



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS**

LUCAS FEITOSA FARIAS

**DIMENSIONAMENTO FOTOVOLTAICO APLICADO A UM CONSUMIDOR DE
ALTA TENSÃO CONECTADO À REDE**

FORTALEZA

2017

LUCAS FEITOSA FARIAS

DIMENSIONAMENTO FOTOVOLTAICO APLICADO A UM CONSUMIDOR DE ALTA
TENSÃO CONECTADO À REDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Energias Renováveis da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro de
Energias Renováveis.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Ana Fabiola Leite
Almeida.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F238d Farias, Lucas Feitosa.
Dimensionamento fotovoltaico aplicado a um consumidor de alta tensão conectado à rede / Lucas Feitosa Farias. – 2017.
53 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Fortaleza, 2017.
Orientação: Profa. Ma. Ana Fabiola Leite Almeida.

1. energia solar fotovoltaica. 2. geração distribuída. 3. postos tarifários. I. Título.

CDD 621.042

LUCAS FEITOSA FARIAS

DIMENSIONAMENTO FOTOVOLTAICO APLICADO A UM CONSUMIDOR DE ALTA
TENSÃO CONECTADO À REDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Energias Renováveis da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro de
Energias Renováveis.

Aprovada em: ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Ana Fabiola Leite Almeida (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dr. Francisco Nivaldo Aguiar Freire
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr.^a Maria Aleksandra de Sousa Rios
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Osvaldo Quintino Farias e Maria Teresa Feitosa Farias que sempre me apoiaram durante minha graduação e me deram condições para garantir meu sonho de ser engenheiro.

À minha namorada, Ana Laryssa Ferreira Barbosa que acompanhou a realização deste sonho desde o início, sempre ao meu lado, dando-me forças nos momentos mais difíceis.

Aos meus familiares, por todo carinho e apoio demonstrado durante minha formação.

À Prof.^a Dr.^a Ana Fabiola Leite Almeida, pela orientação, propostas, dicas e paciência para que eu conseguisse desenvolver com êxito este trabalho.

Aos professores Francisco Nivaldo Aguiar Freire e Maria Alexsandra de Sousa Rios que participaram da banca examinadora, disponibilizando tempo e colaborando com este trabalho.

Aos meus colegas de faculdade, Átila Barbosa, Felipe Teles, Gabriel Pinheiro, Geovanny Carneiro, Igor Belizário, Lucas Bruno, Manoel Welington e Wilson Magno, pela amizade, apoio, críticas e sugestões recebidas durante a graduação.

Aos meus colegas de trabalho, Clayton Medeiros, Glauber Neves, João Thércio, Júlio Martinez, Lucas de Melo e Luís Brito pelas oportunidades, apoio, sugestões e conhecimentos compartilhados que foram de grande importância para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise técnica e econômica de um dimensionamento fotovoltaico aplicado a uma empresa atendida em alta tensão no estado do Ceará. A tecnologia de gerar eletricidade a partir de módulos fotovoltaicos já é adotada há bastante tempo nos países mais desenvolvidos. No Brasil, país com bastante potencial energético solar, começou a ser difundida este tipo de geração após a regulamentação da micro e minigeração distribuída pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), sob a resolução nº 482 de 2012, que apresenta o escopo e procedimentos de como realizar a ligação de geradores fotovoltaicos conectado à rede da distribuidora. O dimensionamento para compensar toda a energia de um consumidor segue uma metodologia que obedece as normas brasileiras para a geração distribuída e considera o fator de ajuste para os diferentes postos tarifários devido a empresa ser atendida em alta tensão. Uma análise econômica é apresentada utilizando valores reais de consumo, equipamentos e serviços para o projeto estudado onde é possível ver o a evolução de valores ao longo dos anos e o tempo de retorno do investimento.

Palavras-chave: energia solar fotovoltaica. geração distribuída. postos tarifários.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de uma célula fotovoltaica de silício policristalino	16
Figura 2 – Imagem de módulos fotovoltaicos Sunlight Ultra 270 Wp.....	17
Figura 3 – Principais componentes do módulo fotovoltaico.....	18
Figura 4 – Inversor ABB TRIO-50.0-TL-OUTD – 50 kW	21
Figura 5 – Medidor bidirecional da Eletra	23
Figura 6 – Exemplo de perfis de radiação solar diária com valores equivalentes de HSP	29
Figura7 – Fatura de energia referente à maio/2016 do cliente da distribuidora Enel.....	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Máxima radiação global diária de Fortaleza.....	31
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Tarifas de aplicação e base econômica para o grupo A (Enel)	25
Tabela 2	– Comparativo entre as resoluções normativas	27
Tabela 3	– Dados da fatura e tarifas da Enel.....	38
Tabela 4	– Dados da irradiação solar	40
Tabela 5	– Dados da irradiação solar corrigidos	41
Tabela 6	– Resumo do sistema fotovoltaico de 39,75 kWp	43
Tabela 7	– Análise econômica simplificada	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CPF	Cadastro de Pessoas Físicas
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
DR	Dispositivo Diferencial Residual
FDI	Fator de Dimensionamento do Inversor
HSP	Horas de Sol Pleno
ICMS	Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LER	Leilão de Energia Reserva
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracker</i>
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
NAMITEC	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos
PIS	Programa de Interação
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SEFIN	Secretaria Municipal das Finanças
STC	<i>Standart Test Conditions</i>
TD	Taxa de Desempenho
TE	Tarifa de Energia
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
UC	Unidade Consumidora

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	MOTIVAÇÃO	13
3.	OBJETIVOS	14
3.1.	Objetivo Geral	14
3.2.	Objetivos Específicos	14
4.	REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1.	Energia Fotovoltaica	15
4.1.1.	Tipos de células fotovoltaicas	15
4.1.2.	Módulo fotovoltaico	16
4.2.	Sistemas Fotovoltaicos	18
4.2.1.	Sistema isolado ou autônomo	19
4.2.1.1.	Bateria	19
4.2.1.2.	Controlador de carga.....	19
4.2.1.3.	Inversor off-grid.....	19
4.2.1.4.	Estrutura de fixação	20
4.2.2.	Sistema fotovoltaico conectado à rede	20
4.2.2.1.	Inversor grid tie.....	20
4.2.2.2.	Quadro de Proteção.....	21
4.2.2.2.1.	Disjuntor termomagnético	22
4.2.2.2.2.	Dispositivo diferencial residual (DR).....	22
4.2.2.2.3.	Dispositivo de proteção contra surtos (DPS).....	22
4.2.2.3.	Medidor bidirecional	22
4.3.	Faturamento da Energia Elétrica	23
4.3.1.	Postos tarifários	24
4.4.	Micro e Minigeração Distribuída	25

4.4.1.	Resolução Normativa 482/2012 e 687/2015.....	25
5.	METODOLOGIA.....	28
5.1.	Disponibilidade do Recurso Solar.....	28
5.1.1.	Análise do tipo de consumidor.....	30
5.1.1.1.	Baixa tensão.....	30
5.1.1.2.	Alta tensão.....	30
5.1.2.	Cálculo da potência do sistema.....	32
5.1.2.1.	Dimensionamento do gerador fotovoltaico.....	33
5.1.2.2.	Cálculo da potência do inversor.....	34
5.1.3.	Área de instalação.....	34
5.2.	Análise Econômica.....	35
6.	RESULTADOS.....	36
6.1.	Dados do Consumidor.....	36
6.2.	Dados Solarimétrico.....	39
6.3.	Cálculo do Gerador Fotovoltaico.....	41
6.4.	Cálculo do Inversor.....	42
6.5.	Definição de Equipamentos.....	42
6.6.	Resumo do Sistema.....	42
6.7.	Análise Econômica.....	43
7.	CONCLUSÕES.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	ANEXO A – MANUAL DO MÓDULO FOTOVOLTAICO CANADIAN CS6P – 265P.....	i
	ANEXO B – MANUAL DO INVERSOR FRONIUS CL 36.0.....	iii
	ANEXO C – PROPOSTA COMERCIAL – SISTEMA SOLAR DE POTÊNCIA 39,75 KWP.....	v

1. INTRODUÇÃO

A busca pelo desenvolvimento tecnológico e o bem-estar da população necessita bastante da energia elétrica e junto disso é crescente a preocupação com o clima, pois os recursos energéticos de matriz fósseis são predominantes e mais poluentes. Assim sendo, a utilização de novas fontes de energias renováveis aparece como uma solução real para estes problemas.

No Brasil, a utilização de fontes renováveis é alta. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016), 75,5% da matriz energética brasileira são de origem renováveis, onde a hidrelétrica domina com 64% de participação. Porém, a forte dependência das hidrelétricas vem causando problemas por conta das crises hídricas dos últimos anos.

Por conta das estiagens, várias termelétricas são acionadas para suprir o consumo de energia elétrica de todos os setores do Brasil, que em 2015 foi de 615,9 TWh (EPE, 2016). A produção de eletricidade por este tipo de fonte ocasiona impactos ambientais negativos, além dos custos elevados para sua geração. Por isso o forte apelo da utilização de fontes limpas e mais eficientes como a eólica e solar.

O aproveitamento da energia solar fotovoltaica no Brasil ganhou impulso com as resoluções normativas e incentivos do governo. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu em 2012 a Resolução Normativa nº 482 que permitiu qualquer unidade consumidora de poder gerar energia elétrica e fazer sua distribuição para a rede das concessionárias, criando as modalidades de microgeração e minigeração distribuída. Em 2013, ocorreu o primeiro Leilão de Energia Reserva (LER) que permitiu a participação de empreendimentos de geração solar com potência a partir de 5 MW.

Em seguida, a utilização da energia solar fotovoltaica tornou-se viável graças à evolução tecnológica dos equipamentos e obteve um crescimento significativo. A potência instalada em micro e minigeração distribuída ficou em 13,3 MW apenas em fontes fotovoltaicas, representando mais de 80% de todas as instalações da modalidade ao final de 2015 (EPE, 2016).

2. MOTIVAÇÃO

Os sistemas fotovoltaicos tiveram mais destaque e acessibilidade no Brasil nos últimos anos com as novas regras implantadas e linhas de crédito específicas, que incentivaram a produção de energia pelos próprios consumidores. A geração distribuída melhora a matriz energética do país, pois aumenta o percentual de fontes limpas e mais eficientes.

Com o crescente número de pessoas físicas e jurídicas interessadas em micro e minigeração distribuída, várias empresas surgiram para projetar e executar os serviços de instalações dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Tal aumento incentiva a redução de custos dos equipamentos assim como as inovações dos mesmos. Em contra partida, a concorrência também pode causar a baixa da qualidade dos materiais e, principalmente, erros de projetos por uma consultoria que desconhece o modelo de compensação brasileiro.

