformado em créditos que podem ser utilizados quando a unidade geradora não produz energia (período sem sol). A REN 482/2012 será comentada com detalhes no item 3.2.1.

Dessa forma, residências e prédios comerciais podem investir nesses sistemas e reduzir seus gastos com energia elétrica.

A REN 687/2015 da ANEEL complementa a 482/2012 e também será comentada no item 3.2.2.

Segundo a ANEEL (2015), estava estabelecida a Resolução normativa 482, conforme pode ser verificado no (item 3.1.1.) das condições gerais para acesso da

micro e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica no país.

Diante disto, surge uma nova Resolução normativa 687 da ANEEL, trazendo algumas alterações para o uso do sistema micro e minigeração distribuída micro e minigeração distribuídas. Conforme citado no item 3.1.2. (ANEEL, 2015)

Selecione as palavras 'Título de teste', quando abrir a barra de tarefas vá em 'títulos' e clique em Título Secundário. Pronto, você criou um novo título, a numeração, paginação e sumário são feitos automaticamente. Confere lá!

2.1.1 Resolução normativa nº 482

A REN 482 de 17 de abril de 2012, da ANEEL estabelece condições gerais pra o acesso de micro e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2016).

A resolução trata dos sistemas geradores de energia interligados à rede distribuidora de energia elétrica, ou seja, interligada ao SIN.

As categorias são caracterizadas por suas capacidades instaladas, sendo:

- Microgeração – central geradora de energia elétrica de até 100 kWp;
- Minigeração – central geradora de energia elétrica de 100 kWp a 1 MWp.

O sistema de compensação de energia funciona sem fins lucrativos para o detentor da unidade geradora de energia elétrica. Assim a energia ativa excedente do consumo é injetada na rede da distribuidora local por meio de empréstimo gratuito. Essa energia injetada na rede é transformada em créditos na fatura de energia da unidade consumidora ou mesmo de outra unidade consumidora desde que possua Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda.

Antes de se fazer qualquer instalação, um processo burocrático, e ainda complicado, deve ser efetuado entre o consumidor e a concessionária. O procedimento envolve várias etapas que são:

- Solicitação de acesso – essa etapa consta na apresentação do projeto e preenchimento de um documento de solicitação fornecido pela própria concessionária;

- Permissão da concessionária – essa etapa é por parte da concessionária que irá avaliar o projeto proposto pelo consumidor e permitir que ele seja instalado. Caso haja necessidade de mudanças no projeto cabe à concessionária dizer ao consumidor as mudanças cabíveis;

- Processo de instalação – depois de a concessionária emitir o acesso o consumidor pode realizar a instalação;
- Solicitação de vistoria – com as obras e instalações concluídas, o consumidor deve solicitar que a concessionária realize uma vistoria de sua instalação geradora de energia elétrica;
- Vistoria – cabe à concessionária agendar e realizar a vistoria da unidade geradora de energia elétrica;
- Entrega do relatório – assim que realizada a vistoria é entregue um relatório da vistoria para a concessionária;
- Regularização de aspectos técnicos – caso haja alguma mudança a ser feita, o consumidor deve regularizar o que for proposto pela concessionária;
- Aprovar o ponto de conexão – cabe a concessionária aprovar o ponto de conexão entre a unidade geradora de energia elétrica e o SIN;
- Instalação de medidor bidirecional – cabe a concessionária a instalação do relógio medidor bidirecional, equipamento único que realiza a leitura da energia ativa consumida e injetada na rede de distribuição.

A resolução impede que a potência nominal da unidade geradora seja superior à carga instalada, no caso de consumidores do grupo B. No caso de consumidores do grupo A, a potência nominal da instalação fica limitada à demanda contratada.

Com o sistema de compensação de energia elétrica, o valor a ser cobrado na fatura é a diferença entre a energia injetada na rede e a energia consumida da rede. Caso a energia ativa injetada seja maior que a consumida esse excedente se transforma em créditos na fatura de energia elétrica do consumidor e pode ser consumida por outros polos de mesmo CPF ou CNPJ previamente cadastrados. Esses créditos expiram num período de 60 meses.

Quanto à adequação do sistema de medição, que é realizado pelo equipamento chamado relógio bidirecional, cabe a concessionária pagar pela troca do medidor, ficando a cargo do interessado possíveis adequações no padrão de medição caso este esteja inadequado.

2.1.2 Resolução normativa nº 687

A REN 687 de 24 de novembro de 2015, da ANEEL entrou em vigor em de março de 2016. Ela altera alguns pontos da REN 482/2012. As principais alterações são as seguintes:

- I. Estabelecimento das modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada;
- II. Possibilidade de compensação de crédito entre matrizes e filiais;

- III. Sistemas de geração distribuída condominiais (pessoa física e jurídica);
- IV. Ampliação da potência máxima de 1 MWp para 5 MWp;
- V. Ampliação da duração dos créditos de 36 meses para 60 meses;
- VI. Redução dos prazos burocráticos entre o interessado e a concessionária;
- VII. Padronização dos formulários de pedido de acesso em todo território nacional;
- VIII. Submissão e acompanhamento de novos pedidos via internet a partir de 2017.

Os pontos acima representam o resumo do que a nova resolução que rege os sistemas fotovoltaicos conectados à rede traz de novidades quanto a resolução que está em vigor (ENERGY GREEN, 2015).

2.1.3 NDU 001, NDU 003 e NDU 013

A Norma de Distribuição Unificada (NDU 001) segue as Normas Técnicas da (ABNT), de acordo com as diretrizes necessárias para execução e instalação em unidades de baixa tensão de energia. De acordo com as Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (NDU 001, 2017).

- I. NBR 9050 – Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos;
- II. NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- III. NBR 8182 – Cabos de Potência Multiplexados Autossustentados com Isolação Extrudada de PE ou XLPE, Para Tensões até 0,6/1 kV – Requisitos de Desempenho;
- IV. NBR 15465 – Sistemas de Eletrodutos Plásticos Para Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Requisitos de Desempenho (Norma Inicial 6150);
- V. NBR 5624 - Eletroduto Rígido de Aço-Carbono, Com Costura, Com Revestimento Protetor e Rosca ABNT NBR 8133 — Requisitos;
- VI. NBR 13534 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Requisitos Específicos Para Instalação em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde;
- VII. NBR NM-280 - Condutores de Cabos Isolados (IEC 60228, MOD);
- VIII. NBR-5419- Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas;
- IX. NBR IEC 60497-2 – Dispositivo de Manobra e comando de baixa tensão Disjuntores;
- X. NBR IEC 60898 - Disjuntores Para Proteção de Sobrecorrentes Para Instalações Domésticas e Similares;
- XI. NBR 6150 - Eletroduto de PVC Rígido;
- XII. NBR 10676 - Fornecimento de Energia a Edificações Individuais em Tensão Secundária — Rede de Distribuição Aérea;
- XIII. NBR 13534 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Requisitos Específicos Para Instalação em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde;
- XIV. NBR13570 - Instalações Elétricas em Locais de Afluência de Público – Requisitos Específicos;
- XV. NBR 15688 - Redes de Distribuição Aérea de Energia Elétrica Com Condutores Nus.

A Norma de Distribuição Unificada (NDU 003, 2017) tem o objetivo de estabelecer as regras e as recomendações necessárias para execução dos projetos de instalação nas unidades consumidoras, podendo assim, possibilitar energia elétrica agrupada ou múltipla pela ENERGISA. Esta unidade é definida com os

seguintes padrões de instalação, como: alimentador principal; alimentador secundário; aterramento; caixa de medição; caixa de passagem; carga instalada; centro de medição; concessionária ou permissionária; consumidor; demanda e edificação. Todas as normas tem a função de garantir energia e a instalação de energia solar de qualidade.

Os critérios para conexão dos clientes que estão adquirindo a energia de geração distribuída ao sistema de distribuição da Norma de Distribuição Unificada (NDU 013) têm como finalidade de:

Estabelecer padrões e procedimentos de acesso, critérios técnicos e operacionais e o relacionamento operacional envolvido na conexão de consumidores, atendidos em baixa tensão, que utilizem cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, observando as exigências técnicas e de segurança recomendadas pela ABNT, e em conformidade com as prescrições vigentes nos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) e nas Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (NDU, 013, 2017, p.8) .

A Norma de Distribuição Unificada (NDU 013) segue rígidos padrões de projetos dentro dos critérios técnicos e de relacionamento operacional, juntamente com a junção de consumidores a serem atendidos com a energia de baixa tensão que possibilite a adesão por um sistema de compensação de energia eficiente e de qualidade.

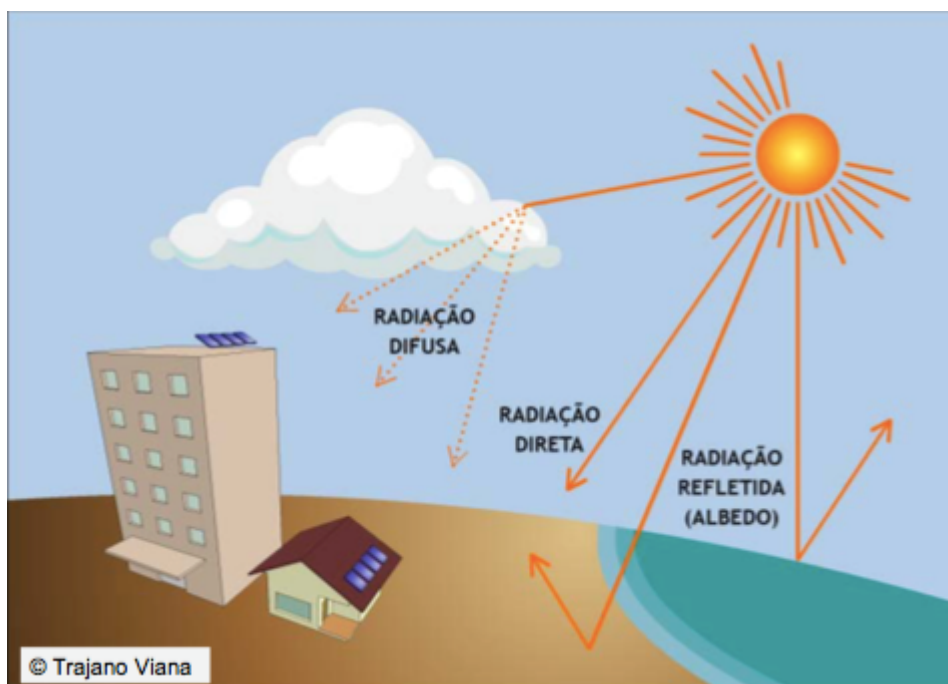
3 ASPECTOS TÉCNICOS DAS INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

3.1 FUNDAMENTOS DA ENERGIA SOLAR

A energia solar é toda a radiação proveniente do sol que chega à Terra. A radiação solar é composta de três componentes chamados de radiação direta, radiação difusa e radiação de albedo.

A figura 3 ilustra as três componentes da radiação solar. A radiação direta é caracterizada pela radiação que não sofre nenhuma interferência desde sua emissão, pelo sol até a superfície terrestre. A radiação difusa é aquela que sofre interferência de nuvens, por exemplo, e se dividem até atingir a superfície da terra. Por fim a radiação de albedo é aquela radiação que, ao encontrar a superfície terrestre, ela é refletida (VIANA, 2015).

Figura 3 - Radiação solar e seus componentes



Fonte: VIANA (2015)

A radiação solar deve ser medida e dimensionada em forma de potência instantânea conhecida como irradiância expressa em watt por metro quadrado (W/m^2) e a energia proveniente medida em Watt-hora por metro quadrado (Wh/m^2) é conhecida como irradiação (FORTES et al., 2013).

3.1.1 Irradiância

Segundo Fortes et al. (2013) a irradiância é a potência instantânea medida em W/m^2 absorvida por uma superfície plana. A irradiância é dividida em duas classificações que são:

- Irradiância global: é a soma das irradiâncias direta e difusa, coletada por uma unidade de área com superfície horizontal plana;
- Irradiância total: é a soma das irradiâncias direta, difusa e de albedo, coletada por uma unidade de área de uma superfície plana com uma inclinação qualquer.

3.1.2 Irradiação

A irradiação é o somatório da irradiância em um intervalo de tempo, expressando a energia da radiação solar medida em Wh/m^2 . A irradiação anual de uma região normalmente apresenta a unidade $kWh/m^2/ano$. Assim como a irradiância, a irradiação também é dividida em dois tipos com características idênticas as características das divisões da irradiância, sendo (FORTES, et al. 2013):

- Irradiação global: é a soma da irradiação direta e difusa integrada durante um intervalo de tempo e coletada por uma superfície horizontal plana, medida em $Wh/m^2/\"tempo\"$;
- Irradiação total: é a soma de todas as componentes da radiação solar em um intervalo de tempo coletadas por uma superfície plana de inclinação qualquer medida em $Wh/m^2/\"tempo\"$. Sendo assim o local com a menor variabilidade e maior radiação é a melhor escolha para a instalação da planta fotovoltaica.