A motivação para este trabalho, portanto, é apresentar o correto dimensionamento para as unidades consumidoras atendidas em alta tensão que possuem tarifas diferentes ao longo do dia.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

O trabalho teve como objetivo geral apresentar o dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede para uma empresa com sede em Fortaleza, Ceará, que é atendida pela distribuidora em alta tensão.

3.2. Objetivos Específicos

Apresentar o dimensionamento para um cliente seguindo as normas da ANEEL e a Resolução Normativa Nº 687/2015 de microgeração e minigeração distribuída conectada à rede elétrica.

Expor as diferenças das tarifas do hora ponta e fora ponta no dimensionamento.

Preparar a análise econômica do projeto utilizando os preços reais do mercado, apresentando o Tempo de Retorno.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Energia Fotovoltaica

A radiação solar pode ser diretamente convertida em energia elétrica por meio de semicondutores, que é o material fundamental das células fotovoltaicas.

A radiação solar provoca o choque dos fótons com os elétrons das células, fornecendo-lhes energia e transformando o material em bom condutor. Um campo elétrico é formado gerando uma corrente elétrica e sua intensidade é diretamente proporcional à intensidade de luz que incide sobre a célula. O fluxo de elétrons dá origem a uma diferença de potencial, o qual só será mantido quando houver a incidência de luz (Efeito Fotovoltaico), pois a energia não pode ser armazenada na célula (NASCIMENTO, 2004).

Os custos de produção são elevados, porém vem diminuindo com a forte expansão do mercado e com o avanço tecnológico, possibilitando também ganhos na eficiência das células com a utilização de novos materiais.

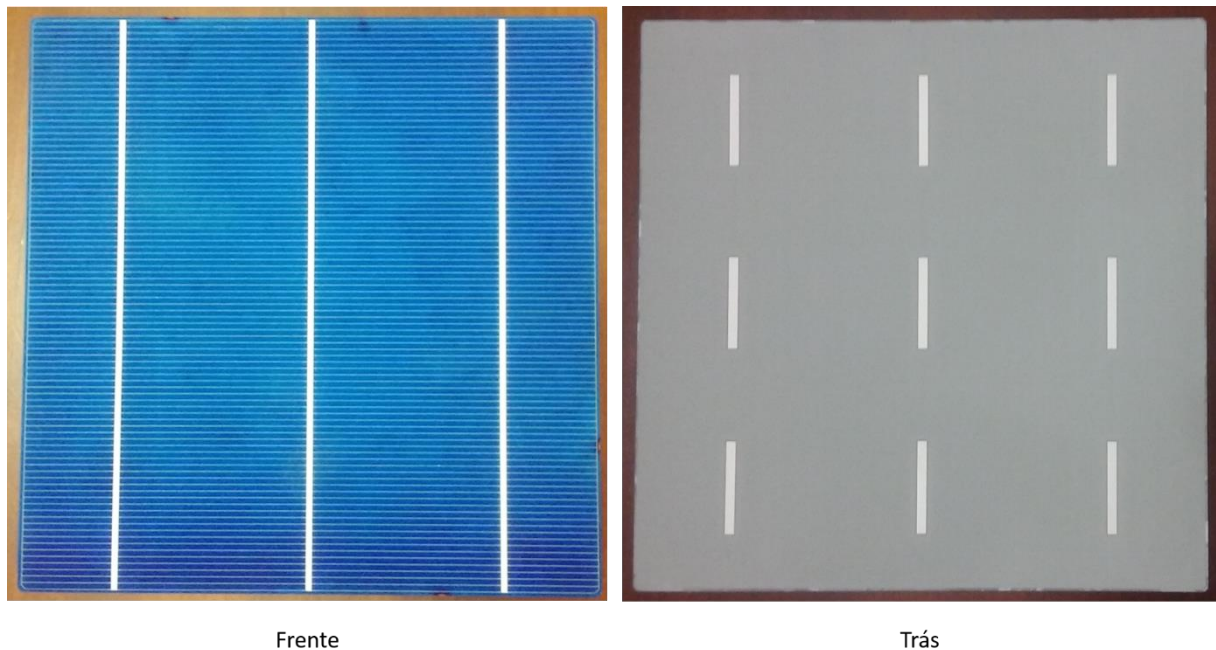
4.1.1. Tipos de células fotovoltaicas

O uso do silício cristalino como semicondutor é utilizado na maioria das células fotovoltaicas. Ele faz parte da primeira geração da tecnologia fotovoltaica e apresenta eficiência de até 18%. A particularidade deste material é ter características intermédias entre um condutor e um isolante (ELY E SWART, 2014).

O silício puro não é um bom condutor elétrico e necessita que se adicione outros elementos para modificá-lo, sendo este processo conhecido por dopagem. Fósforo, arsênio, boro, gálio e índio são os materiais mais utilizados como dopantes do silício (SANTOS, 2013). A adição destes átomos provocam ligações entre eles deixando elétrons livres ou falta deles, que podem transportar cargas negativas ou positivas dependendo do material de dopagem.

A Figura 1 apresenta as faces de uma célula de silício policristalino com potência de 4,5 W.

Figura 1 – Imagem de uma célula fotovoltaica de silício policristalino.



Fonte: Arquivo pessoal.

A fabricação de células com telureto de cádmio (CdTe), disseleneto de cobre e índio (CIS), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e silício amorfo (a-Si) são consideradas de segunda geração (ELY E SWART, 2014), a tecnologia presente é baseada nos filmes finos inorgânicos e sua eficiência é próxima das células de cristais de silício. Alguns problemas nesse tipo de célula são a toxicidade das matérias utilizadas (OLIVEIRA 2008).

Segundo Ely e Swart (2014), existem pesquisas na produção de células fotovoltaicas com materiais abundantes e de baixa toxicidade. O propósito desses estudos é a busca da geração de energia pelo efeito fotovoltaico de alta eficiência utilizando técnicas de obtenção de nanocristais semicondutores, com a intensão que seja de baixo custo. A produção de nanocristais de seleneto de cádmio (CdSe) e fosfeto de índio (InP) é realizada no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (NAMITEC).

4.1.2. Módulo fotovoltaico

Uma célula fotovoltaica feita de cristais de silício, tipo mais comercializada, gera em torno de 0,5 V (NASCIMENTO, 2004). Portanto é necessário um conjunto de células para obter tensões compatíveis com os equipamentos elétricos.

O módulo fotovoltaico é o conjunto de células que nos principais modelos do mercado são compostos por 60 a 72 células ligadas em série (PORTAL SOLAR, 2017). A

associação em série aumenta o valor da tensão mantendo a mesma intensidade de corrente gerada pelas células. Painéis compostos de 60 células e com potências nominais de 240 W e 270 W tem intensidades de correntes elétrica de 8 A e 9 A respectivamente.

A Figura 2 exibe a instalação de um estacionamento com 56 módulos fotovoltaicos, cada um fabricado com 60 células.

Figura 2 – Imagem de módulos fotovoltaicos Sunlight Ultra 270 Wp.

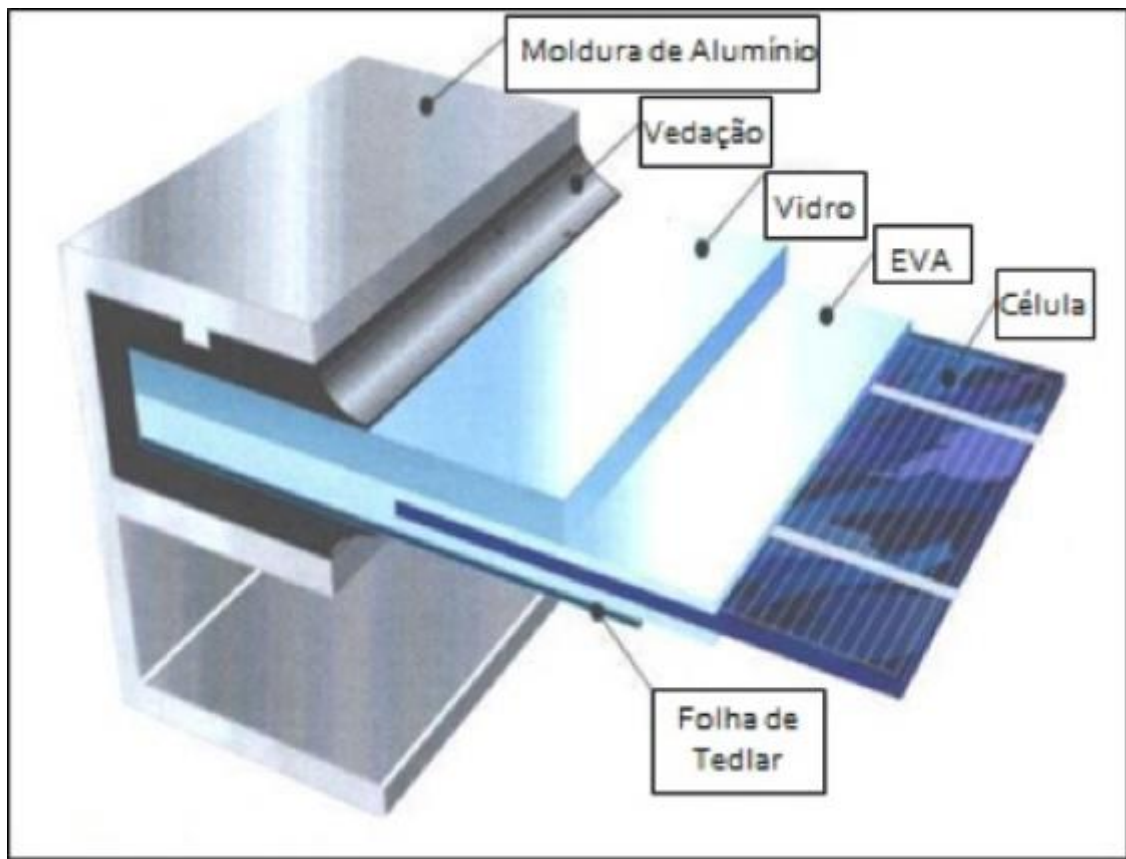


Fonte: Arquivo pessoal.

A potência nominal de um módulo também é chamada de potência pico cuja unidade é Watts Pico (Wp). Esta potência é determinada por ensaios seguindo as especificações da norma IEC 61215 a qual possui as condições padrões de teste (STC – *Standart Test Conditions*, 25° C; AM 1,5; 1000 W/m²).

Os principais componentes de um painel fotovoltaico são apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Principais componentes do módulo fotovoltaico.



Fonte: Site Energia Total¹.

Os módulos comercializados no Brasil devem ter a aprovação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO, 2011) que segue os itens 10.1, 10.2, 10.3 e 10.15 da IEC 61215 e para os módulos de filmes finos, adota a IEC 61646.

4.2. Sistemas Fotovoltaicos

O aproveitamento da energia fotovoltaica numa residência, comércio ou indústria não é possível apenas com uso dos módulos fotovoltaicos. Um conjunto de equipamentos se faz necessário para a aplicação de forma útil dessa energia.

Há três formas de aplicação dos sistemas fotovoltaicos. A primeira é de um sistema isolado, quando energia gerada é aproveitada instantaneamente ou acumulada em baterias para sua utilização posterior sem ligações com uma rede elétrica existente. A segunda forma é quando o sistema fica conectado à rede elétrica existente. A combinação das duas primeiras é

¹ Disponível em <<https://www.energiatotal.com.br/br/como-avaliar-a-qualidade-dos-modulos-fotovoltaicos>> Acesso em 10/12/2016.

conhecida como híbrida, sendo este o terceiro tipo de aplicação.

4.2.1. Sistema isolado ou autônomo

Em um sistema isolado existem cinco componentes principais, que são:

- Módulo fotovoltaico;
- Bateria;
- Controlador de carga;
- Inversor *off-grid*;
- Estrutura de fixação.

4.2.1.1. Bateria

Os painéis fotovoltaicos não geram energia durante todo o dia, algumas oscilações podem ocorrer na geração no momento que passa uma nuvem e cessando durante a noite. Para ter a possibilidade de produção de energia sem interrupções, é utilizado um acumulador de energia, uma bateria. É comum a associação de várias baterias para atender a tensão e tempo de autonomia do sistema instalado.

4.2.1.2. Controlador de carga

É o equipamento que age como uma válvula entre os módulos fotovoltaicos e a bateria para evitar que ela tenha uma sobrecarga ou uma descarga profunda.

4.2.1.3. Inversor off-grid

Como a corrente gerada a partir das células fotovoltaicas é contínua (CC) e quase todos os aparelhos elétricos são alimentados por corrente alternada (CA), tem-se a necessidade de se fazer a conversão que é realizada pelo inversor *off-grid*. Além da conversão CC/CA, o inversor tem a função de deixar a tensão de saída compatível com a dos equipamentos ligados a ele.

4.2.1.4. *Estrutura de fixação*

Os módulos fotovoltaicos são fixados à estruturas metálicas geralmente em liga de alumínio ou aço inox. Estas são muito importantes para o correto posicionamento dos painéis e tem o dever de manter os módulos seguros mesmo com as adversidades do tempo como ventanias e tempestades.

A qualidade da estrutura é fundamental, o material deve ter proteção contra corrosão, pois deve garantir sua integridade ao longo da vida útil do sistema. Alguns fabricantes de estruturas garantem também proteção contra ambiente salobre assim como resistência contra roedores.

4.2.2. *Sistema fotovoltaico conectado à rede*

No sistema de geração fotovoltaica conectado à rede não há necessidade de utilização de baterias, pois a rede da distribuidora faz este papel. Toda a oscilação da geração ou excesso da mesma é complementada pela rede existente. A energia gerada em excesso pelo sistema é injetada na rede, gerando créditos para o cliente e qualquer outro consumidor poderá utilizar a energia que foi gerada pelo Sol (LAMBERTS *et. al.*, 2010).

Os equipamentos necessários para um sistema fotovoltaico conectado à rede são:

- Módulo fotovoltaico;
- Inversor *grid tie*;
- Estrutura de fixação;
- Quadro de proteção;
- Medidor bidirecional.

4.2.2.1. *Inversor grid tie*

Assim como no sistema isolado, o inversor *grid tie* é utilizado para o sistema conectado à rede e tem como principal função converter a corrente contínua em corrente alternada, mas também deve respeitar as normas da ABNT para garantir a qualidade da energia assim como a segurança da equipe de manutenção da rede da distribuidora.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2014), os inversores

conectados à rede tem que seguir os parâmetros de monitoramento e proteção da rede da NBR 16149:2003, NBR 16150:2013 e NBR IEC 62116:2012 que tem como principais requisitos o anti-ilhamento e desconexão por variações de tensões e frequências na rede da concessionária.

Alguns inversores ainda contam com sistema de comunicação pela internet, como o exibido na Figura 4. Os dados de produção e possíveis falhas no sistema são reportados através da rede de comunicação *on-line*.

Figura 4 – Inversor ABB TRIO-50.0-TL-OUTD – 50 kW.



Fonte: Arquivo pessoal.

Uma função importante dos inversores é a capacidade de rastrear o ponto de máxima potência entre tensão e corrente, chamado de MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), aumentando a eficiência do sistema. É importante que o número de orientações diferentes dos painéis coincida com o número de MPPT que o inversor possui, pois cada direção recebe diferente valor de irradiação. Logo o inversor conseguirá maximizar a potência de cada grupo de painéis.

4.2.2.2. Quadro de Proteção

A ANEEL define as regras para as proteções de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Os projetos de geração devem seguir os procedimentos e normas técnicas da distribuidora local, que se baseiam também nas Resoluções 414/2010, 687/2015 e no módulo 3

dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Alguns inversores, como o apresentado na Figura 4, possuem proteções tanto na entrada DC quanto na saída AC.

Os principais dispositivos de segurança para um sistema fotovoltaico são:

- Disjuntor termomagnético;
- Dispositivo diferencial residual;
- Dispositivo de proteção contra surtos.

4.2.2.2.1. Disjuntor termomagnético

Os curtos-circuitos e sobrecargas podem danificar as instalações elétricas assim como os equipamentos do sistema fotovoltaico. O disjuntor termomagnético é um interruptor que dispara quando a corrente ultrapassa seu limite de projeto.

4.2.2.2.2. Dispositivo diferencial residual (DR)

É um dispositivo de proteção contra as consequências das correntes de fuga. O DR dispara quando a somatória vetorial das correntes for diferente de zero, evitando danos ao sistema e protegendo as pessoas de possíveis choques.

4.2.2.2.3. Dispositivo de proteção contra surtos (DPS)

O DPS protege o sistema fotovoltaico da sobretensão causada por descargas atmosféricas ou manobras de circuito descarregando os pulsos de alta-tensão para a terra.

4.2.2.3. *Medidor bidirecional*

Segundo a ANEEL (2015), o medidor precisa, no mínimo, fazer a leitura da energia consumida e injetada na rede.

A Figura 5 apresenta o medidor bidirecional trifásico que COELCE, atual Enel Distribuição Ceará, instala nas unidades consumidoras com geração distribuída. É possível

fazer a leitura da energia consumida e injetada na rede da distribuidora através do *display* do equipamento.

Figura 5 – Medidor bidirecional da Eletra.



Fonte: Arquivo pessoal

4.3. Faturamento da Energia Elétrica

Os dados contidos na fatura que a concessionária disponibiliza ao consumidor é de grande importância para o correto dimensionamento de um sistema fotovoltaico quando o cliente deseja ficar pagando o mínimo à concessionária.

De acordo com a Resolução Normativa da ANEEL nº 414 (2010), há dois grupos de consumidores. O grupo B é formado por clientes que são atendidos em tensão de até 2,3 kV e possui tarifa monômnia, que é feita apenas sobre o consumo de energia elétrica. As unidades consumidoras atendidas em tensão igual ou acima de 2,3 kV pertencem ao grupo A com tarifa binômnia, onde o cliente paga pelo consumo de energia e pela demanda de potência que precisa.

Mesmo que o cliente não consuma energia elétrica no mês, ainda há a tarifa do serviço de iluminação pública, que segue a legislação municipal ou distrital e o custo de disponibilidade do sistema elétrico para os consumidores do grupo B. O custo de disponibilidade não é aplicado para os clientes do grupo A, porém, devem pagar a demanda contratada, que é a média das potências elétricas instantâneas e solicitadas pelo consumidor em um intervalo de tempo de 15 minutos.

As tarifas que são pagas na conta de energia pelos consumidores atendidos pelas distribuidoras tem valores atrelados com a estrutura do fornecimento de energia e é composta pela Tarifa de Energia (TE) e a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD). A TE está relacionada com o preço da geração de energia elétrica. Os custos com o transporte pelas linhas de transmissões e a distribuição de energia são cobrados pela TUSD (ELETKTRO, 2016). As tarifas ainda sofrem adições de impostos federais como o Programa de Interação Social (PIS), a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e estadual como o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) (GUIMARÃES, 2015).

A iluminação pública é uma contribuição pela esfera municipal, portanto é cobrada uma tarifa diferente de acordo com cada cidade em que a distribuidora presta seus serviços. É possível obter a tarifa de iluminação pública de Fortaleza através do site da Secretaria Municipal das Finanças (SEFIN) onde são apresentada as faixas de percentuais do imposto para cada faixa de consumo de energia. Os valores cobrados também variam de acordo com o tipo de consumidor: residencial e não residencial.

4.3.1. Postos tarifários

Segundo a ANEEL (2010), posto tarifário é o período de tempo em horas para aplicação das tarifas de forma diferenciada ao longo do dia. Há três tipos de postos tarifários:

- Posto tarifário ponta: período de três horas consecutivas por dia onde cada distribuidora estabelece este período conforme a carga de seu sistema. O posto não é aplicado aos finais de semana e feriados nacionais.
- Posto tarifário intermediário: período de uma hora antes e uma hora após o posto tarifário ponta.
- Posto tarifário fora de ponta: período das horas que complementam os postos ponta e, para o grupo B, intermediário.

Consumidores do grupo A podem ser cobrados apenas no posto fora ponta ou pelos postos tarifários ponta e fora ponta.

Pela Tabela 1, é visto que a TE e a TUSD são mais caras no posto tarifário ponta, pois é nesse período que existe maior solicitação de energia pelos consumidores. O grande aumento na demanda de energia provoca o ligamento de usinas cuja geração é mais cara.