3.1.3 Módulos Fotovoltaicos

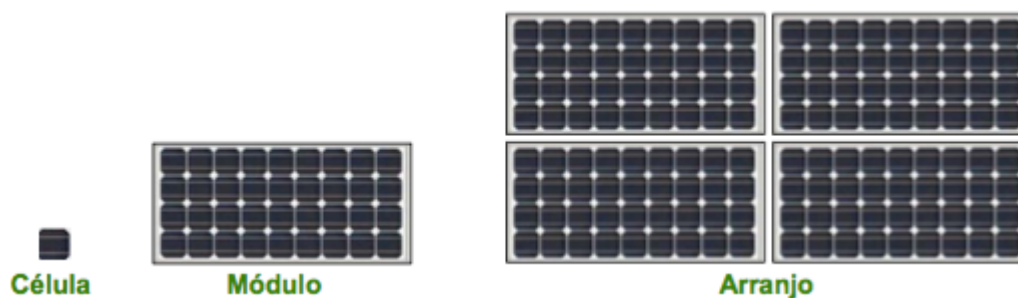
A energia renovável no país, segundo Ministério de Minas e Energia (2017) o país assinou compromisso com a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP 21) em 2015. Com isso, houve um aumento de 33% de energia renovável até 2030. Com intuito de diminuir a energia elétrica para 23% até o ano de 2030.

O módulo fotovoltaico é o componente dos SFVCR, composto por células fotovoltaicas, que faz a conversão da energia solar (fótons) diretamente em energia

elétrica, por meio de um efeito conhecido como efeito fotovoltaico, que produz tensão elétrica contínua.

Como se pode ver na figura 4 o módulo é um conjunto de células fotovoltaicas conectadas eletricamente em série e encapsuladas. O arranjo consiste em módulos eletricamente interligados em série/paralelo conforme exigência e características de projeto.

Figura 4 - Célula, módulo e arranjo fotovoltaico.

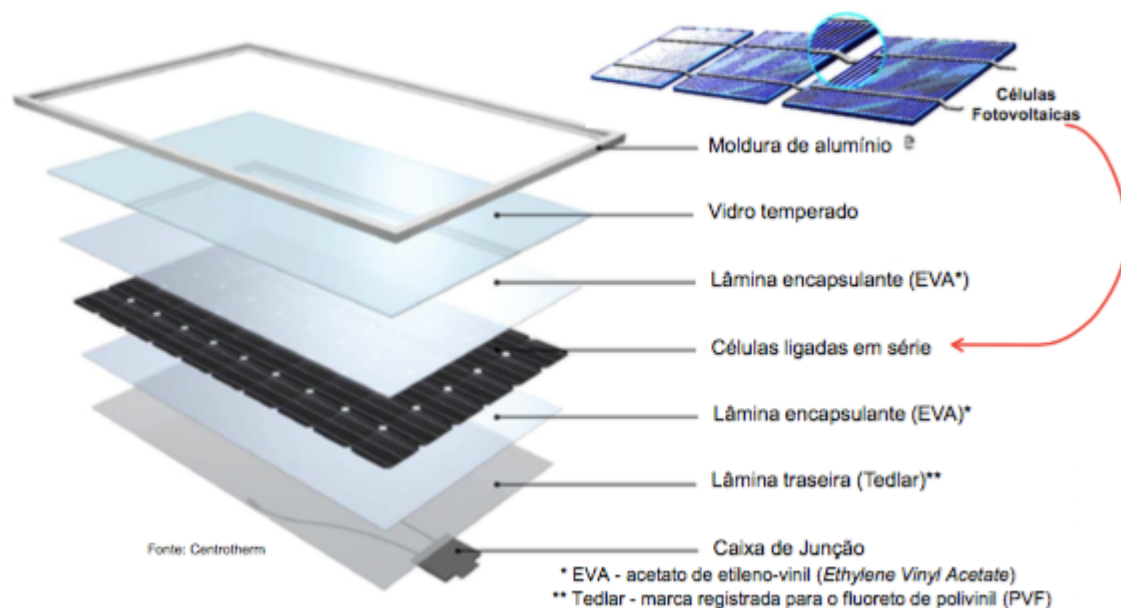


Fonte: VIANA (2015)

O módulo passa por um processo de encapsulamento que consiste em compor uma “caixa” que protege as células do modulo fotovoltaico. Assim o módulo completo é composto por uma moldura de alumínio, vidro temperado, lâmina encapsulante, as células fotovoltaicas conectadas em série, outra lâmina encapsulante, lâmina traseira e a caixa de junção. (GLOBO BRASIL, 2016).

A figura 5 mostra o módulo fotovoltaico em uma ilustração expandida, mostrando claramente cada um dos componentes comentados acima.

Figura 5 - Composição de um módulo fotovoltaico



Fonte: VIANA (2015)

Os módulos fotovoltaicos comercializados em 2016, ano em que o sistema de energia solar fotovoltaico está sendo estudado, estava sendo utilizado 60 células e dimensões de 1000x1650 mm e suas potências de pico estão na faixa de 200 W até 280 W dependendo do fabricante.

As características dos módulos fotovoltaicos são medidas nas condições padrão de ensaio, STC (Standard Test Conditions), e especificadas pelo fabricante na etiqueta do módulo.

A STC tem as seguintes características:

- Irradiação de 1000 W/m²;
- Temperatura de 25 °C;
- Espectro solar com massa de ar de 1,5.

As principais características dos módulos fotovoltaicos são:

- Tensão de circuito aberto (V_{oc});
- Corrente de curto-circuito (I_{sc});
- Tensão no ponto de máxima potência (V_{mp});
- Corrente no ponto de máxima potência (I_{mp});
- Potência máxima ou nominal (P_{mp});
- Carga suportada ou resistência mecânica (Pa).

A potência máxima é a chamada potência de pico e é a principal característica na comercialização dos módulos fotovoltaicos. Podemos calcular a potência de pico de um módulo fotovoltaico pela seguinte equação 1.

Equação 1 - Cálculo da potência pico do módulo fotovoltaico

$$P_{mp} = I_{mp} \cdot V_{mp} \rightarrow W_p \text{ (watt pico)}$$

Fonte: O autor (2018)

O INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) é o órgão responsável pela certificação dos módulos fotovoltaicos no Brasil. Só podem ser comercializados módulos certificados. Cabe ao fabricante apresentar certificações da qualidade e das características dos módulos, emitidas por institutos acreditados, que tem por base a realização de testes estipulados em normas.

Como exemplo de comercializadores de módulos fotovoltaicos no mercado brasileiro de energia solar citam-se os fabricantes Canadian Solar (empresa canadense), a Aleo Solar (empresa alemã), a Yingli Solar (empresa chinesa) e a Pure Energy, que foi a primeira empresa a montar uma fábrica de módulos fotovoltaicos no Brasil com financiamento do BNDES, situada no estado de Alagoas. A empresa traz o know-how da holding italiana BMS e a montadora Regran, que trabalha diretamente com implantações solares dos mais variados tamanhos. E ainda a Cerutti Engenharia, empresa alagoana atuante no mercado de engenharia civil a mais de quinze anos no Brasil.

3.2 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

O sistema fotovoltaico segue vários parâmetros como o diagrama unifilar, os equipamentos e materiais do projeto dentro das recomendações dos seguintes documentos e normas:

- Módulo 3 (PRODIST – Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional) – Acesso ao sistema de distribuição – Seção 3.7;
- Módulo 8 (PRODIST) – Mód. 8 da Resolução n° 395 de 2009 da ANEEL;
- ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão;
- ABNT NBR IEC 62116 – Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica;
- ABNT NBR IEC 16149 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede de distribuição;
- ANEEL RESOLUÇÃO n° 414/2012 – Condições gerais de fornecimento de energia elétrica;
- ANEEL RESOLUÇÃO n° 517/2012 – Alteração na REN 482/2012 e no

Módulo 3 do PRODIST;

- ABNT NBR 16150 – Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade;

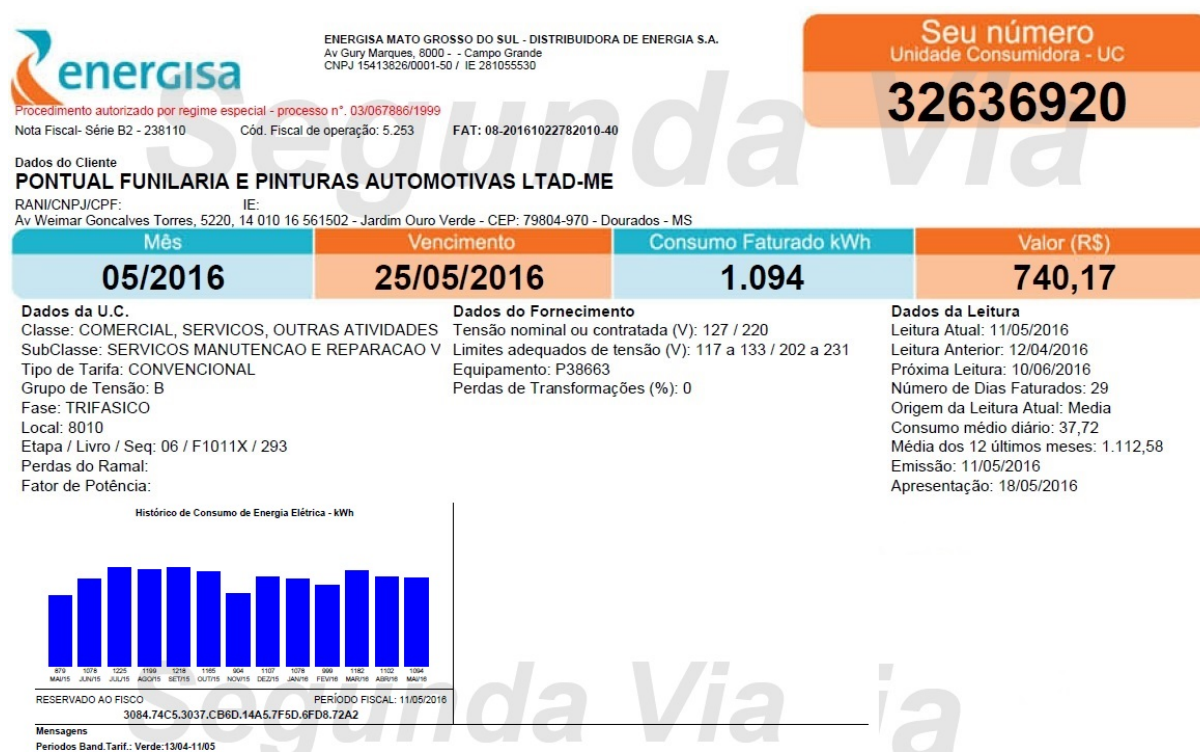
- GED 15303 – Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

4 ESTUDO DE CASO

Nesta etapa do trabalho será demonstrada toda a forma de dimensionamento da planta fotovoltaica, analisando o dimensionamento, MPPT, instalação e viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico de 20,28 kwp conectado à rede numa empresa na cidade de Dourados – MS.

Por meio, da fatura de energia do cliente, conforme figura 6 em que foi utilizada para o dimensionamento do sistema. Esta fatura foi a última paga em agosto de 2016, pelo consumidor, antes de instalar o sistema fotovoltaico.

Figura 6 - Fatura de energia elétrica



Fonte: ENERGISA (2018)

4.1 DIMENSIONAMENTO DA PLANTA FOTOVOLTAICA

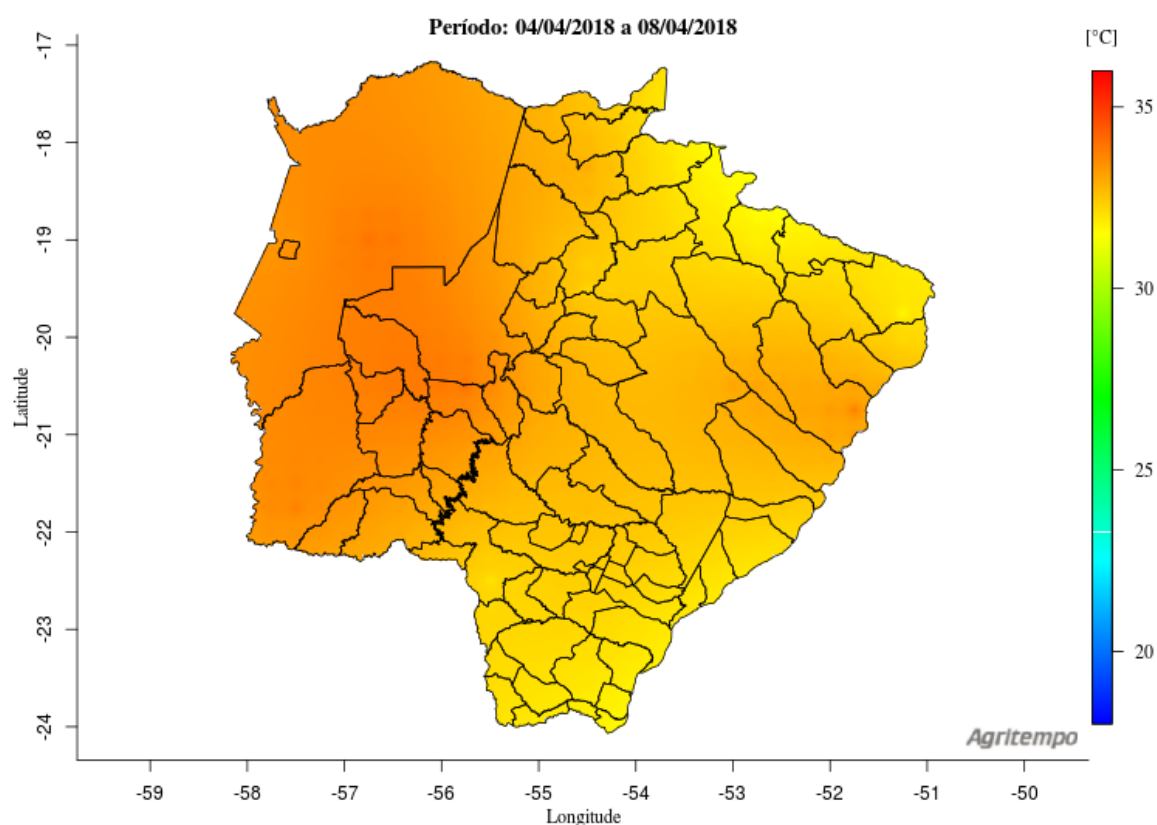
Segundo Lessa e Barbosa (2015) o Brasil se beneficia dos altos índices de radiação solar devido à sua localização entre os trópicos próximos à linha do Equador. Com isso, possui um grande potencial de aproveitamento de energia solar. Porém, seu dimensionamento ainda é baixo, está entre 0,4% no uso de energia nas residências.