Tabela 1 – Tarifas de aplicação e base econômica para o grupo A (Enel)

SUBGRUPO	MODALIDADE	ACESSANTE	POSTO	TARIFAS DE APLICAÇÃO			BASE ECONÔMICA			
				TUSD		TE	TUSD		TE	
				RS/kW	RS/MWh	RS/MWh	RS/kW	RS/MWh	RS/MWh	
A1 (230 KV ou mais)	AZUL	CCCP	P	2,05	17,27	345,99	1,55	17,27	312,32	
			FP	1,93	17,27	212,93	1,45	17,27	199,10	
	AZUL APE	CCCP	P	2,05	0,67	0,00	1,55	0,57	0,00	
			FP	1,93	0,67	0,00	1,45	0,57	0,00	
A3 (69KV)	AZUL	NA	P	7,67	22,84	345,99	7,01	22,03	312,32	
			FP	2,93	22,84	212,93	2,38	22,03	199,10	
	AZUL APE	NA	P	7,67	6,23	0,00	7,01	5,33	0,00	
			FP	2,93	6,23	0,00	2,38	5,33	0,00	
GERAÇÃO	NA	NA	8,71	0,00	0,00	8,62	0,00	0,00		
A4 (2,3 a 25KV)	AZUL	NA	P	25,97	29,89	345,99	25,40	28,10	312,32	
			FP	9,19	29,89	212,93	8,65	28,10	199,10	
	AZUL APE	NA	P	25,97	13,28	0,00	25,40	11,39	0,00	
			FP	9,19	13,28	0,00	8,65	11,39	0,00	
	VERDE	NA	NA	9,19	0,00	0,00	8,65	0,00	0,00	
			P	0,00	659,85	345,99	0,00	644,37	312,32	
	VERDE APE	NA	FP	0,00	29,89	212,93	0,00	28,10	199,10	
			NA	9,19	0,00	0,00	8,65	0,00	0,00	
	CONVENCIONAL	NA	P	0,00	643,25	0,00	0,00	627,66	0,00	
			FP	0,00	13,28	0,00	0,00	11,39	0,00	
	DISTRIBUIÇÃO	EPB	NA	NA	27,89	29,89	224,02	26,94	28,10	208,54
				P	9,99	9,59	0,00	9,36	8,16	0,00
		CEPISA	NA	FP	4,51	9,59	0,00	3,96	8,16	0,00
				NA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				P	9,99	9,59	0,00	9,36	8,16	0,00
				FP	4,51	9,59	0,00	3,96	8,16	0,00

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2015)².

4.4. Micro e Minigeração Distribuída

Os micro e minigeradores de energia elétrica são estimulados pelo fator socioambiental e pela economia financeira que sua produção traz. O sistema elétrico ganha com redução de perdas, pois com as gerações descentralizadas e próximas aos seus consumidores diminuem os gastos com transmissões e distribuições, além da redução no carregamento das redes (ANEEL, 2016).

O consumidor que deseja instalar um sistema de geração distribuída também deve obedecer as normas técnicas da distribuidora local, que seguem o PRODIST, resoluções da ANEEL e decretos federais.

4.4.1. Resolução Normativa 482/2012 e 687/2015

A partir de 2012, com a Resolução Normativa nº 482, as unidades consumidoras no Brasil passaram a poder produzir sua própria energia elétrica e distribuí-la na rede da distribuidora. Desde então os consumidores tiveram mais facilidade ao acesso da geração distribuída.

As condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica

² ANEEL – Resolução homologatória nº 1.882, de 14 de abril de 2015.

foram estabelecidas pela ANEEL de acordo com o Art. 1º da Resolução Normativa nº 482, a qual foi o pilar da geração distribuída no Brasil.

O sistema brasileiro é o de compensação de energia elétrica, no qual o excesso de energia gerada é injeta na rede local e que posteriormente a distribuidora cede de volta à unidade consumidora, sem cobrar por essa transição. Se o saldo do cliente for positivo ao final do período de faturamento, ele terá um crédito de energia para ser utilizado depois. Mesmo que o cliente injete na rede mais energia do que consome, ainda sim deverá pagar o custo de disponibilidade para os consumidores do grupo B. Para o grupo A, paga-se o custo da demanda contratada.

Em novembro de 2015, a resolução passou por algumas alterações quando a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687 com o objetivo de melhorar o acesso e informações para os consumidores com micro ou minigeração e compatibilização do Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento.

A Tabela 2 lista as principais diferenças da Resolução Normativa nº 687/2015 e a Resolução Normativa nº482/2012.

Tabela 2 – Comparativo entre as resoluções normativas.

Comparativo Entre as Resoluções Normativas			
nº 482/2012		nº 687/2015	
Limites de Potência			
Microgeração	100kW	Microgeração	75kW
Minigeração	1MW	Minigeração	5MW*
*3MW para fontes hidráulicas			
Validade dos créditos			
36 meses para utilização dos créditos.		60 meses para utilização dos créditos.	
Compensação em mais de um unidade consumidora			
<p>Mesmo cliente (CPF ou CNPJ)</p> <p>A UC onde ocorre a geração é compensada primeiro em 100% e o excesso nas demais unidades do cliente.</p>		<p>Autoconsumo Remoto (mesmo CPF ou CNPJ)</p> <p>A geração pode ser realizada em uma UC que não tenha consumo. Cada unidade é compensada com um percentual pré-determinado.</p> <p>Geração Compartilhada</p> <p>Geração feita em um local diferente do local de consumo. Pode ser realizado um Consórcio ou Cooperativa e definir a proporção.</p> <p>Condomínio</p> <p>Sistema instalado dentro de um condomínio para ser compensado em áreas comuns e demais UC do local através de percentuais.</p>	

Fonte: Elaborada pelo autor.

5. METODOLOGIA

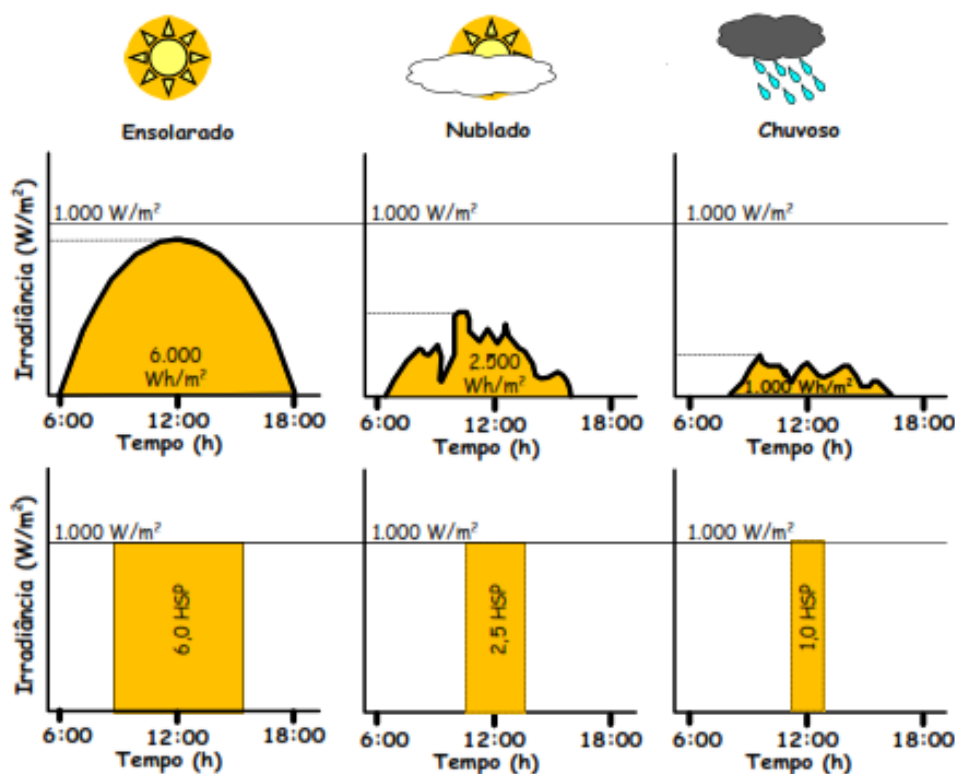
O dimensionamento de um sistema fotovoltaico pode ser realizado de diversas maneiras dependendo da metodologia utilizada, variando principalmente o ponto de partida. Algumas iniciam pela área disponível, outras pela potência do inversor ou da quantidade de capital para investimento. Porém, os resultados finais não possuem grandes variações. Neste trabalho, foi utilizada a metodologia apresentada pelo Pinho e Galdino (2014), que teve como princípio a média de energia diária consumida, e adaptada para uma unidade consumidora de alta tensão seguindo o modelo de compensação da Resolução Normativa nº 687/2015 e Norma Técnica NT-010/2012 da Coelce.

5.1. Disponibilidade do Recurso Solar

A radiação solar no local onde foi realizado o estudo é de suma importância, pois a potência dos módulos fotovoltaicos dependem basicamente dela. A irradiação é o fluxo de potência dessa radiação por unidade de área e durante o dia seu valor altera diversas vezes, principalmente pela ocorrência de nuvens sobre os painéis. Para dimensionar um sistema utilizando as variações nos valores da potência exige um excesso de cálculos que podem ser dispensados pela utilização das Horas de Sol Pleno (HSP).

A HSP representa a razão do total de irradiação acumulada em um dia por 1.000 W/m^2 . Como se teoricamente toda a radiação solar se concentrasse apenas nessas horas e com seu valor igual a 1.000 W/m^2 , como representado na Figura 6.

Figura 6 – Exemplo de perfis de radiação solar diária com valores equivalentes de HSP.



Fonte: PINHO *et. al.*, 2008 p. 55³.

No Brasil, a HSP fica entre 4 kWh/m²/dia no Sul e 6,5 kWh/m²/dia no interior do Nordeste (NEOSOLAR, 2016). É possível obter os valores da HSP com dados fornecidos pela NASA⁴. Os dados são para um plano horizontal com a superfície, então os mesmos devem ser posteriormente corrigidos por *softwares* que realizam os cálculos para diferentes inclinações dos módulos.

Segundo Pinho e Galdino (2014), para a máxima eficiência de um sistema fixo ao longo do ano, a inclinação dos módulos devem ser igual ao ângulo da latitude da região onde será instalado. Porém, para regiões com latitudes entre -10° e +10° é recomendada a inclinação igual a 10°, pois a chuva conseguirá lavar os painéis nesta inclinação, mantendo-os limpos dos acúmulos de poeiras e portanto aumentando seu desempenho.

O PVsyst é um *software* que trabalha com modelos matemáticos e dados meteorológicos de diversas fontes. É possível fazer toda a simulação de sistemas fotovoltaicos, pois também conta com bastante dados de fabricantes de painéis e inversores. Com o programa é possível coletar dados como a HSP para a inclinação desejada.

³ PINHO, J T.; BARBOSA, C. F. O.; PEREIRA, E. J. S.; SOUZA, H. M. S.; BLASQUES, L. C. M.; GALHARDO, M. A. B.; MACÊDO, W. N. **Sistemas híbridos – Soluções energéticas para a Amazônia**. 1. ed. Brasília, Brasil: Ministério de Minas e Energia, 2008. 396 p.

⁴ Os dados podem ser obtidos em <<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?>>.

O sombreamento é outro ponto de suma importância a ser analisado, já que mesmo em regiões com altos valores de irradiação é possível que no local, a ser instalado os painéis, sofra com sombras de construções civis ou árvores, inviabilizando o projeto.

5.1.1. *Análise do tipo de consumidor*

A importância do tipo de consumidor deve-se a diferente forma de realizar o dimensionamento de compensação de energia, assim como a análise econômica, pois possuem tarifas diferentes. No estado do Ceará, a Enel atende consumidores de baixa e alta tensão.

5.1.1.1. *Baixa tensão*

Para os consumidores de baixa tensão há o custo de disponibilidade, que é o valor mínimo que a unidade deve pagar quando possui geração distribuída. Segundo a resolução normativa nº 687/2015, esse valor é contabilizado em kWh por mês e varia de acordo com o tipo de ligação:

- Monofásico: 30 kWh;
- Bifásico: 50 kWh;
- Trifásico: 100 kWh.

Mesmo que a produção de energia seja maior que o consumo mensal, ainda será cobrado o custo de disponibilidade, portanto o dimensionamento é realizado descontando-o.

A compensação de energia em baixa tensão é dada por:

$$E_{Comp} = E_{Cons} - E_{CD} \quad (1)$$

Cujo:

E_{Comp} – Energia compensada;

E_{Cons} – Energia mensal consumida;

E_{CD} – Energia do custo de disponibilidade.

5.1.1.2. *Alta tensão*

A maioria dos consumidores atendidos em alta tensão possuem tarifas diferentes em determinadas horas do dia conforme a distribuidora local, pois cada uma segue o horário

que melhor atende a região. No Ceará, a Enel mantém o período entre 17:30 e 20:30 como hora ponta e o restante do dia a tarifa é cobrada no posto fora ponta.

De acordo com o Art. 7º da Resolução Normativa 687/2015 “a compensação deve se dar primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, devendo ser observada a relação dos valores das tarifas de energia – TE (R\$/MWh)” (ANEEL, 2015, p.5).

A distribuidora faz o cálculo da compensação de energia em diferentes postos tarifários pela equação:

$$\text{Compensação} = E_G \times \frac{TE_G}{TE_C} - E_C \quad (2)$$

Cujo:

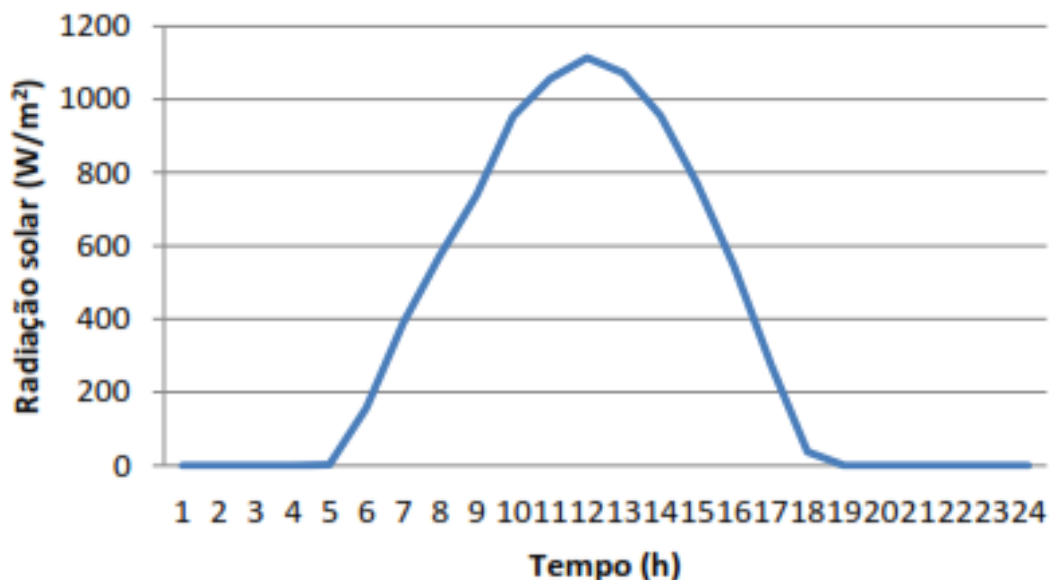
E_G – Energia excedente gerada;

TE_G – Tarifa do posto tarifário onde ocorreu a geração de energia excedente;

E_C – Energia consumida;

TE_C – Tarifa do posto tarifário onde ocorreu o consumo.

Gráfico 1 – Máxima radiação global diária de Fortaleza.



Fonte: SOUSA, 2013, p. 58⁵.

Dos valores apresentados no Gráfico 1, observa-se que a radiação global diária em Fortaleza é mínima no horário próximo das 18:00, portanto a produção de energia no período

⁵ SOUSA, A. E. **Geração Distribuída**: Análise da viabilidade financeira de um projeto de microgeração interligada à rede elétrica. 2013. 101 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2013.

do posto tarifário hora ponta da Enel é desprezível. Logo, a energia a ser compensada é calculada por:

$$E_{Comp} = E_{FP} + E_P \times \frac{TE_{FP}}{TE_P} \quad (3)$$

Cujo:

E_{FP} – Média mensal da energia consumida no posto tarifário fora ponta;

TE_{FP} – Tarifa de energia do posto tarifário fora ponta;

E_P – Média mensal da energia consumida no posto fora ponta;

TE_P – Tarifa de energia do posto tarifário onde ocorreu a geração.

A razão entre as tarifas é chamada de Fator de Ajuste. A Tarifa de Energia da hora ponta tem o valor mais elevado que a TE do posto fora ponta. Dessa forma, é necessário gerar mais energia no horário de fora ponta de forma que, multiplicado pelo Fator de Ajuste, o resultado seja igual a energia consumida na hora ponta. Assim, consegue-se compensar toda energia consumida da distribuidora.

Como os consumidores do grupo A não tem custo de disponibilidade, então pode ser feito o dimensionamento para suprir todo o consumo de energia elétrica do local.

A potência do sistema deve ser no máximo igual a potência da demanda contratada pela unidade consumidora. Para potências de valor maior, deve-se pedir o aumento de demanda para distribuidora. Deve ser realizado o estudo de viabilidade econômica para saber o impacto da nova demanda contratada e buscar o equilíbrio entre os valores.

5.1.2. Cálculo da potência do sistema

O cálculo da potência do sistema fotovoltaico depende bastante do modelo de compensação existente. No Brasil, para uma unidade consumidora em alta tensão que há diferentes postos tarifários deve ser considerada o fator de ajuste das tarifas.

Pela metodologia seguida, a energia a ser compensada deve ser a igual a média da energia diária anual. A compensação de 100% do consumo de energia gasta pela unidade consumidora é dada por:

$$E_{Comp} = E_D \quad (4)$$

Logo:

$$E_D = E_{DFP} + E_{DP} \times \frac{TE_{FP}}{TE_P} \quad (5)$$

Cujo:

E_D – Média diária anual da energia compensada;

E_{DFP} – Média diária anual da energia consumida no posto tarifário fora ponta;

TE_{FP} – Tarifa de energia do posto tarifário fora ponta;

E_{DP} – Média diária anual da energia consumida no posto fora ponta;

TE_P – Tarifa de energia do posto tarifário onde ocorreu a geração.

5.1.2.1. Dimensionamento do gerador fotovoltaico

A potência do gerador é calculada, em Wp, por:

$$P_{FV} = \frac{E_D / TD}{HSP_{MAC}} \quad (6)$$

Cujo:

P_{FV} – Potência do gerador fotovoltaico;

HSP_{MAC} – Média diária anual da HSP corrigida;

TD – Taxa de desempenho.

Segundo Pinho e Galdino (2014), a taxa de desempenho é a razão entre o desempenho real do sistema e o desempenho máximo teórico do gerador fotovoltaico. O sistema fotovoltaico sofre vários tipos de perdas quando está em funcionamento e elas que prejudicam diretamente a produção elétrica. As principais perdas estão associadas a quedas de tensão no cabeamento, tecnologia das células, eficiência do inversor, sujeira nos módulos, clima da região e áreas sombreadas. No Brasil, a TD está entre 70 e 80% dependendo da região, pois a temperatura ambiente influencia muito.

A HSP deve ser corrigida para a inclinação dos painéis, pois os dados apresentados pela NASA são de uma superfície na horizontal. A utilização de *softwares* como PVsyst é necessária para os cálculos destas correções.

Existem inúmeros fabricantes e modelos de módulos fotovoltaicos. Após encontrar o valor da potência do gerador fotovoltaico, escolhe-se o modelo dos painéis de acordo com a

necessidade, principalmente como área disponível, tipo de tecnologia, configurações de *strings* por MPPT e logística.

5.1.2.2. Cálculo da potência do inversor

Devido aos diversos tipos de perdas no sistema fotovoltaico, principalmente por temperatura, a potência nominal do inversor pode ser inferior a potência nominal do gerador fotovoltaico. As especificações de potência dos painéis são à temperatura de 25° C e irradiação de 1.000 W/m², porém, quando se tem a irradiação neste valor, dificilmente a temperatura das células estará a 25° C. Contrariamente, o inversor poderá ter a potência superior à dos painéis caso seja instalado em lugares confinados, onde a temperatura esteja bem acima da ambiente. (PINHO e GALDENIO, 2014).

Os fabricantes recomendam um Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI) entre 75 e 105% no qual é aplicado dependendo do ambiente onde o inversor é instalado e a relação custo-benefício do equipamento.

A potência nominal do inversor é calculada por:

$$P_I = P_{FV} \times FDI \quad (7)$$

Cujo:

P_I – Potência nominal do inversor;

P_{FV} – Potência nominal do gerador fotovoltaico;

FDI – Fator de dimensionamento do inversor.

Calculada a potência do inversor, é necessária aproximá-la para os valores existentes no mercado, respeitando o FDI e ajustando para a melhor relação de custo-benefício.

5.1.3. Área de instalação

Após o dimensionamento, os painéis e inversores também devem ser compatíveis com o espaço físico do local onde será instalado.

Sempre evitar ao máximo as áreas com sombreamentos. Em imóveis com poucos espaços disponíveis para a instalação, é bom procurar módulos mais eficientes, pois para o

mesmo tamanho de painel é possível ter potências variando entre 240 Wp e 275 Wp, por exemplo.

A estrutura também deve se adequar ao espaço de instalação, respeitando a inclinação de projeto e o tipo de ambiente.

5.2. Análise Econômica

Após realizado o dimensionamento do sistema de geração fotovoltaica, é necessário analisar o investimento que será feito pelo cliente. A análise é feita pelo balanço econômico do quanto foi investido e o ganho com a economia que o sistema produzirá no prazo de 25 anos, que é o tempo de garantia que os fabricantes dão aos módulos fotovoltaicos.