Neste estudo de caso será descrito a instalação de um sistema SFVCR em um comércio na cidade de Dourados-MS, em que suas coordenadas geográficas

têm como Latitude de $-22,220271^\circ$ e a Longitude de $-54,815825^\circ$.

Fatores climáticos, como precipitação e temperatura, têm grande influência no sistema de energia fotovoltaico, assim como as variáveis como altitude, longitude e latitude. Com relação a temperatura externa devido a construção das células quanto maior o valor da temperatura maior a influência negativa na eficiência dos módulos. Com relação à altitude, nota-se que quanto maior a altitude menor é a temperatura da região, e quanto menor a altitude, mais quente. Isto decorre basicamente por que os raios solares ao incidirem sobre a terra apresentam certo comprimento de onda, e ao refletirem de volta para o espaço apresentam um comprimento de onda diferente. Conforme pode ser observado na figura 7. (AGRITEMPO, 2018).

Figura 7 - Temperatura máxima (latitude e longitude)



Fonte: AGRITEMPO (2018)

Dessa forma, nas baixas altitudes o ar é mais denso e por isso tem maior capacidade de acumular calor, enquanto que em altas altitudes, o ar é mais rarefeito e possui menor capacidade de armazenar calor. A altitude é tão importante para a determinação da temperatura que mesmo em áreas de baixa latitude, podem-se

encontrar montanhas com neve.

Diante disto, será apresentado o dimensionamento do sistema de geração solar fotovoltaica, dos custos dos equipamentos, a mão-de-obra, o cronograma de implementação do projeto e o cálculo de amortização (payback descontado) de uma empresa de Dourados-MS.

A população mundial e brasileira vem se preocupando a cada ano que passa, com o alto consumo dos recursos naturais para a produção de energia elétrica. Junto a isso, devido ao altíssimo valor de taxa de KWh pago por energia elétrica, o consumidor individual tem buscado uma alternativa para melhorar todo esse sistema tornando-o mais sustentável e viável (LESSA; BARBOSA, 2015, p. 01).

Nota-se a necessidade pela busca de alternativas sustentáveis para a preservação do meio ambiente. Entretanto, Moreira e Silva (2013, p. 3) relatam que as áreas devem ser mantidas, a título de Reserva Legal, que tem como função quatro categorias principais, definida por De Groot (1992 apud MOREIRA; SILVA, 2013, p. 3) como:

- Regulação - regular os processos ecológicos essenciais, contribuindo para a saúde do ambiente e sustentabilidade ambiental e econômica de uma região;
- Suporte - decorre da capacidade de prover espaço e substrato adequado para atividades humanas;
- Produção - decorrente da capacidade de prover recursos para o uso industrial, diferentes Fontes de energia e recursos genéticos;
- Informação - decorre da capacidade de contribuir para a manutenção da saúde mental, provendo oportunidades de conhecimento de belezas cênicas e do valor histórico.

O sistema de energia fotovoltaico tem como intuito proteger o meio ambiente das perdas irreversíveis ao ecossistema, além, da perda da qualidade de vida, identidade, cultural e de desenvolvimento científico. Sendo assim, a Reserva Legal (RL) apresenta uma excelente opção para preservação da biodiversidade, em relação aos ambientes de grande expansão de energia solar na região Centro-Oeste.

4.1.1 A irradiação solar

Segundo Pereira et al. (2006), os dados da irradiação local podem ser recolhidos com precisão usando uma ferramenta de software, o SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assesment) desenvolvida pela NREL (National Renewable Energy Laboratory).

Sendo assim, para extrair informações do software deve-se selecionar a localidade onde se deseja conhecer a irradiação. No caso deste estudo na cidade de Dourados, escolher qual o tipo de irradiação que se deseja auferir, neste caso o escolhido foi a opção GHI (Global Horizontal Irradiation) e INPE High Resolution que corresponde às captações de satélites do INPE.

Optou-se por este software, devido ele apresentar dados coletados de um satélite utilizado pelo INPE e ser ofertado de forma gratuita na internet. A Embrapa Agropecuária Oeste, situada na cidade de Dourados possui um banco de dados e fornece um histórico de dados de radiação líquida a partir do ano de 2001. Conforme figura 8.

Figura 8 - Dados de irradiação na Cidade de Dourados MS

Dados Radiasol 2 - DOURADOS					
Mês	Globla	Direta	Difusa	Inclinada	
1	5,59	2,65	2,85	5,3	
2	5,35	2,81	2,55	5,31	
3	5,21	2,82	2,53	5,52	
4	4,46	2,78	1,93	5,05	
5	4,05	2,56	1,81	4,91	
6	3,52	2,26	1,59	4,44	
7	3,88	2,57	1,66	4,82	
8	4,13	2,5	1,89	4,81	
9	4,13	1,85	2,47	4,51	
10	5,48	2,87	2,69	5,61	
11	6,07	3,16	2,85	5,8	
12	5,74	2,66	2,98	5,35	
Media	4,80	2,62	2,32	5,12	
		IDEAL			
		20°			
Temperatura Máxima					31

Fonte: Radiasol (2018)

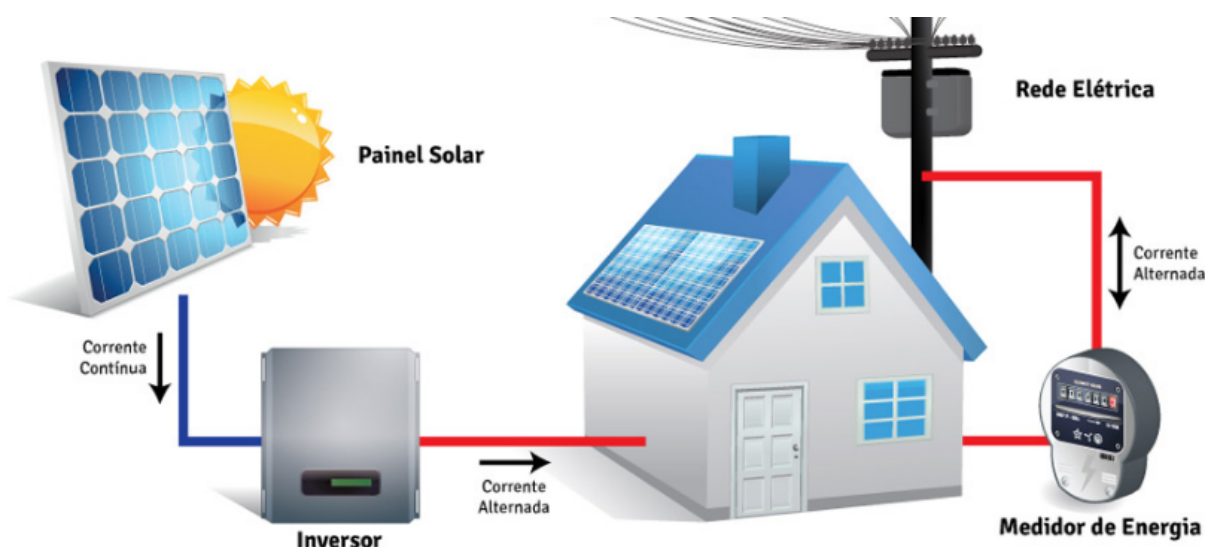
Os dados fornecidos pelo programa Radiasol, demonstram que a irradiação do local da instalação apresenta tanto a irradiação média anual quanto a irradiação

média mensal, ambas expressas em kWh/m²/dia. A irradiação utilizada para o dimensionamento da planta fotovoltaica foi a média anual local que é de 5,12 kWh/m²/dia. Assim, a variação mensal da irradiação será compensada pelo sistema de compensação de créditos (item 3.2.1).

4.2 DETERMINAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA ATENDIMENTO DA NECESSIDADE

Para determinar os equipamentos no atendimento à necessidade de cada cliente deve-se escolher, primeiramente, os equipamentos antes do dimensionamento para que não ocorram erros na quantidade dos materiais a serem utilizados. As dimensões e eficiências nos dados concretos dos materiais fornecem resultados positivos e práticos na hora da instalação da energia solar. A figura 9 apresenta um sistema fotovoltaico conectado à rede com todos os dispositivos necessários para o funcionamento.

Figura 9 - Ilustração de um sistema fotovoltaico On Grid



Fonte: Exatel (2017)

Segundo o Ministério da Fazenda (2017) a determinação e escolha dos equipamentos devem seguir várias características comerciais, como os módulos fotovoltaicos que são equipamentos que contam com isenção de impostos (ICMS e IPI), mesmo sendo efetuado na compra individual. Para que seja mais viável ao cliente, deve-se procurar um fornecedor que tenha o kit mais completo possível, e que entregue todos os elementos necessários para a montagem do sistema fotovoltaico. Dessa forma, podem-se conseguir equipamentos com isenção de ICMS

e IPI, que podem chegar a 25% do valor total dos produtos. Essa isenção está legalizada pelo Convênio ICMS 101/97.

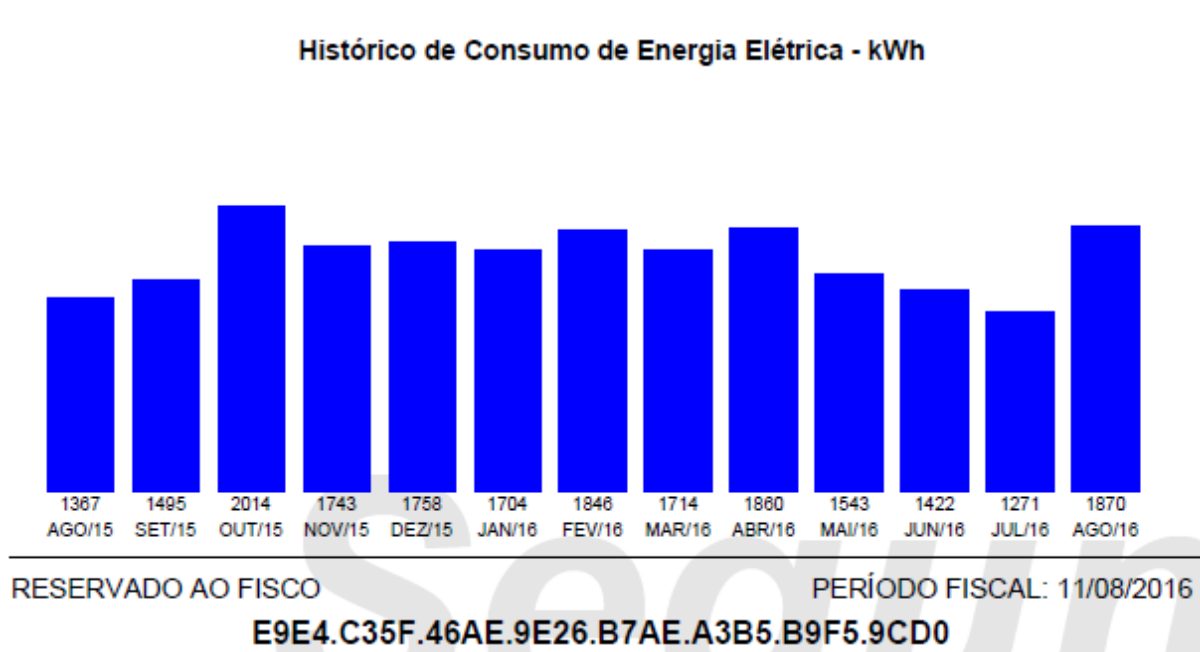
4.3 ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO

O estudo de viabilidade para implantação do sistema fotovoltaico é o projeto de estudo da instalação dos módulos solares, como o orçamento do custo do projeto que deverá ser desembolsado pelo cliente logo no início da implantação do sistema fotovoltaico. O estudo de viabilidade fornece subsídios ao cliente do quanto o sistema fotovoltaico é econômico e se valerá o investimento pelo Sistema On Grid, usando técnicas de análise de investimento, Payback Descontado (LESSA; BARBOSA, 2015).

4.4 INSTALAÇÃO DO SISTEMA NO LOCAL DO CLIENTE

Pinho e Galdino (2015) relatam que a instalação de um sistema fotovoltaico se faz pelo consumo anual do interessado. Conforme apresentado na Figura 10, o consumo anual da unidade consumidora, possuindo o consumo de 20.240,0 kWh/ano.

Figura 10 - Consumo anual da unidade consumidora



Fonte: ENERGISA (2018)

O consumo anual da unidade consumidora é de 20.240,00 kWh/ano, portando para determinar a quantidade de módulos a serem instalados para suprir tal demanda, devemos transformar o valor da irradiação média anual de 5,12 kWh/m²/dia (dado obtido através do Radasol) para a unidade kWh/módulo/ano. Para isso utilizam-se as características mecânicas e elétricas do módulo CS6P-260P, modelo disponível para compra no fornecedor, mostradas no Anexo B.

- Dimensões: 1638 x 982 x 40 mm, resultando em 1,608516 m²;
- Eficiência: 16,16%;
- Potência: 260 W.

Deve-se ainda considerar um fator de perdas gerais do sistema, ou seja, perdas no inversor, nos conectores, no cabeamento, etc. (CARNEIRO, 2009). Quando os módulos são instalados com face norte essas perdas são consideradas de 20% (fator 0,8).

Com isso, abaixo descreve sobre o cálculo dos módulos a serem instalados, conforme equação 2:

Equação 2 - Cálculo de módulos a serem instalados

$$I = I_r \times A_{mód} \times \eta_{mód} \times FPG \times 365$$

Fonte: O autor (2018)

Pode-se dizer que:

I_r : irradiação, obtida através do software SWERA [kWh/(m²/dia)];

$A_{mód}$: área do módulo utilizado [m²];

$\eta_{mód}$: eficiência do módulo utilizado [%];

FPG: fator de perdas gerais do sistema;

365: constante, que corresponde à quantidade de dias no ano.

Sendo assim, podemos afirmar que:

Equação 3 - Cálculo dos módulos

$$I = 5,12 \text{ kWh/m}^2/\text{dia} \times 1,6085 \text{ m}^2 \times 0,1616 (\%) \times 0,8 (\text{perdas}) \times 365 \text{ dias}$$

$$I = 388,6 \text{ kWh/módulo/ano}$$

Fonte: O autor (2018)

Obtendo o valor da irradiação média anual e a demanda de energia elétrica que deve ser suprida pela fonte de geração fotovoltaica, conforme equação 4:

Equação 4 - Quantidade de módulos

$$\text{Qtde de módulos} = \frac{\text{Consumo anual [kWh/ano]}}{\text{Irradiância anual [kWh/módulo/ano]}}$$

Fonte: O autor (2018)

Para obtenção dos dados da equação 4, utiliza-se o somatório dos valores de consumo mensal o resultado da irradiância anual, calculado através da equação 3

O cálculo da quantidade de módulos é feito como segue:

Equação 5 - Quantidade de módulos

$$\text{Qtde de módulos} = \frac{20240}{388,6}$$

$$\text{Qtde de módulos} = 52,08 \approx 52 \text{ módulos}$$

Fonte: O autor (2018)

Um dado importante para este dimensionamento é que o cliente informou que gostaria de um aumento na produção. Pois, existia previsões futuras de aumento de consumo, sendo assim foi acrescentado 7000kWh/ano, tendo assim a nova quantidade de módulos fotovoltaicos.

Equação 6 - Quantidade de módulos

$$\text{Qtde de módulos} = \frac{27240}{388,6}$$

$$\text{Qtde de módulos} = 70,09 \approx 70 \text{ módulos}$$

Fonte: O autor (2018)

A partir do cálculo da equação 4, foi feita uma análise dos dados dos equipamentos fornecidos pela SICES Brasil e verificou-se que é possível fazer uma instalação com 70 módulos Canadian Solar modelo CS6P-260P e 1 inversor da fabricante Fronius Symo 20, stringbox 4 entradas e 2 saídas, assim a instalação teria capacidade de 18,20 kWp gerando 27.202 kWh/ano, atendendo completamente a demanda do consumidor (SICES, 2016).

O comércio do cliente possui sistema de energia trifásico que tem taxa de disponibilidade de 100 kWh, representando o mínimo que ele irá pagar caso gere o equivalente ao seu consumo. Valor este que deve ser descontado do consumo total

para evitar que o sistema gere energia desnecessária.

4.5 ARRANJO FÍSICO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Para determinar a orientação e angulação dos módulos foi seguido o princípio da latitude local, como sugere a maioria dos pesquisadores (VIANA, 2016; SOLARIZE, 2016; MARINOSKI, 2004; PINHO; GALDINO, 2015).

No caso de instalações de médio porte, a angulação dos módulos acaba acompanhando a angulação do telhado onde eles serão instalados.

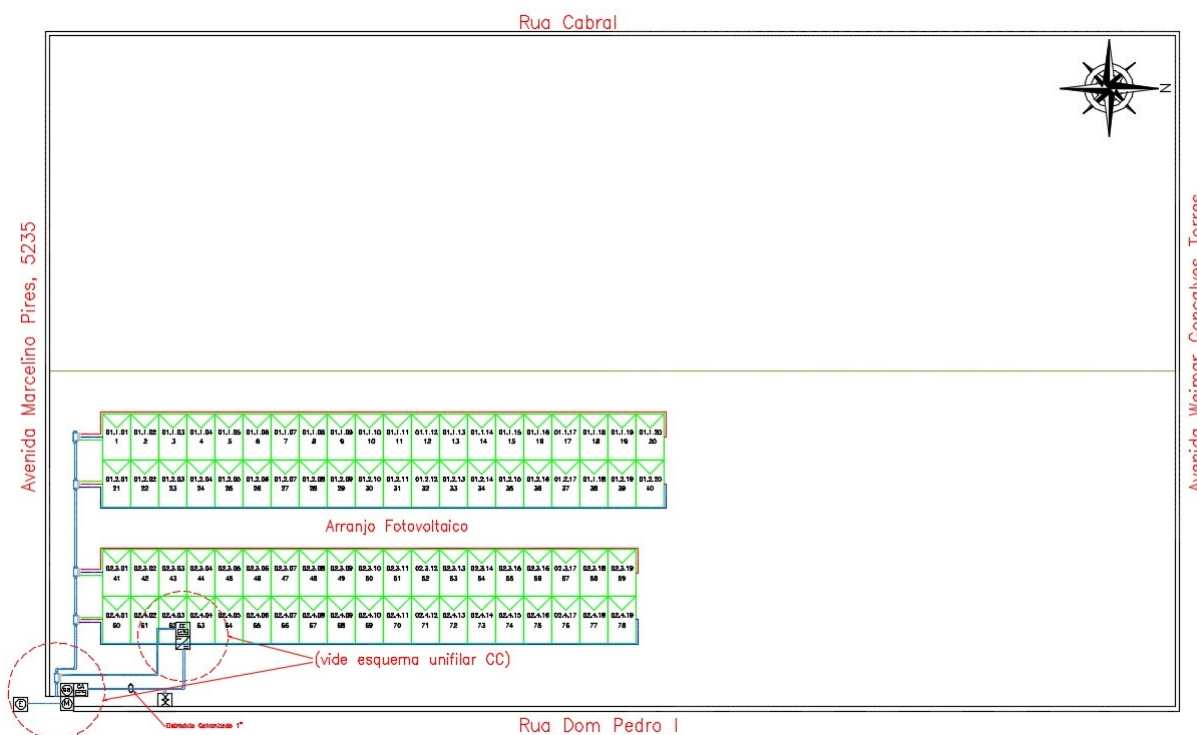
4.6 ARRANJO ELÉTRICO DA PLANTA FOTOVOLTAICA

Os módulos fotovoltaicos podem ser associados tanto em série quanto em paralelo, devendo sempre começar a associação em série. O que rege a quantidade de módulos que podem ser associados em série são as características de tensão máxima de entrada admitida pelo inversor que pode ser observado na figura 11. (FIGUEIRA, 2014).

Nesta instalação foram conectadas duas strings de 20 módulos utilizando a entrada MPPT 1 do inversor.

Nesta instalação foram conectadas duas strings de 19 módulos utilizando a entrada MPPT 2 do inversor. Conforme figura 11.

Figura 11 - Arranjo elétrico da planta fotovoltaica



Fonte: Autor (2016)

Sabe-se que no arranjo em série conserva-se a corrente e somam-se as tensões e no arranjo em paralelo soma-se as correntes e conservam-se as tensões, basicamente.

No inversor Symo 20 temos entrada para seis strings e dois MPPTs, isso significa que ele suporta três strings de módulos por MPPT possuindo o coordenador de máximo ponto por string de forma individual para otimizar a produção de energia. É aconselhável que, ao dividir os módulos em strings, devemos colocar uma quantidade igual de módulos em cada string evitando que a string de menor quantidade de módulos (menor tensão) funcione como carga para a string com maior quantidade de módulos (maior tensão), ou seja, ao invés da corrente das duas strings entrarem no inversor, parte dela fluirá da string de maior quantidade de módulos para a de menor quantidade de módulos, limitando a potência do conjunto. Assim, como a planta contém 70 módulos podemos conectá-los em duas strings de 20 na MPPT 1 e duas strings de 19 módulos na MPPT 2.

Ainda devemos verificar se essas strings atendem às características elétricas do inversor, conforme equação 7.

Equação 7 - Tensão string inversor

$$V_{string} = N_{mód} \times VOC_{mód}$$

Fonte: O autor (2018)

Conforme equação, que segue:

V_{string} : tensão da string [Vcc];

$N_{mód}$: número de módulos na string;

$[Voc]_{mód}$: tensão de circuito aberto do módulo [Vcc].

Aplicando os dados na equação 7:

Equação 8 - Tensão string inversor

$$V_{string} = 20 \times 37,5 = 750 Vcc$$

$$V_{string} = 19 \times 37,5 = 712,5 Vcc$$

Fonte: O autor (2018)

Uma string é composta pela associação em série de módulos fotovoltaicos. Para conhecer sua corrente basta recorrer ao catálogo do módulo e buscar pela corrente de curto circuito do módulo (geralmente nos catálogos encontra-se o termo “short-circuit current”), para o módulo CS6P-260P temos:

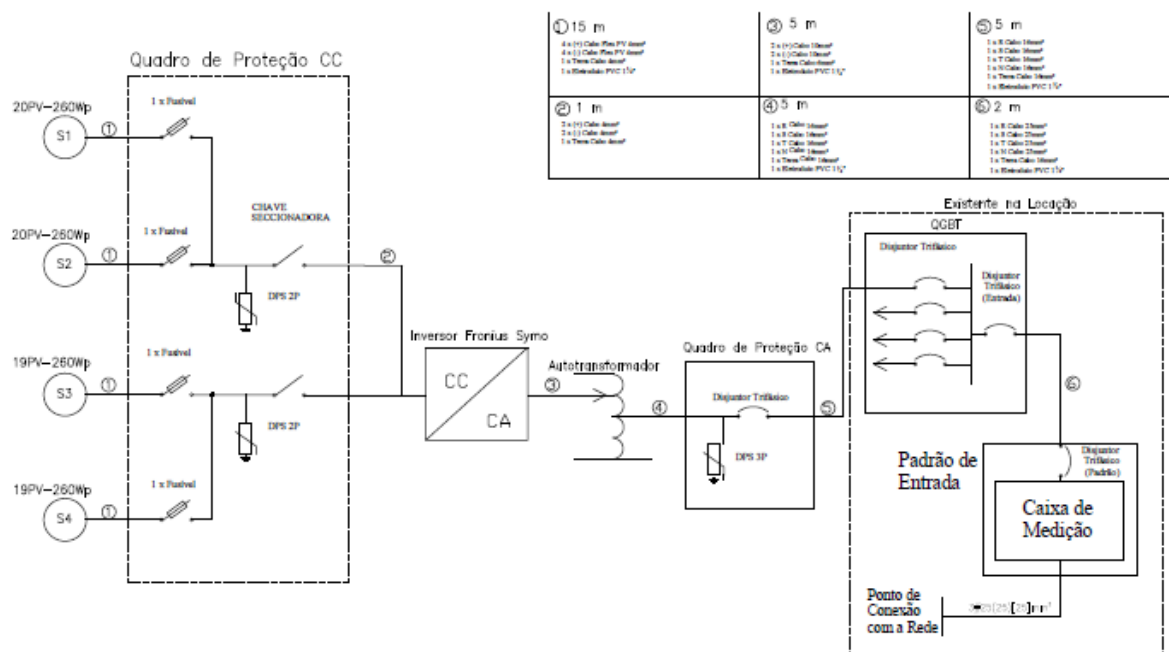
$$I_{string} = 9,12A$$

A equação 7 mostra que as strings respeitam os parâmetros do inversor sendo a tensão da string maior que a tensão de partida, abaixo da máxima tensão de entrada CC e ainda dentro da faixa de operação dos MPPTs do inversor. Todas essas características estão no anexo A.

Quanto à corrente, o String Box que será instalado é de duas strings, ou seja, ele tem entrada para duas strings e proteção de corrente com chave fusível para ambos. Esses fusíveis são de 15 A (máximo conforme visto no anexo A).

A figura 12 ilustra o diagrama elétrico unifilar CC da instalação, com todos os equipamentos e dispositivos de proteção onde a característica da energia gerada é de corrente contínua e corrente alternada.