No balanço econômico anual tem-se:

- Como saídas
 - Total investido no projeto do sistema;
 - Custos de operação e manutenção;
 - Aumento de demanda contratada.
- Como Entrada
 - Produto da quantidade de energia gerada pelas tarifas.

É feita uma planilha para os 25 anos com todos os balanços anuais, onde o principal dado extraído é o tempo de retorno do sistema. O *payback*, embora seja um modo simples de fazer o estudo financeiro, é a análise de investimento mais comum e que tem como resultado principal o tempo de retorno do capital investido.

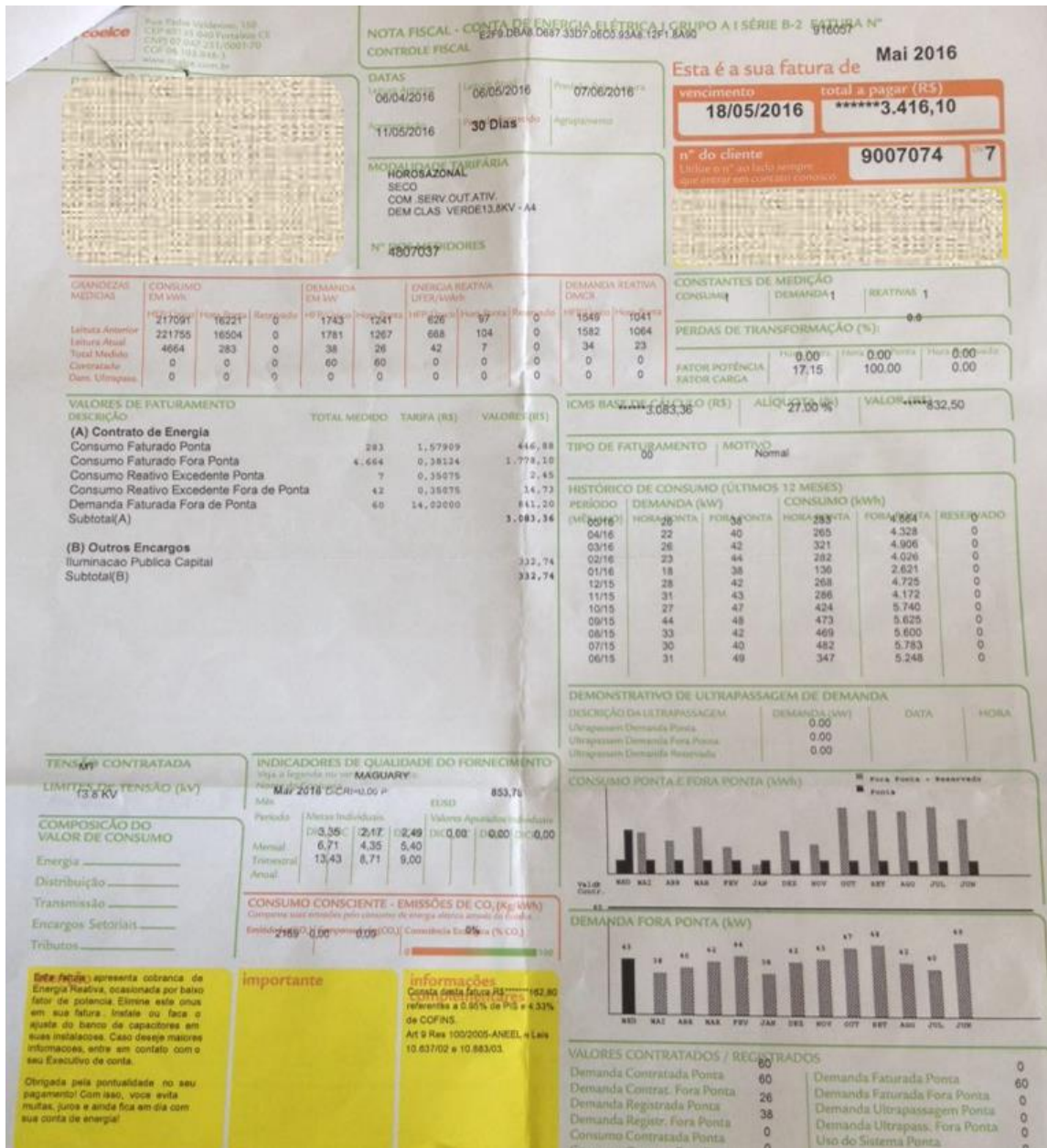
6. RESULTADOS

O estudo foi aplicado a uma unidade consumidora atendida pela distribuidora Enel na cidade de Fortaleza. Foi solicitado pelo cliente um dimensionamento em que o sistema fotovoltaico pudesse compensar toda a energia que é consumida pela sua empresa, um consultório odontológico.

6.1. Dados do Consumidor

Pela fatura de energia do cliente são obtidos dados como endereço, tipo de consumidor, modalidade tarifária, demanda contratada e dados de consumos mensais, como pode ser visto na Figura 7. Tais dados são extremamente necessários para prosseguir com o dimensionamento.

Figura 7 – Fatura de energia referente à maio/2016 do cliente da distribuidora Enel.



Fonte: Arquivo pessoal (fornecido pelo cliente/consumidor).

Na Tabela 3 são apresentados os principais dados obtidos pela fatura e valores referentes a Tarifa de Energia.

Tabela 3 – Dados da fatura e tarifas da Enel.

Dados da Fatura e Tarifas da Enel				
Informações Gerais				
Distribuidora:	Enel Distribuição Ceará			
Localidade:	Fortaleza/CE			
Modalidade Tarifária:	Horosazonal Verde			
Grupo:	A			
Sub-grupo:	A4 - 13,8kV - COMERCIAL, SERV. OUTRAS. ATIVIDADES			
Valores de Faturamento		Histórico de Consumo		
Descrição	Tarifa (R\$)	Mês/Ano	Hora Ponta	Fora Ponta
Demanda Contratada (kW)	14,02	jan/16	136	2621
Consumo faturado Ponta (kWh)	1,57909	fev/16	262	4026
Consumo faturado Fora Ponta (kWh)	0,38124	mar/16	321	4906
Tarifa de Energia Hora Ponta (MWh)	345,99	abr/16	265	4328
Tarifa de Energia Fora Ponta (MWh)	212,93	mai/16	283	4564
		jun/15	347	5248
		jul/15	482	5783
		ago/15	469	5600
		set/15	473	5625
		out/15	424	5740
		nov/15	286	4172
		dez/15	268	4725
		Média	335	4778
Valores Calculados				
Consumo Anual Hora Ponta (kWh)				4016
Consumo Anual Fora Ponta (kWh)				57338
Consumo Anual Hora Ponta + Fora Ponta (kWh)				61354
Média Diária de Consumo Hora Ponta (kWh)				11,00
Média Diária de Consumo Fora Ponta (kWh)				157,09
Média Diária de Consumo Hora Ponta + Fora Ponta (kWh)				168,09
Fator de ajuste Hora Ponta / Fora Ponta				1,6249

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores das Tarifas de Energia foram obtidos pela Tabela 1.

Foi visto que o cliente consome no posto ponta cerca de 7% do gasto do fora ponta.

Pelas médias de consumo diárias e seguindo a metodologia apresentada, a energia diária a ser compensada é de:

$$E_D = E_{DFP} + E_{DP} \times \frac{T_{FP}}{T_P}$$

$$E_D = 157,09 + 11,00 \times \frac{345,99}{212,93}$$

$$E_D = 174,97 \text{ kWh/dia}$$

O valor da energia diária a ser compensada é maior que a média de energia diária consumida pelo cliente, 168,09 kWh. Tal diferença é dada pela aplicação do Fator de Ajuste entre os postos tarifários. Assim, o gerador produzirá 6,88 kWh a mais por dia para abater todo o consumo diário.

6.2. Dados Solarimétrico

Com o endereço da unidade consumidora foi possível obter a incidência de insolação média da região pelo *site* que a NASA disponibiliza⁶. Na Tabela 4, são apresentadas as médias mensais e anual da HSP para uma superfície na horizontal.

⁶ Através de medições realizadas entre julho de 1983 e junho de 2005. Para maiores informações sobre a irradiação do local, ver: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=142087&lat=-3.737&hgt=100&submit=Submit&veg=17&sitelev=&email=brooksdre@drexel.edu&p=grid_id&step=2&lon=-38.521>.

Tabela 4 – Dados da irradiação solar.

Dados da Irradiação Solar	
Informações Gerais	
Fonte:	NASA Surface meteorology and Solar Energy
Coordenadas:	Latitude -3.737 / Longitude -38.521
Mês	HSP kWh/m²/dia
Janeiro	5,74
Fevereiro	5,54
Março	5,04
Abril	4,77
Maio	5,17
Junho	5,26
Julho	5,70
Agosto	6,42
Setembro	6,76
Outubro	6,92
Novembro	6,56
Dezembro	6,22
Média	5,84

Fonte: Elaborado pelo autor.

Fortaleza se encontra na latitude -3.737, logo a inclinação dos módulos devem ser de aproximadamente igual a 3,7°, contudo, com este ângulo de inclinação, ocorre uma grande acumulação de sujeira na superfície dos painéis. Portanto, a inclinação de 10° fica mais eficiente, pois ocorre a limpeza pelas chuvas. Como a cidade fica abaixo da linha do Equador, a direção dos painéis deve ser orientada para o Norte.

Para a inclinação de 10° foi necessária fazer a correção da HSP. Utilizou-se o PVsyst e obteve-se a HSP corrigida conforme apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados da irradiação solar corrigidos.

Dados da Irradiação Solar Corrigidos	
Informações Gerais	
Software para correção:	PVSYST
Coordenadas: Latitude -3.737 / Longitude -38.521	
Mês	HSP kWh/m²/dia
Janeiro	5,41
Fevereiro	5,36
Março	5,01
Abril	4,89
Maio	5,49
Junho	5,68
Julho	6,16
Agosto	6,76
Setembro	6,84
Outubro	6,73
Novembro	6,19
Dezembro	5,77
Média	5,86

Fonte: Elaborado pelo autor.

Antes dos dados serem corrigidos, obteve-se a HSP média igual a 5,84 kWh/m²/dia e após a correção, pode ser visto um ganho de aproximadamente 0,3% com a inclinação dos módulos. A nova HSP é igual a 5,86 kWh/m²/dia quando o ângulo de inclinação é de 10° com a superfície.