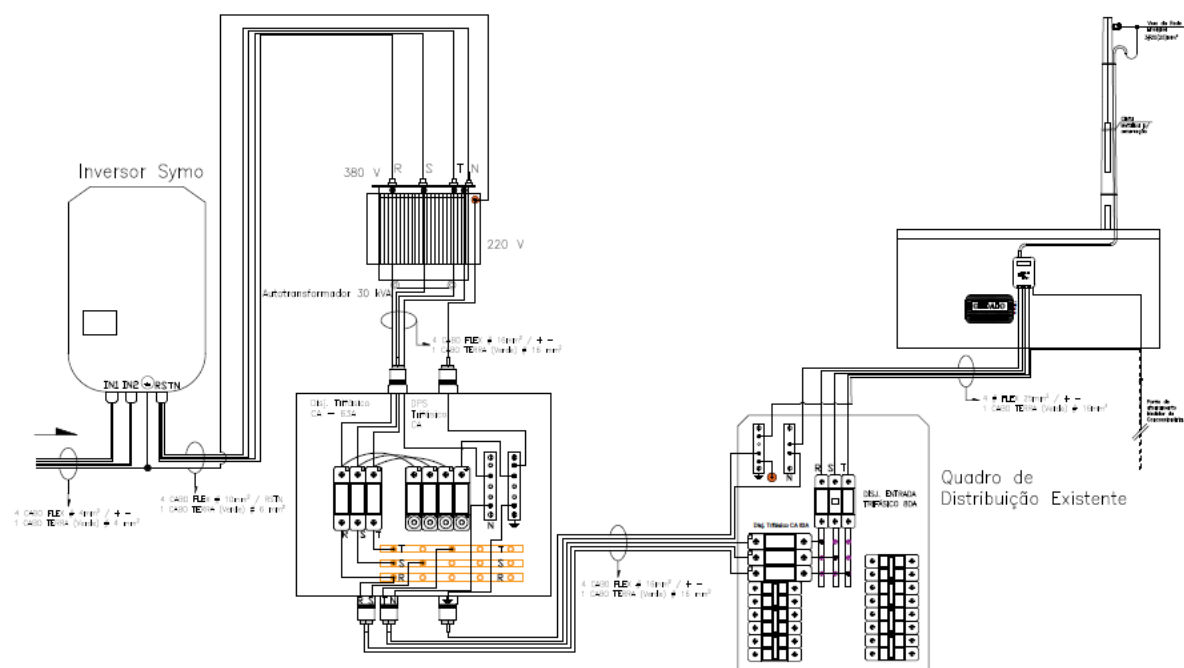
Figura 12 - Diagrama Unifilar do sistema fotovoltaico, lado corrente contínua



Fonte: Autor (2016)

A figura 13 ilustra o Diagrama Multifilar (CA) de 20,28 kWp da instalação do sistema fotovoltaico.

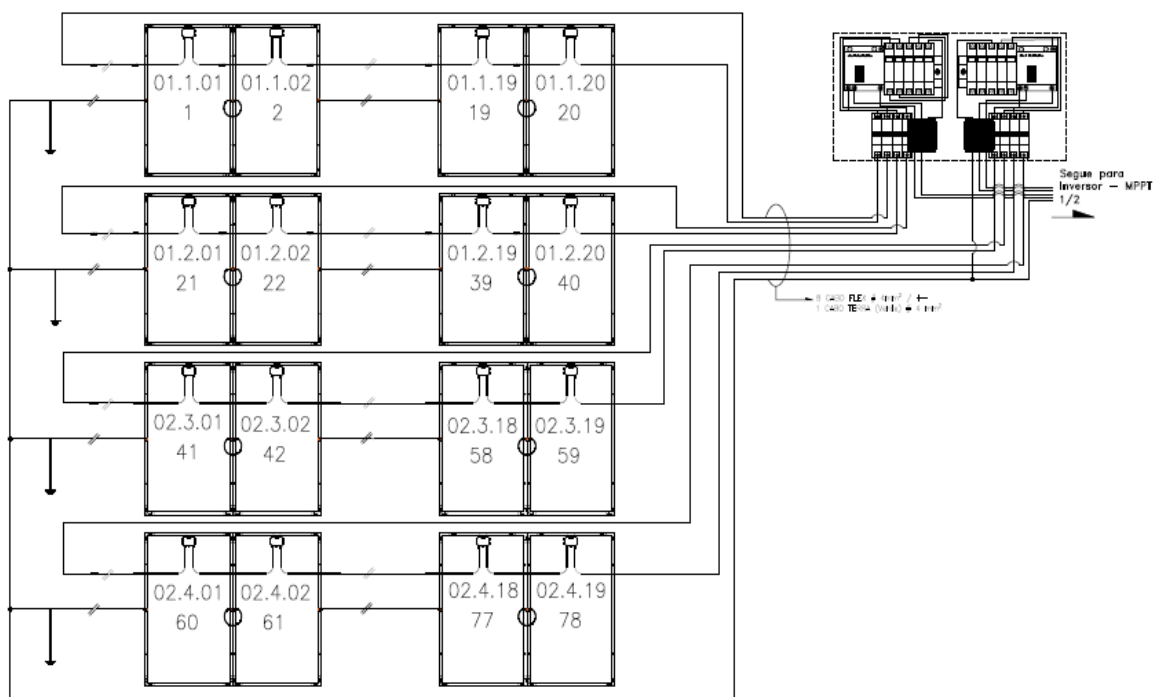
Figura 13 - Diagrama Multifilar, lado corrente alternada



Fonte: Autor (2016)

A figura 14 ilustra a Diagrama Multifilar (CA) de 20,28 kWp da instalação do sistema fotovoltaico.

Figura 14 - Diagrama Multifilar, lado corrente contínua



Fonte: Autor (2016)

4.6.1 CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS

Nas características dos módulos podem-se verificar todas as especificações técnicas, os painéis fotovoltaicos possuem garantia de 10 anos contra defeito de fabricação e de 25 anos para 80% da capacidade nominal de produção. A Figura 15 refere-se ao painel fotovoltaico instalado e outras informações são apresentadas no anexo B.

Figura 15 - Painéis fotovoltaicos instalados



Fonte: Autor (2016)

Algumas características fundamentais para a estruturação do projeto elétrico do sistema são apresentadas:

- Tensão de circuito aberto: 37,5 V;
- Corrente de curto-circuito: 9,12 A;
- Tensão de operação: 30,4 V;
- Corrente de operação: 8,56 A.

Além dessas características ainda temos duas características bastante importantes dos módulos que são:

- Resistência mecânica: 5400 Pa;
- Influência da temperatura:
 - Quanto à potência: $-0,41\%/^{\circ}\text{C}$;
 - Quanto à tensão: $-0,31\%/^{\circ}\text{C}$;
 - Quanto à corrente: $0,053\%/^{\circ}\text{C}$.

4.6.2 Características do inversor

Nas características de inversor podemos verificar todas as especificações dos inversores trifásicos Fronius Symo. De acordo com a Figura 16.

Figura 16 - Inversor trifásico Fronius Symo



Fonte: Autor (2016)

Algumas dessas características são importantes e irão determinar como serão feitas as conexões elétricas dos módulos, no anexo A são apresentados outros detalhes. Temos como características do inversor Symo 20kW:

- Máxima potência fotovoltaica: 26000 W;
- Máxima tensão CC: 1000 V;
- Faixa de operação por MPPT: 420-800 V;
- Tensão de partida: 200 V;
- Máxima corrente CC: 49,1 A MPPT 1 e 40,5 A MPPT 2;
- 4 strings (2+2);
- Potência nominal CA: 20000 W;
- Potência máxima CA: 20000 W;
- Máxima corrente CA: 28,9 A;
- Faixa de operação CA: 60 Hz e 380 Vca.

4.7 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA

A característica que deve ser levada em consideração quando temos

elevadas temperaturas de operação do sistema é a queda de tensão por alta temperatura. Essa queda de tensão, em alguns casos, é tão crítica que abaixa a tensão dos módulos de maneira que essa tensão não chega a atingir o mínimo necessário para a partida do inversor (SOLARIZE, 2016).

Para verificar a influência da temperatura no local da instalação foi feita uma pesquisa no banco de dados da Embrapa – Estação Dourados, (EMBRAPA, 2017), que possui registros de medições diárias podendo fazer coletas da máxima, da mínima e da temperatura média de um dia. As ocorrências de máxima e mínima temperatura vêm acompanhadas do horário em que foram registradas essas temperaturas de pico. O banco de dados é aberto a todos e de acesso gratuito e sem necessidade de qualquer forma de cadastro.

Para o estudo do comportamento da tensão para a mínima temperatura local foi utilizada a equação 9. Com base nos dados levantados será apresentada a influência da mínima temperatura registrada ($-0,6^{\circ}\text{C}$) na tensão do circuito, conforme abaixo:

Equação 9 - Calculo comportamento temperatura mínima na tensão do módulo

$$26,2^{\circ}\text{C} - 0,6^{\circ}\text{C} = 25,6^{\circ}\text{C}$$

$$25,6^{\circ}\text{C} \times 0,31 = 7,936\%$$

$$375 V_{cc} \times (1 + 7,936\%) = 404,76 V_{cc} < 550 V_{cc} \text{ (máx. tensão CC do inv.)}$$

Fonte: O autor (2018)

É possível verificar que o aumento de tensão mostrado na equação 9 não ultrapassa os limites do inversor, sendo assim a temperatura mínima do local não é um problema impeditivo para a instalação da planta.

Estudo do comportamento da tensão para a máxima temperatura local;

Utilizando o dado coletado do banco de dados da Embrapa para a maior temperatura registrada no lapso de tempo pesquisado ($40,8^{\circ}\text{C}$) temos que a tensão terá o seguinte comportamento, conforme equação 10:

Equação 10 - Calculo comportamento temperatura máxima na tensão do módulo

$$(40,8^{\circ}\text{C} + 59,925^{\circ}\text{C}) - 26,2^{\circ}\text{C} = 74,525^{\circ}\text{C}$$

$$74,525^{\circ}\text{C} \times 0,31 = 23,1\%$$

$$375 V_{cc} \times (1 - 23,1\%) = 288,375 V_{cc} > 100 V_{cc} \text{ (tensão CC de partida do inv.)}$$

Fonte: O autor (2018)

Os valores apresentados nas equações 9 e 10 são valores reais. Porém este cálculo pode ser feito na análise de viabilidade, estimando valores por meio de banco de dados para determinar previamente a influência da temperatura no sistema a ser instalado.

O somatório das temperaturas no primeiro cálculo da equação 10 compreende a temperatura ambiente acrescida da temperatura de operação do sistema, medido após a instalação num dia ensolarado quando a temperatura ambiente era de 32°C às 14 horas e 45 minutos. Nessas condições a temperatura de operação do sistema foi de 47°C, extrapolando linearmente para a temperatura máxima registrada no período, de 40,8°C o sistema apresentaria uma temperatura de operação de 59,925°C. A equação reduz da soma das temperaturas ambiente e de operação o valor da temperatura média do local, que segundo dados da Embrapa é de 26,2°C. É possível verificar que mesmo neste caso extremo, a queda de tensão não impede a partida do inversor, logo a máxima temperatura local também não é impeditiva para a execução do projeto.

A corrente do sistema também sofre alterações com a variação da temperatura, mas o coeficiente de variação de corrente por influência da temperatura é muito baixo. As equações utilizadas são as mesmas apresentadas para a variação da tensão.

Estudo do comportamento da corrente para a mínima temperatura local;

Equação 11 - Calculo comportamento temperatura máxima na corrente do módulo

$$26,2^{\circ}C - 0,6^{\circ}C = 25,6^{\circ}C$$

$$25,6^{\circ}C \times 0,053 = 1,3568\%$$

$$9,12 A_{cc} \times (1 + 1,3568\%) = 9,24 A_{cc} < 15 A_{cc} \text{ (máx. corrente CC do inv.)}$$

Fonte: O autor (2018)

A variação torna-se insignificante, pois o inversor não tem um limite mínimo de corrente para operar, mas apenas uma limitação de máxima corrente de entrada em cada MPPT. Assim a variação na corrente também não é impeditiva para a instalação.

Além disso, a função do dispositivo MPPT é regular tensão e corrente para a melhor condição de geração de energia para condições momentâneas de irradiação.

4.8 QUANTO AO ATERRAMENTO DO SISTEMA

A planta fotovoltaica apresenta em seu circuito elétrico, características CC e CA, que estão divididas pelo inversor que faz a conversão. Ambas devem ser devidamente aterradas para que o sistema esteja seguro e sem riscos de choque elétrico para o consumidor ou eletricista em eventual manutenção (ASSAIFE, 2013).

O segmento CC é composto pelos módulos que geram energia elétrica em corrente contínua e enviam essa corrente para o inversor, para que ele faça a conversão para corrente alternada.

O aterramento é importante, pois, a estrutura metálica de sustentação dos módulos pode estar energizada por estar em contato direto com eles, fazendo-se necessário um sistema de aterramento dessa estrutura. Para isso foi utilizado cabo de 6 mm² que interligam os módulos e fazem o aterramento do sistema. Esses cabos são conectados aos furos presentes na moldura dos módulos para este fim. Para facilitar essa interligação foram utilizados terminais olhais com parafuso, porca e arruela de pressão.

Além dos equipamentos para aterramento da estrutura metálica o setor do circuito elétrico com CC ainda conta com os dispositivos de proteção contra surtos elétricos (DPS) que se encontram na String Box. Esse equipamento é aterrado junto ao aterramento do quadro de distribuição.

O aterramento dos módulos é conectado ao barramento de terra do quadro de distribuição do prédio, assim ele é aterrado junto às cargas.

Após a conversão de corrente contínua em corrente alternada (na saída do inversor) a planta também conta com proteção de DPSs. O aterramento então é interligado ao aterramento do quadro de distribuição, protegendo todo o sistema.

4.9 ATIVAÇÃO E MONITORAMENTO DO SISTEMA

O equipamento é ativado após a vistoria da ENERGISA, sendo que o monitoramento é feito por meio de uma plataforma on line. De acordo com a figura 17 se observa a ativação do sistema fotovoltaico.

Figura 17 - Ativação do sistema fotovoltaico



Fonte: Autor (2016)

4.10 ORÇAMENTO

O orçamento da instalação é feito em 3 etapas:

- Orçamento do material;
- Custo do projeto;
- Orçamento da mão de obra.

O custo de cada um dos pontos citados acima depende fortemente da potência da instalação. Cada um deles será discutido a seguir.

4.10.1 Orçamento do material

Os equipamentos que foram utilizados na instalação foram cotados na Empresa SICES SOLAR, sendo um fabricante e Distribuidor Oficial exclusivamente para revendedor, integrador de Energia Solar.

O kit completo de 20,28 kWp de potência na SICES BRASIL tem o valor de R\$ 168.548,08.

Quanto às garantias, os inversores têm 7 anos de garantia de defeito de fabricação, posto em fábrica e assistência técnica permanente. Os módulos têm 10 anos de garantia contra defeitos de fabricação e 25 anos de garantia de performance de 80% de sua capacidade de geração nominal, fornecidos pelo fabricante.

4.10.2 Custo do projeto

O valor da confecção do projeto leva em conta as dificuldades de execução, a potência que será instalada, dificuldades da instalação, entre outros parâmetros impostos pelo projetista. Assim como custos e tempo necessário para desenvolvimento do projeto, que deve ser assinado por um responsável técnico com atribuições para tal. Todo o custo do projeto pode ser observado no apêndice A. Neste projeto foi cobrado o valor de R\$ 9.000,00.

4.10.3 Orçamento da mão de obra

O custo da mão de obra depende da quantidade de funcionários que trabalharão na instalação do sistema e também da margem de lucro que a empresa integradora irá obter instalando o sistema.

Neste projeto foi cobrado o valor de R\$ 0,54/W instalado, resultando num custo de mão de obra de R\$ 11.024,62.

4.11 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

O projeto seguiu o cronograma de prazos estipulados pelas resoluções normativas 482 e 687 da ANEEL, sendo estes mostrados na tabela 1.

Tabela 1 - Cronograma de execução do projeto

ETAPA	AÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO
Solicitação de acesso	Formulação do projeto e envio para a Energisa	Integrador	7 dias (não previsto por norma)
Emissão do parecer de acesso	Será emitido um parecer de acesso aprovando o projeto proposto	Energisa	15 dias
Compra dos equipamentos	Realização da compra do equipamento dimensionado	Integrador	Prazo de transporte de mercadoria
Instalação física do equipamento	Fixação das estruturas de sustentação, conexão dos módulos e inversores	Integrador	3 dias
Vistoria	Irá ser realizada a vistoria da instalação para emissão do relatório de vistoria	Energisa	7 dias
Aprovação do ponto de conexão	O ponto onde o gerador fotovoltaico se conectará a rede, troca do medidor do local	Energisa	Realizado na vistoria
Contrato	Deve ser estabelecido um relacionamento operacional entre o interessado e a concessionária	Consumidor/Energisa	Acordo firmado na vistoria
		Prazo Total	36 dias

Fonte: ANEEL (2017)

4.12 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO

Com a adesão de um sistema fotovoltaico o consumidor fica livre dos eventuais reajustes na tarifa de energia elétrica, sofrendo menos com a inflação deste setor e ainda valoriza seu imóvel em torno de 8% (RUFINO, 2016).

Para o cálculo do tempo de amortização são levados em conta dois fatores principais: (RUFINO, 2016)

- A taxa de reajuste anual da tarifa de energia – que para esta simulação foi fixada em 10% ano após ano (taxa esta que é menor do que o reajuste dos últimos 5 anos que está em torno de 13% ao ano (VALOR SETORIAL, 2016);

- A taxa de depreciação anual dos módulos fotovoltaicos, que é de 0,7% ao ano, como especificado no Datasheet do equipamento disponibilizado pelo fornecedor (Canadian Solar, 2016).

O método utilizado para o cálculo da amortização do investimento não leva em consideração eventual taxa de juros do pagamento dos equipamentos via financiamento bancário, pois o cliente se dispôs a fazer o investimento a vista, o que acarretaria num aumento do custo final da instalação elevando o tempo de amortização (RUFINO, 2016).

Os valores para a amortização do sistema até o 25º ano de operação estão demonstrados no apêndice B.

Há algumas linhas de crédito para este tipo de investimento. O Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO) apresenta uma oportunidade para investimentos desta natureza via Construcard. Basicamente o programa cobre até 80% do investimento com uma taxa de juros de 1% ao mês. Na tabela 6 é possível verificar como ficam as parcelas nesta opção de pagamento com 20% de entrada com parcelamento do valor financiado em 120 meses com os juros correspondentes (FCO, 2018).

Dessa maneira o investidor tem um retorno que pode ser avaliado como imediato, pois o cliente está pagando o equipamento com o próprio valor pago em faturas de energia, porém o valor do investimento será amortizado no prazo em que for fixado o financiamento, nesta simulação em 120 parcelas resultando numa amortização de 10 anos.

4.13 A INSTALAÇÃO

A instalação foi subdividida em 3 etapas:

- 1º etapa: instalação elétrica;
- 2º etapa: instalação das estruturas de sustentação;
- 3º etapa: instalação dos módulos.

Cada uma dessas etapas durou 1 dia com 4 colaboradores trabalhando na obra.

A 1º etapa consistiu na adequação do quadro de distribuição do cliente, onde foi inserido um disjuntor tripolar de 63 A para injetar a energia no sistema. Depois foram fixados na parede o inversor e as caixas de proteção deixando as ligações todas prontas apenas para receberem os módulos.

A figura 18 ilustra o inversor devidamente fixado na parede (acima) e o String Box de proteção CC (à esquerda) e CA (abaixo à esquerda) do sistema. Tanto o inversor quanto o String Box CC foram equipamentos fornecidos pela SICES BRASIL já as proteções de corrente alternada foram montadas pelo instalador e os equipamentos adquiridos na loja de materiais elétricos Central Eletricidade.

Figura 18 - Inversor Fronius Symo instalado



Fonte: Autor (2016)

A 2ª etapa da instalação foi considerada a mais trabalhosa, a fixação dos ganchos que sustentam os trilhos dos módulos tem que ser feita com o alinhamento necessário para que os trilhos fiquem dispostos da maneira projetada.

A figura 19 ilustra os ganchos de sustentação dos trilhos fixados no telhado. Para a perfuração do telhado foi utilizada uma furadeira elétrica e brocas para metal. Uma boa prática nessa etapa da instalação é a utilização de pranchas de madeira para os instaladores poderem se movimentar com mais facilidade no telhado, não o danificando (para telhados de zinco). Outro cuidado importante é que os ganchos devem ser ficados nas partes altas da telha trapezoidal de modo a reduzir o perigo de infiltração de água pelo telhado.

Figura 19 - Ganchos de sustentação e trilhos



Fonte: Autor (2016)

Com toda a parte elétrica instalada e a estrutura metálica pronta restou realizar a 3ª etapa da instalação, que era posicionar os módulos sobre os trilhos, fazer suas interconexões e levar o cabeamento até os equipamentos eletrônicos, conforme figura 20.

Figura 20 - Arranjo fotovoltaico instalado



Fonte: Autor (2016)

4.14 VISTORIA E HOMOLOGAÇÃO

Ao final da instalação foi então solicitada a vistoria do sistema à concessionária. Na vistoria foi assinado o acordo operativo do SFVCR (Sistema Fotovoltaico Conectado na Rede) do proprietário com a concessionária e trocado o medidor de energia que era um relógio medidor analógico para o medidor bidirecional digital.

A figura 21 ilustra o medidor bidirecional que é instalado em consumidores que possuem suas unidades de microgeração. Ele é capaz de medir o que foi consumido da rede pública pela unidade consumidora e o que foi injetado pelo sistema de microgeração, possibilitando o sistema de compensação de créditos

Figura 21 - Medidor bidirecional digital

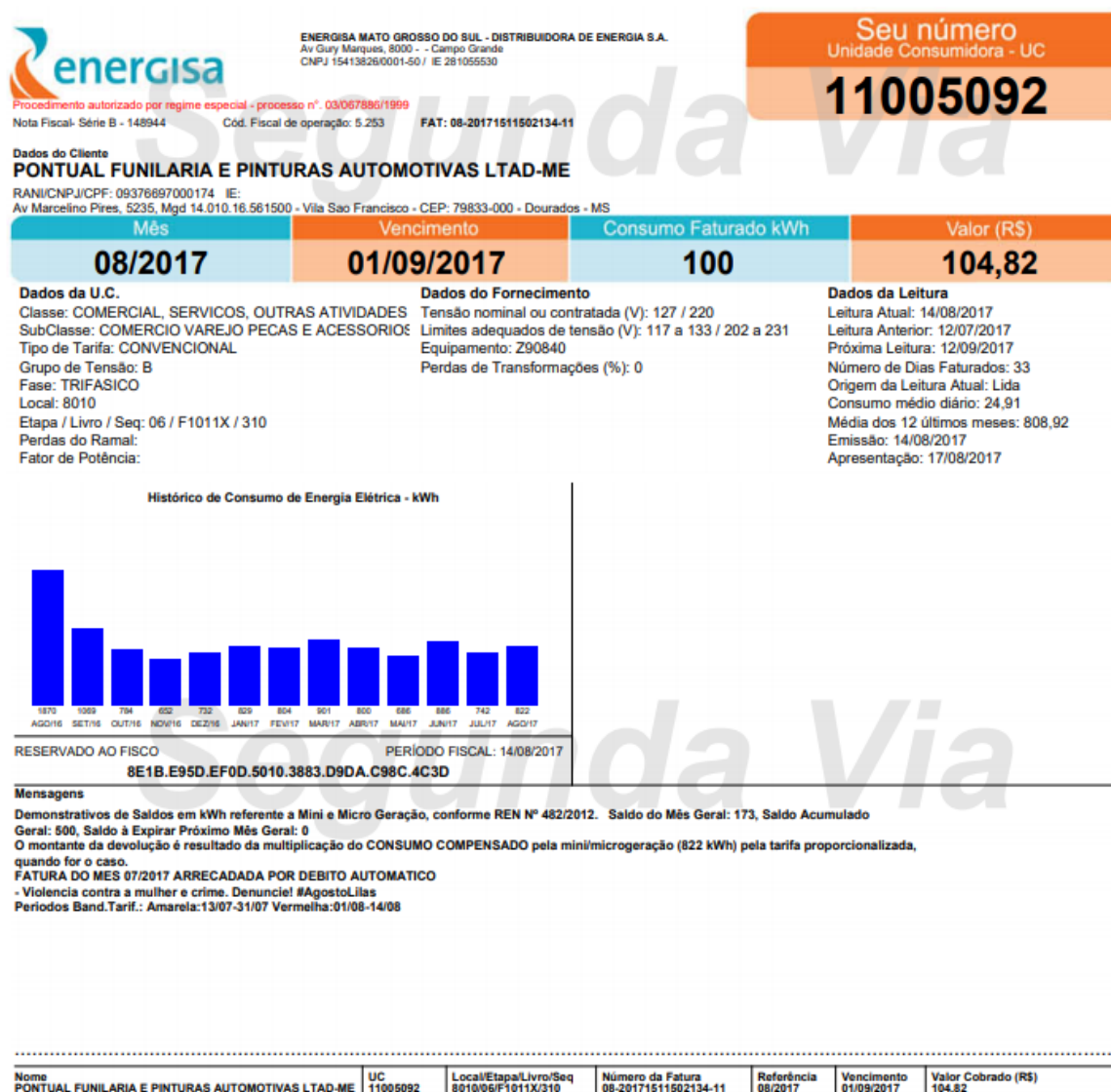


Fonte: Autor (2016)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta pesquisa de estudo de caso teve como intuito mostrar o quanto a aquisição de um sistema de geração solar fotovoltaico é relevante quando o assunto se refere à economia financeira e à utilização de fontes renováveis. Foi efetuado um dimensionamento, instalação e viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico de 20,28 kwp conectado à rede em uma empresa na cidade de Dourados – MS, em dez/2015 a ago/2016. Conforme se pode verificar na última fatura de energia (figura 22).

Figura 22 - Fatura após um ano de instalação do sistema



NAO RECEBER - FATURA ARRECADADA

Caso não ocorra o débito, utilize o código abaixo para pagamento
836700000018 048200500006 001080201716 511502134113



Ao verificar a primeira fatura apresentada pelo cliente de que o consumo aferido foi de 1.870 kWh. Após, um ano da instalação do sistema fotovoltaico o cliente já possui um faturamento de consumo de 100kwh. Nota-se que a redução do custo de energia para o cliente foi satisfatória. O cliente pagava de energia elétrica R\$ 1.227,97 após um ano a sua última fatura foi de 194,17. Pode-se verificar que o cliente teve uma redução de 84% na sua fatura de energia.

Tanto as medições realizadas quanto o acompanhamento de geração do sistema fotovoltaico apresentaram dados satisfatórios e equivalentes ao que foi previsto previamente com cálculos do dimensionamento e rendimento da planta.