6.3. Cálculo do Gerador Fotovoltaico

Com a energia necessária para ser compensada e a HSP corrigido, pode-se calcular a potência do gerador fotovoltaico utilizando a taxa de desempenho igual a 75%.

$$P_{FV} = \frac{E_D / TD}{HSP_{MAC}}$$

$$P_{FV} = \frac{174,97 / 0,75}{5,86}$$

$$P_{FV} = 39,81 \text{ kWp}$$

6.4. Cálculo do Inversor

Tendo a potência nominal dos módulos fotovoltaico, foi aplicado o FDI de 85% seguindo a metodologia apresentada.

$$P_I = P_{FV} \times FDI$$

$$P_I = 39,81 \times 0,85$$

$$P_I = 33,84 \text{ kW}$$

A diferença entre as potências do inversor e do gerador deve-se as perdas do sistema. Não é necessária ter a capacidade de trabalhar com uma potência que não será gerada, assim é possível reduzir o custo do equipamento.

6.5. Definição de Equipamentos

Seguindo a metodologia, foi encontrado no mercado o painel CS6P - 265P do fabricante Canadian Solar. Considerando que o cliente possui área suficiente e sem sombreamento, escolheu-se a configuração com 150 módulos de 265 Wp, totalizando a potência pico do gerador em 39,75 kWp, representando 99,85% da potência necessária para o gerador fotovoltaico.

O Fronius CL 36.0 da fabricante Fronius International de 36 kW foi escolhido como o inversor do sistema, pois foi encontrado no mercado e está dentro dos limites do FDI, 90,57%.

6.6. Resumo do Sistema

A Tabela 6 apresenta informações importantes do sistema fotovoltaico e o valor investimento.

Tabela 6 – Resumo do sistema fotovoltaico de 39,75 kWp.

Resumo do Sistema Fotovoltaico de 39,75kWp	
Informações Gerais	
Quantidade de módulos	150
Área Necessária (m ²)	241,5
Potência do módulos (Wp)	265
Potência do inversor (W)	36000
Valores de Geração	
Geração Diária (kWh)	174,97
Geração Anual (kWh)	63863,60
Investimento	
Valor Total do Sistema	R\$ 238.500,00
Valor do kWp	R\$ 6.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

O preço do sistema foi obtido pela empresa Fênix Solar Engenharia. Todos os valores de equipamentos, assim como custos de projeto estão inclusos para uma melhor análise econômica. Pelo valor total do sistema, obteve-se o preço de R\$ 6.000,00 por kWp que serve de comparação para outras propostas.

6.7. Análise Econômica

Para a análise deste trabalho, os reajustes das tarifas de energia foram baseadas no trabalho de Nakabayashi (2015) no qual foi realizado o estudo das evoluções das tarifas do Brasil nos últimos 20 anos. Foi escolhido para os 5 primeiros anos o cenário com taxa de 9,6% de reajuste nas tarifas e para os 20 anos seguintes, foi considerado um cenário com reajustes em 5,59%.

Também foi assumida a perda de eficiência linear dos painéis igual a 0,5% ao ano, respeitando as características do fabricante (CANADIAN SOLAR, 2015). O custo de operação e manutenção do sistema foi igual a 1% do ganho naquele período (EPE, 2012).

Outra premissa da análise é que o cliente mantenha o mesmo consumo de energia até o 25º ano.

Tabela 7 – Análise econômica simplificada.

Análise Econômica Simplificada									
Ano	Consumo para ser compensado	Produção total anual	Tarifa Fora Ponta	Tarifa Hora Ponta	Operação e Manutenção	Pagar Sem Sistema	Pagar Com o Sistema	Diferença	Balanco
1	63996	63862	R\$ 0,38	R\$ 1,58	R\$ 281,41	R\$ 28.270,87	R\$ 411,52	R\$ 28.140,75	R\$ 210.359,25
2	63998	63543	R\$ 0,42	R\$ 1,73	R\$ 305,02	R\$ 30.986,60	R\$ 789,46	R\$ 30.502,17	R\$ 179.857,08
3	63999	63225	R\$ 0,46	R\$ 1,90	R\$ 330,59	R\$ 33.963,22	R\$ 1.234,32	R\$ 33.059,49	R\$ 146.797,58
4	64001	62909	R\$ 0,50	R\$ 2,08	R\$ 358,29	R\$ 37.225,76	R\$ 1.755,30	R\$ 35.827,75	R\$ 110.968,84
5	64003	62595	R\$ 0,55	R\$ 2,28	R\$ 388,27	R\$ 40.801,71	R\$ 2.362,75	R\$ 38.827,24	R\$ 72.141,60
6	64004	62282	R\$ 0,58	R\$ 2,41	R\$ 405,34	R\$ 43.084,94	R\$ 2.955,99	R\$ 40.534,29	R\$ 31.607,31
7	64006	61970	R\$ 0,61	R\$ 2,54	R\$ 423,13	R\$ 45.495,92	R\$ 3.605,76	R\$ 42.313,30	R\$ 10.705,99
8	64007	61660	R\$ 0,65	R\$ 2,68	R\$ 441,67	R\$ 48.041,83	R\$ 4.316,38	R\$ 44.167,12	R\$ 54.873,11
9	64009	61352	R\$ 0,68	R\$ 2,83	R\$ 460,99	R\$ 50.730,20	R\$ 5.092,52	R\$ 46.098,67	R\$ 100.971,78
10	64011	61045	R\$ 0,72	R\$ 2,99	R\$ 481,11	R\$ 53.569,01	R\$ 5.939,13	R\$ 48.110,99	R\$ 149.082,77
11	64012	60740	R\$ 0,76	R\$ 3,16	R\$ 502,07	R\$ 56.566,67	R\$ 6.861,52	R\$ 50.207,23	R\$ 199.289,99
12	64014	60436	R\$ 0,81	R\$ 3,33	R\$ 523,91	R\$ 59.732,09	R\$ 7.865,38	R\$ 52.390,61	R\$ 251.680,60
13	64016	60134	R\$ 0,85	R\$ 3,52	R\$ 546,64	R\$ 63.074,63	R\$ 8.956,78	R\$ 54.664,50	R\$ 306.345,10
14	64017	59833	R\$ 0,90	R\$ 3,72	R\$ 570,32	R\$ 66.604,22	R\$ 10.142,19	R\$ 57.032,36	R\$ 363.377,46
15	64019	59534	R\$ 0,95	R\$ 3,93	R\$ 594,98	R\$ 70.331,32	R\$ 11.428,54	R\$ 59.497,75	R\$ 422.875,22
16	64020	59237	R\$ 1,00	R\$ 4,14	R\$ 620,64	R\$ 74.266,99	R\$ 12.823,24	R\$ 62.064,38	R\$ 484.939,60
17	64022	58940	R\$ 1,06	R\$ 4,38	R\$ 647,36	R\$ 78.422,89	R\$ 14.334,19	R\$ 64.736,05	R\$ 549.675,65
18	64024	58646	R\$ 1,12	R\$ 4,62	R\$ 675,17	R\$ 82.811,35	R\$ 15.969,83	R\$ 67.516,69	R\$ 617.192,34
19	64025	58352	R\$ 1,18	R\$ 4,88	R\$ 704,10	R\$ 87.445,38	R\$ 17.739,15	R\$ 70.410,33	R\$ 687.602,68
20	64027	58061	R\$ 1,24	R\$ 5,15	R\$ 734,21	R\$ 92.338,73	R\$ 19.651,78	R\$ 73.421,16	R\$ 761.023,84
21	64029	57770	R\$ 1,31	R\$ 5,44	R\$ 765,53	R\$ 97.505,91	R\$ 21.717,98	R\$ 76.553,46	R\$ 837.577,30
22	64030	57482	R\$ 1,39	R\$ 5,74	R\$ 798,12	R\$ 102.962,23	R\$ 23.948,69	R\$ 79.811,66	R\$ 917.388,96
23	64032	57194	R\$ 1,46	R\$ 6,07	R\$ 837,53	R\$ 108.723,88	R\$ 25.807,99	R\$ 83.753,43	R\$ 1.001.142,39
24	64033	56908	R\$ 1,55	R\$ 6,40	R\$ 879,93	R\$ 114.807,95	R\$ 27.694,82	R\$ 87.993,07	R\$ 1.089.135,46
25	64035	56624	R\$ 1,63	R\$ 6,76	R\$ 924,47	R\$ 121.232,48	R\$ 29.709,63	R\$ 92.447,32	R\$ 1.181.582,78
Economia total em 25 anos:						R\$ 1.420.082,78		Payback: 7 Anos	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 7 apresenta uma análise econômica simplificada, onde expõe a evolução das tarifas, custos de operação e manutenção do sistema, balanço financeiro entre o valor do investimento e ganhos com a economia de energia, assim como a diferença entre os valores que serão pagos pelo cliente com e sem o sistema fotovoltaico.

Pelos resultados da análise econômica, foi obtido o tempo de retorno no sétimo ano assim como é percebido um total de R\$ 1.420.082,78 economizados em 25 anos. Também pode ser visto a queda de produção do sistema devido à perda de eficiência dos módulos.

Pelas premissas utilizadas, o consumo anual do cliente é fixo, porém o consumo a ser compensado pelo sistema é variável como visto na tabela, pois estão atrelados a TE em diferentes postos tarifários. A Tarifa de Energia do posto hora ponta e fora ponta também seguiram os valores de reajustes anuais.

7. CONCLUSÃO

Os resultados do dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede, seguindo a metodologia proposta, foram apropriados para a unidade consumidora atendida em alta tensão com sede na cidade de Fortaleza. O processo foi adotado seguindo as regras de geração distribuída no Brasil produzidas pela ANEEL e é indicado para consumidores do grupo A que são cobrados em diferentes postos tarifários.

A partir dos resultados foi visto que a geração será superior à energia consumida pelo cliente, pois essa energia gerada a mais será descontada pelo Fator de Ajuste. O sistema produzirá cerca de 4% a mais para suprir a diferença dos valores das Tarifas de Energia. Este percentual poderá ser mais expressivo dependendo da relação do consumo na hora ponta e fora ponta, que neste estudo foi de apenas 7%. Também foi visto que a demanda não precisará ser alterada, pois a potência do sistema foi inferior a demanda contratada pela unidade consumidora.

Os equipamentos do sistema foram dimensionados conforme a metodologia apresentada. O preço total foi obtido por uma empresa de Fortaleza, onde o sistema de 39,75 kWp foi cotado por R\$ 238.500,00. Na proposta comercial foram inclusos 150 módulos de 265 Wp do fabricante Canadian Solar, 1 inversor de 36 kW do fabricante Fronius Internacional e demais custos de projeto e instalação do sistema.