Comparando os resultados no prazo de amortização do investimento financiado e do investimento pago via FCO, mostrou-se que no 11º ano o consumidor economizou um valor acumulado de R\$ 10.871,00.

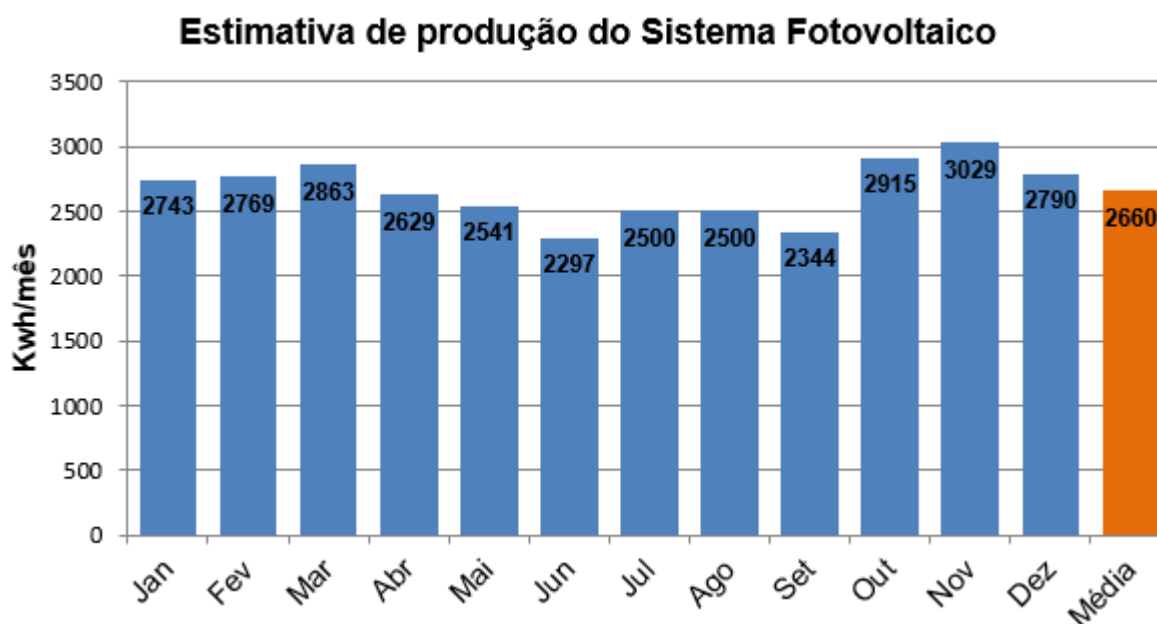
Apesar da redução na conta de energia do consumidor. Nota-se ainda que custo relativo para aquisição do sistema fotovoltaico não comporta a renda do brasileiro. Mas, dia a dia o consumidor vai se adequando e adquirindo este produto.

Segundo Nascimento (2017, p. 28) afirma que:

Apesar do significativo crescimento, o número de unidades com geração fotovoltaica distribuída ainda é pequeno, principalmente se verificarmos o potencial brasileiro de aproveitamento da fonte e a forma como a fonte solar é aproveitada em outras partes do mundo. O Brasil possui atualmente cerca de 77 milhões de unidades consumidoras de energia elétrica. Portanto, apenas 0,01% das unidades consumidoras, ou uma a cada dez mil, possuem painéis fotovoltaicos instalados. Para termos uma ideia do quanto ainda podemos avançar, citamos o exemplo da Austrália, em que uma a cada cinco ou seis residências possui sistemas fotovoltaicos.

Conforme a figura 23, verifica-se a economia média de R\$ 19.324,45/ano e 9,33 toneladas de CO₂/ano e o sistema de geração solar fotovoltaico com potência pico de 20,28 kWp.

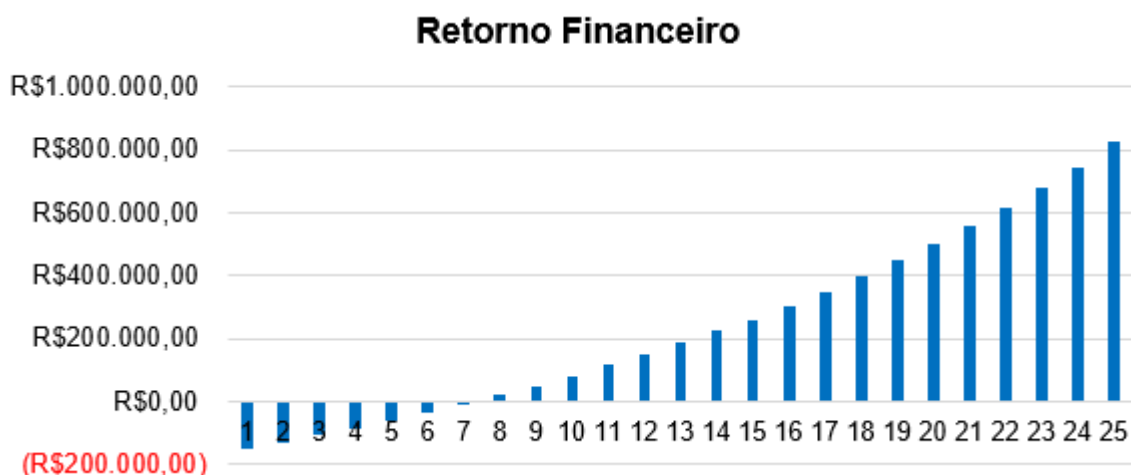
Figura 23 - Estimativa de produção do sistema fotovoltaico



Fonte: Autor (2016)

Após o cliente analisar a estimativa de produção do sistema fotovoltaico, percebeu-se que o retorno financeiro é excelente, conforme se pode verificar na figura 24, em que o investimento do cliente foi de 168.548,08. O mesmo optou por um pagamento de 180 meses pelo FCO-BNDES (pessoa jurídica).

Figura 24 - Estimativa de retorno financeiro



Fonte: Autor (2016)

O sistema fotovoltaico é eficiente quando se refere a retorno financeiro. Pois, o cliente está à procura de um produto ou sistema que maximize seus lucros.

A proposta efetuada para cliente do sistema fotovoltaico foi com os seguintes

produtos e serviços, como: Inversores interativos com sistema de monitoramento integrado; painéis fotovoltaicos; estrutura de fixação, cabos, conectores, caixas de junção, disjuntores, fusíveis, DPS's, CS e demais dispositivos de segurança seguindo as normas da ABNT, INMETRO e padrões da Energisa; Serviços de Dimensionamento, projetos de engenharia, ART-CREA, documentações e regularizações junto à concessionária local e a ANEEL, bem como serviço de Instalação e aterramento, comissionamento e start-up.

Para que o sistema fotovoltaico ofereça retorno financeiro ao cliente. As etapas de implantação e instalação do sistema devem estar dentro dos padrões e normas exigidos pelo governo Federal e demais órgãos públicos.

O Payback descontado apresentado na figura 25 demonstra a viabilidade do investimento, tendo a taxa de atratividade em 10% para assegurar uma confiabilidade no cálculo.

Figura 25 - Payback Descontado

Ano	Saídas					Entradas				Fluxo de caixa (E-S)	Saldo	
	Investimento	Manutenção	Reposição	VR	Total de custos	Geração PV	Tarifa* (R\$/kWh)	Custo evitado	Total de economia		Valor Presente	SALDO
0	R\$ 168.548,08				-R\$ 168.548,08					-R\$ 168.548,08	-R\$ 168.548,08	-R\$ 168.548,08
1		R\$ 802,58			-R\$ 802,58	32501	R\$ 0,63	R\$ 20.476,45	R\$ 20.476,45	R\$ 19.673,87	-R\$ 153.225,53	-R\$ 133.551,66
2		R\$ 764,34			-R\$ 764,34	32338	R\$ 0,67	R\$ 21.570,03	R\$ 42.046,49	R\$ 20.805,69	-R\$ 126.632,67	-R\$ 105.826,98
3		R\$ 727,92			-R\$ 727,92	32176	R\$ 0,71	R\$ 22.722,01	R\$ 64.768,50	R\$ 21.994,09	-R\$ 95.141,00	-R\$ 73.146,91
4		R\$ 693,23			-R\$ 693,23	32016	R\$ 0,75	R\$ 23.935,51	R\$ 98.704,01	R\$ 23.242,28	-R\$ 64.982,58	-R\$ 41.740,30
5		R\$ 660,20			-R\$ 660,20	31855	R\$ 0,79	R\$ 25.213,83	R\$ 113.917,84	R\$ 24.553,22	-R\$ 40.349,07	-R\$ 15.795,45
6		R\$ 628,74			-R\$ 628,74	31696	R\$ 0,84	R\$ 26.560,41	R\$ 140.478,24	R\$ 25.931,66	-R\$ 22.776,00	R\$ 3.155,67
7		R\$ 598,78			-R\$ 598,78	31538	R\$ 0,89	R\$ 27.978,91	R\$ 168.457,15	R\$ 27.380,12	-R\$ 11.687,69	R\$ 15.692,43
8		R\$ 570,25			-R\$ 570,25	31380	R\$ 0,94	R\$ 29.473,16	R\$ 197.930,31	R\$ 28.902,91	-R\$ 5.452,39	R\$ 23.450,52
9		R\$ 543,08			-R\$ 543,08	31223	R\$ 0,99	R\$ 31.047,22	R\$ 228.977,53	R\$ 30.504,14	-R\$ 2.312,35	R\$ 28.191,79
10		R\$ 517,20			-R\$ 517,20	31067	R\$ 1,05	R\$ 32.705,34	R\$ 261.682,88	R\$ 32.188,14	-R\$ 891,51	R\$ 31.296,63
11		R\$ 492,56			-R\$ 492,56	30912	R\$ 1,11	R\$ 34.452,02	R\$ 296.134,90	R\$ 33.959,46	-R\$ 312,47	R\$ 33.647,00
12		R\$ 469,09			-R\$ 469,09	30757	R\$ 1,18	R\$ 36.291,98	R\$ 332.426,88	R\$ 35.822,90	-R\$ 99,56	R\$ 35.723,33
13		R\$ 446,73			-R\$ 446,73	30603	R\$ 1,25	R\$ 38.230,21	R\$ 370.657,09	R\$ 37.783,48	-R\$ 28,84	R\$ 37.754,64
14		R\$ 425,45			-R\$ 425,45	30450	R\$ 1,32	R\$ 40.271,95	R\$ 410.929,04	R\$ 39.846,51	-R\$ 7,59	R\$ 39.838,91
15		R\$ 405,17	R\$ 9.967,73		-R\$ 10.372,90	30298	R\$ 1,40	R\$ 42.422,74	R\$ 453.351,78	R\$ 32.049,83	-R\$ 1,82	R\$ 32.048,01
16		R\$ 385,87			-R\$ 385,87	30147	R\$ 1,48	R\$ 44.688,39	R\$ 498.040,17	R\$ 44.302,52	-R\$ 0,40	R\$ 44.302,12
17		R\$ 367,48			-R\$ 367,48	29996	R\$ 1,57	R\$ 47.075,04	R\$ 545.115,20	R\$ 46.707,56	-R\$ 0,08	R\$ 46.707,48
18		R\$ 349,97			-R\$ 349,97	29846	R\$ 1,66	R\$ 49.589,15	R\$ 594.704,36	R\$ 49.239,18	-R\$ 0,01	R\$ 49.239,16
19		R\$ 333,30			-R\$ 333,30	29697	R\$ 1,76	R\$ 52.237,53	R\$ 646.941,89	R\$ 51.904,24	-R\$ 0,00	R\$ 51.904,24
20		R\$ 317,41			-R\$ 317,41	29548	R\$ 1,86	R\$ 55.027,36	R\$ 701.969,25	R\$ 54.709,94	-R\$ 0,00	R\$ 54.709,94
21		R\$ 302,29			-R\$ 302,29	29400	R\$ 1,97	R\$ 57.966,18	R\$ 759.935,42	R\$ 57.663,89	-R\$ 0,00	R\$ 57.663,89
22		R\$ 287,88			-R\$ 287,88	29253	R\$ 2,09	R\$ 61.061,95	R\$ 820.997,37	R\$ 60.774,06	-R\$ 0,00	R\$ 60.774,06
23		R\$ 274,17			-R\$ 274,17	29107	R\$ 2,21	R\$ 64.323,05	R\$ 885.320,42	R\$ 64.048,88	-R\$ 0,00	R\$ 64.048,88
24		R\$ 261,10			-R\$ 261,10	28962	R\$ 2,34	R\$ 67.758,32	R\$ 953.078,74	R\$ 67.497,22	-R\$ 0,00	R\$ 67.497,22
25		R\$ 248,68		R\$ 9.895,91	-R\$ 9.647,25	28817	R\$ 2,48	R\$ 71.377,05	R\$ 1.024.455,79	R\$ 81.024,30	-R\$ 0,00	R\$ 81.024,30

* Atualizado pela média do IPCA de 2006 a 2015. Fonte: <http://www.portalbrasil.net/ipca.htm> em 01/03/2016

Taxa de atratividade 10% Taxa Interna de Retorno (TIR) 6%

Fonte: O autor (2018)

6 CONCLUSÃO

Pode-se verificar neste estudo de caso, que a condição de irradiação local da instalação do sistema fotovoltaico se mostrou satisfatória. A região apresenta bom potencial energético solar para o desenvolvimento de projetos com essa tecnologia com ótimo custo benefício e retorno financeiro.

Como foi observado nos cálculos de dimensionamento do sistema fotovoltaico que resultaram em uma instalação 70 módulos, foi possível conectá-los em duas strings de 20 na MPPT 1 e duas strings de 19 módulos na MPPT 2, os mesmos foram suficientes para atender a demanda do local de instalação do cliente. Com dimensões de 1.638 x 982 x 40 mm, resultando em 1,608516m² por placa, tendo um total de 112,6m² da instalação. A eficiência do sistema foi de 16,16% e a potência foi de 260 W. Resultando numa instalação de 20,28 kW.

O orçamento para esta instalação do sistema fotovoltaico foi de R\$ 168.548,08. O cliente optou por um pagamento de 180 meses pelo FCO-BNDES (pessoa jurídica). Nota-se que é viável economicamente desde a opção pelo financiamento quando o investidor deixa de pagar sua fatura de energia para pagar as parcelas de um equipamento de sua empresa. Desde a implantação do sistema o investidor passará a pagar o valor próximo ao mínimo referente ao custo da taxa de disponibilidade, que em consumidores trifásicos é o equivalente à 100 kWh.

Considerando o payback descontado, temos que o retorno financeiro se deu após 5 anos, considerando a vida útil estimada para o sistema temos que o retorno financeiro é relevante, pois o sistema apresentou geração elétrica conforme dimensionado, tendo assim a constante de pagamentos mínimos em conta de energia e devido ao financiamento ter seu prazo de término o cliente após o prazo de retorno terá lucro significativo até a estimativa de duração de vida útil do sistema.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16150**: Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede de distribuição - Procedimento de ensaio de conformidade. 2017.
- _____. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. 2017.
- _____. **NBR IEC 62116**: Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. 2017.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 16149**: Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede de distribuição. 2017.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- _____. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2018.
- _____. **Tarifas**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifas>>. Acesso em: 8 abr. 2018.
- ASSAIFE, B. M.. **Aterramento e proteção de sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2013.
- CARNEIRO, J.. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos - Sistemas ligados à rede e sistemas autônomos**. Portugal: Universidade de Minho, 2009.
- CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Leilões**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/oquefazemos_menu_lateral/leiloes?contentid=CCEE_359497&=&_afzLoop=259426282130884#@?_afzLoop=259426282130884&contentid%3DCCEE_359497%26=&_adf.ctrl-state=18yn4z4u3j_13>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- DMITRUK, Hilda Beatriz (Org). **Cadernos metodológicos**: diretrizes da metodologia científica. 5. ed. Chapecó: Argos, 2001. 123 p.
- ELETROSUL. **Eletrosul Centrais Elétricas S.A.**. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- EMBRAPA. **Agropecuária Oeste - Estação Dourados**. Disponível em: <http://mob.cpao.embrapa.br/?lc=site/banco-dados/base_dados>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- ENERGY GREEN. **REN 482 foi atualizada e passará a ser denominada REN 687**. Disponível em: <<http://energygreenbrasil.com.br/ren-482-foi-atualizada-e-passara-a-ser-denominada-ren-687/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos**. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA_03-2015-Projeções da Demanda de Energia Elétrica 2015-2024.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA_03-2015-Projeções_da_Demanda_de_Energia_Elétrica_2015-2024.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2018.

FARIAS, L.A et al. **Investigação experimental da geração de energia elétrica solar fotovoltaica**. HOLOS, v. 3, 2010.

FIGUEIRA, F.F. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede para alimentar a sala de computação da escola municipal Tenente Antônio João**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2014.

FORTES, M.Z et al. **Conceitos iniciais para dimensionamento de sistema fotovoltaico em residência**. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2013.

INICIATIVA VERDE. **Calculadora**. Disponível em: <<http://www.iniciativaverde.org.br/calculadora/index.php>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **CPTEC lança Atlas Brasileiro de Energia Solar**. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1058>. Acesso em: 9 abr. 2018.

JACKSON, L. **Apple Special Event**. Cupertino - EUA, 2016.

LORA, Electo Eduardo Silva; HADDAD, Jamil. **Geração Distribuída Aspectos Tecnológicos, Ambientais e Institucionais**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

METZGER. O melhor editor para trabalhos acadêmicos já feito no mundo. **Mettzer**. Florianópolis, 2016. Disponível em: <<http://www.mettzer.com/>>. Acesso em: 21 ago. 2016.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Cálculo dos fatores de emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil**. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0019/19707.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MME - MINISTÉRIO DA FAZENDA. **Convênio ICMS 101/97**. Disponível em: <http://www1.fazenda.gov.br/confaz/confaz/convenios/icms/1997/CV101_97.htm>. Acesso em: 5 abr. 2018.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar**. 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030>. Acesso em: 20 abr. 2018.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Programa Luz para todos**. Disponível em: <<https://www.mme.gov.br/luzparatodos/asp/default.asp?id=1>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

_____. **Resenha Energética Brasileira**: Edição de maio de 2017. Disponível em:

<[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energética+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+\(PDF\)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;jsessionid=B415252F7145EC1BD6596B2C8137D1B8.srv155?version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energética+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+(PDF)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;jsessionid=B415252F7145EC1BD6596B2C8137D1B8.srv155?version=1.0)>. Acesso em: 5 abr. 2018.

NDU - NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA . **NDU001**: Energisa. 2017. Disponível em: <[https://www.energisa.com.br/Normas Tcnicas/NDU 001 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária Edificações Individuais ou Agrupadas até 3 Unidades.pdf](https://www.energisa.com.br/Normas_Tcnicas/NDU_001_-_Fornecimento_de_Energia_Elétrica_em_Tensão_Secundária_Edificações_Individuais_ou_Agrupadas_até_3_Unidades.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2018.

NDU - NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA. **NDU003**: Energisa. 2017. Disponível em: <[https://www.energisa.com.br/Normas Tcnicas/NDU 003 - Fornecimento de energia a agrupamentos ou uso acima de 3 unidades.pdf](https://www.energisa.com.br/Normas_Tcnicas/NDU_003_-_Fornecimento_de_energia_a_agrupamentos_ou_uso_acima_de_3_unidades.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2018.

_____. **NDU013**: Energisa. 2017. Disponível em: <[https://www.energisa.com.br/Normas Tcnicas/NDU 013 - Critérios para a Conexão de Acessantes de GD ao Sistema de Distribuição da Energia - Conexão em BT V3.pdf](https://www.energisa.com.br/Normas_Tcnicas/NDU_013_-_Critérios_para_a_Conexão_de_Acessantes_de_GD_ao_Sistema_de_Distribuição_da_Energisa_-_Conexão_em_BT_V3.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2018.

PEREIRA, E.B et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos - SP: INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 2006.

PINHO, J.T. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro - RJ: CRESESB, 2015.

PORTAL SOLAR. **A regulamentação dos créditos de energia**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/a-regulamentacao-dos-creditos-de-energia.html>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

PROCEL. **Manual de tarifação da energia elétrica**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual de Tarif En El - Procel_EPP - Agosto-2011.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual_de_Tarif_En_El_-_Procel_EPP_-_Agosto-2011.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2018.

RUFINO, R.D. **Cadernos temáticos ANEEL - Micro e Minigeração distribuída: Sistema de compensação de energia elétrica**. Brasília - DF: ANEEL, 2016.

SANTOS, Edno Oliveira dos . **Administração financeira da pequena e média empresa**. São Paulo - SP: Atlas, 2001.

SEMADE. **Governo da isenção de ICMS na microgeração de energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.semade.ms.gov.br/governo-da-isencao-de-icms-na-microgeracao-de-energia-eletrica-renovavel/>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

SOLAR ENERGY DO BRASIL. **O que vale mais a pena** . Disponível em: <<http://solarenergy.com.br>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

SWERA. **Software de aferição de irradiância** . Disponível em: <<https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=0&bL=groad&cE=0&IR=0&mC=40.21244,-91.625976&zL=4>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

TRACTEBEL ENERGIA. **Maior usina solar do Brasil entra em operação comercial.** Disponível em:

<http://www.tractebelenergia.com.br/wps/portal/internet/imprensa/press-release/conteudos/Release_Operacao_Usina_Solar>. Acesso em: 5 mar. 2018.

ANEXO A — DATA SHEET DO INVERSOR

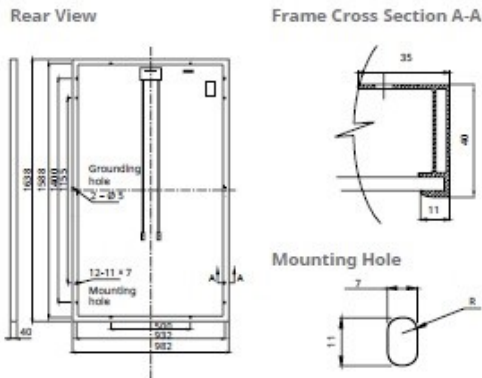
TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

INPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Max. input current ($I_{dc\ max\ 1} / I_{dc\ max\ 2}$)	27.0 A / 16.5 A ¹⁾		33.0 A / 27.0 A		
Max. usable input current total ($I_{dc\ max\ 1} + I_{dc\ max\ 2}$)	43.5 A		51.0 A		
Max. array short circuit current (MPP ₁ /MPP ₂)	40.5 A / 24.8 A		49.5 A / 40.5 A		
Min. input voltage ($U_{dc\ min}$)			200 V		
Feed-in start voltage ($U_{dc\ start}$)			200 V		
Nominal input voltage ($U_{dc\ n}$)			600 V		
Max. input voltage ($U_{dc\ max}$)			1,000 V		
MPP voltage range ($U_{mpp\ min} - U_{mpp\ max}$)	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Number MPP trackers			2		
Number of DC connections			3+3		
Max. PV generator output ($P_{dc\ max}$)	15.0 kW _{peak}	18.8 kW _{peak}	22.5 kW _{peak}	26.3 kW _{peak}	30.0 kW _{peak}
OUTPUT DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
AC nominal output ($P_{ac,r}$)	10,000 W	12,500 W	15,000 W	17,500 W	20,000 W
Max. output power	10,000 VA	12,500 VA	15,000 VA	17,500 VA	20,000 VA
AC output current ($I_{ac\ nom}$)	14.4 A	18.0 A	21.7 A	25.3 A	28.9 A
Grid connection (voltage range)	3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frequency (Frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Total harmonic distortion	1.8 %	2.0 %	1.5 %	1.5 %	1.3 %
Power factor ($\cos\ \phi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.				
GENERAL DATA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensions (height x width x depth)			725 x 510 x 225 mm		
Weight	34.8 kg		43.4 kg		
Degree of protection			IP 66		
Protection class			1		
Overvoltage category (DC / AC) ²⁾			1 + 2 / 3		
Night time consumption			< 1 W		
Inverter design			Transformerless		
Cooling			Regulated air cooling		
Installation			Indoor and outdoor installation		
Ambient temperature range			-40 - +60 °C		
Permitted humidity			0 - 100 %		
Max. altitude			2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)		
DC connection technology			6x DC* and 6x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²		
AC connection technology			5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²		
Certificates and compliance with standards	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

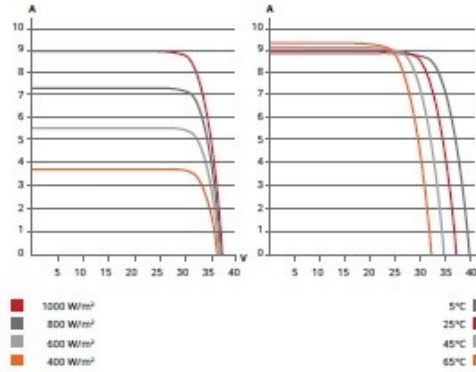
¹⁾ 14.0 A for voltages < 420 V²⁾ According to IEC 62109-1. DIN rail for optional type 1 + 2 and type 2 overvoltage protection available.Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

ANEXO B — DATA SHEET DO PAINEL FOTOVOLTAICO

MODULE / ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6P-255P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

Electrical Data CS6P	255P	260P	265P
Nominal Max. Power (Pmax)	255 W	260 W	265 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	30.2 V	30.4 V	30.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.43 A	8.56 A	8.66 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.4 V	37.5 V	37.7 V
Short Circuit Current (Isc)	9.00 A	9.12 A	9.23 A
Module Efficiency	15.85%	16.16%	16.47%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of Irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NOCT*

Electrical Data CS6P	255P	260P	265P
Nominal Max. Power (Pmax)	185 W	189 W	192 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	27.5 V	27.7 V	27.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.71 A	6.80 A	6.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.4 V	34.5 V	34.7 V
Short Circuit Current (Isc)	7.29 A	7.39 A	7.48 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), Irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Industry leading performance at low irradiation, +96.5 % module efficiency from an irradiance of 1000 W/m² to 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this Datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

MODULE | MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6 x 10)
Dimensions	1638x982 x 40 mm (64.5 x 38.7 x 1.57 in)
Weight	18 kg (39.7 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-BOX	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm² (IEC) or 4 mm² & 12 AWG 1000 V (UL), 1000 mm (39.4 in) (650 mm (25.6 in) is optional)
Connectors	MC4 or MC4 comparable
Stand. Packaging	26 pcs, 515 kg (quantity & weight per pallet)
Module Pieces per Container	728 pcs (40' HQ)

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.43% / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.34% / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.065% / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C

PARTNER SECTION