A implantação do sistema fotovoltaico para o cliente estudado é financeiramente viável para ele compensar praticamente todo o seu consumo de energia. A análise econômica mostrou que em 7 anos tem-se recuperado o valor do investimento e que os ganhos médios serão em torno de R\$ 35.000,00 por ano neste período.

Conclui-se, portanto, que a aplicação do Fator de Ajuste nos cálculos do sistema é de grande importância, pois foi visto que ela implica na potência do gerador assim como na análise econômica.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Despacho nº 720**, de 25 de março de 2014.
- _____. **Resolução Normativa nº 687**, de 24 de novembro de 2015.
- _____. **Resolução Normativa nº 414**, de 9 de setembro de 2010.
- _____. **Resolução Normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012.
- _____. **Geração Distribuída**, 2016. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introducao-1/656827?inheritRedirect=false>. Acesso em 11/12/2016.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ (COELCE). **Norma Técnica nt-010**, de 12 de dezembro de 2012.
- CANADIAN SOLAR INC. **Limited Warranty Statement Photovoltaic Diamond Module Products**. 01/01/2015.
- ELECTRO. **Diferença entre tarifas TE e TU**. Disponível em <<http://www.elektro.com.br/sua-casa/diferenca-entre-tarifas-te-e-tu>>. Acesso em 11/12/2016.
- ELY F.; SWART J. W. Energia Solar Fotovoltaica de Terceira Geração. **O Setor Elétrico**, São Paulo, p. 138-139, out./2014.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Rio de Janeiro, 2012.
- _____. **Balanco Energético Nacional 2016**: Ano base 2015. Rio de Janeiro, EPE, 2016.
- GUIMARÃES, G. **Que impostos incidem sobre a conta de energia no Brasil?**, 2015. Disponível em <<http://www.solarvoltenergia.com.br/que-impostos-incidem-sobre-a-costa-de-energia-no-brasil/>>. Acesso em 02/01/2017.
- INMETRO. **Portaria nº 004**, de 04 de janeiro de 2011.
- LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia**. v. 2. Florianópolis: UFSC/LABEE, 2010. 76 p.
- NAKABAYASHI, R. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica**. 2015. 58 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- NASCIMENTO, C. A. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. 2004. 21 f. Monografia (Especialização em Fontes Alternativas de Energia) - Curso de Pós-Graduação *Lato-Sensu* em Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2004.

NEOSOLAR. **Projeto - Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-conectados-grid-tie/projeto>>. Acesso em 12/12/2016.

OLIVEIRA, H. E. **Tecnologia Fotovoltaica em Filmes Finos** (Películas Delgadas). 2008. 56 f. Monografia (Especialização em Formas Alternativas de Energia) - Curso de Pós-Graduação *Lato-Sensu* em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2008.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Org.), **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Ed. Revisada e Atualizada, Rio de Janeiro, 2014.

PORTAL SOLAR. **Célula Fotovoltaica**. Disponível em <<http://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>>. Acesso em 02/01/2017.

SANTOS, A. M. dos. **Tecnologia Fotovoltaica**. 2013. 74 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ANEXO A – MANUAL DO MÓDULO FOTOVOLTAICO CANADIAN CS6P – 265P



CS6P- 255 | 260 | 265P

High quality and reliability in all Canadian Solar modules is ensured by 14 years' experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

KEY FEATURES

-  Excellent module efficiency up to 16.47%
-  Outstanding low irradiance performance > 96.5%
-  +5Wp Positive power tolerance up to 5 W
-  No. 1 PTC High PTC rating up to 92.0%
-  IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa wind load up to 2400 Pa
-  Salt mist, ammonia and blown sand resistance, for seaside, farm and desert environments

CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

 **CanadianSolar**



*Black frame product can be provided upon request.

25
years

insurance-backed warranty
non-cancellable, immediate warranty insurance
linear power output warranty

10
years

product warranty on materials
and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001: 2008 / Quality management system
ISO/TS 16949: 2009 / The automotive industry quality management system
ISO 14001: 2004 / Standards for environmental management system
OHSAS 18001: 2007 / International standards for occupational health & safety

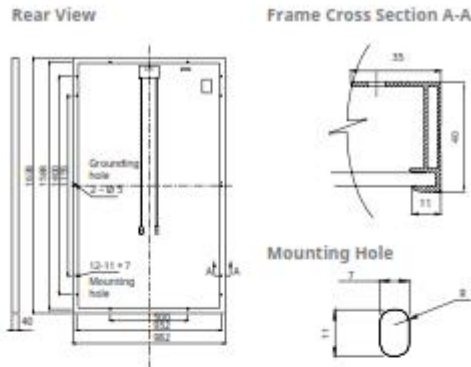
PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / JET / SII / CEC AU / INMETRO / CQC
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: SGS
PV CYCLE (EU) / UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1



* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading manufacturer of solar modules and PV project developer with about 10 GW of premium quality modules deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NAS-DAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

MODULE / ENGINEERING DRAWING (mm)**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

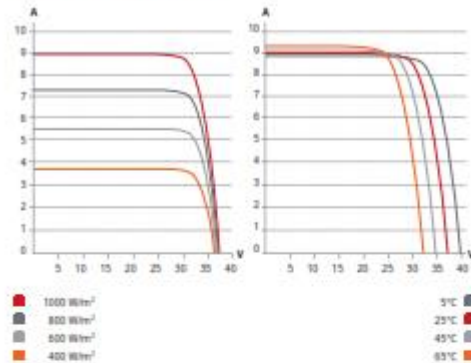
[†] Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

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.

CS6P-255P / I-V CURVES**MODULE | MECHANICAL DATA**

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6 × 10)
Dimensions	1638 × 982 × 40 mm (64.5 × 38.7 × 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 mm ² (IEC) or 4 mm ² & 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


ANEXO B – MANUAL DO INVERSOR FRONIUS CL 36.0




/ Battery Charging Systems / Welding Technology / Solar Electronics

Fronius
SHIFTING THE LIMITS


FRONIUS CL CENTRAL INVERTER

/ The central inverter for long-term peak performance.




/ Fronius MIX™ concept / IEE transformer switchover / Fronius Module Manager / PC based replacement concept / Ventilation concept / Transport technology



/ The Fronius CL combines efficient power electronics with a unique modular system design of up to 15 identical power stage sets in the Fronius MIX™ concept. This makes the Fronius CL the perfect central inverter for PV systems of up to several hundred kilowatts. Other advantages: precise maximum power point tracking of the Fronius Module Manager, automatic transformer switchover, and much more. The Fronius CL is available in the 36, 48 and 60 kW power categories.

TECHNICAL DATA: FRONIUS CL

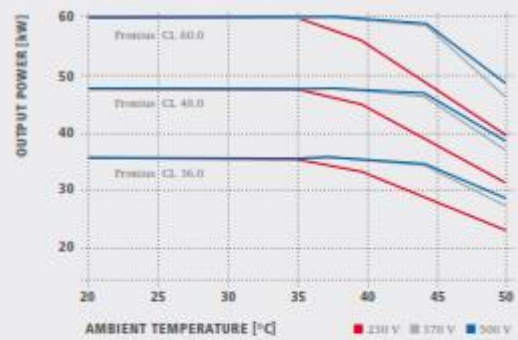
INPUT DATA	CL 36.0	CL 48.0	CL 60.0
DC maximum power at $\cos \phi = 1$	36.6 kW	51.4 kW	64.4 kW
Min. input current ($I_{in, min}$)	167.4 A	223.4 A	280.2 A
Min. input voltage ($U_{in, min}$)		230 V	
Power to start voltage ($U_{in, start}$)		260 V	
Normal input voltage ($U_{in, n}$)		370 V	
Max. input voltage ($U_{in, max}$)		600 V	
MPP voltage range ($U_{MPP, min} - U_{MPP, max}$)		230 V - 500 V	
Number of DC inputs		3	
OUTPUT DATA	CL 36.0	CL 48.0	CL 60.0
AC nominal output (P_{out})	36 kW	48 kW	60 kW
Max. output power	38 kVA	48 kVA	60 kVA
Max. output current ($I_{out, max}$)	52.2 A	65.6 A	87.0 A
Cold connection ($U_{out, cold}$)		3 NPE 400 V / 230 V	
Min. output voltage ($U_{out, min}$)		180 V	
Max. output voltage ($U_{out, max}$)		270 V	
Frequency (f_n)		50 Hz / 60 Hz	
Frequency range ($f_{min} - f_{max}$)		46 Hz - 85 Hz	
Distortion factor		< 5%	
Power factor ($\cos \phi_{out}$)		0.95 - 1 incl. cap.	
GENERAL DATA	CL 36.0	CL 48.0	CL 60.0
Dimensions (height x width x depth)		1.830 x 1.165 x 722 mm	
Weight	248 kg	276 kg	303 kg
Degree of protection		IP 20	
Protection class		1	
Overvoltage category (DC / AC)		2 / 3	
High-line consumption	11.4 W	11.4 W	12.2 W
Inverter concept		IEE transformer	
Cooling		Regulated air cooling	
Installation		Indoor installation	
Ambient temperature range		from -20°C to +50°C	
Permitted humidity		0% to 93%	
DC connection technology		Bolt M10	
AC connection technology		Bolt M10	
Certificates and compliance with standards	VDE V 0128-4-1, OVE/ONORM E 8001-4-712, IEC CIS 711-1, G 58, CER 96-190, CEI 0-21		

Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

FRONIUS CL 60.0 EFFICIENCY CURVE



FRONIUS CL TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA: FRONIUS CL

EFFICIENCY	CL 30.0	CL 40.0	CL 60.0
Max. efficiency	95.3 %	95.3 %	95.3 %
European efficiency (max)	95.3 %	95.4 %	95.3 %
η at 5% $P_{dc,0}$ ¹⁾	89.6 / 90.8 / 91.4 %	90.5 / 90.9 / 91.7 %	91.1 / 93.7 / 91.4 %
η at 10% $P_{dc,0}$ ¹⁾	93.3 / 94.4 / 94.1 %	93.9 / 94.7 / 94.1 %	93.3 / 95.1 / 93.3 %
η at 20% $P_{dc,0}$ ¹⁾	94.4 / 95.1 / 95.0 %	94.7 / 95.5 / 94.8 %	94.8 / 95.7 / 94.8 %
η at 25% $P_{dc,0}$ ¹⁾	94.8 / 95.5 / 95.1 %	95.0 / 95.7 / 95.2 %	94.9 / 95.7 / 94.9 %
η at 30% $P_{dc,0}$ ¹⁾	95.0 / 95.7 / 95.1 %	95.1 / 95.7 / 95.3 %	94.9 / 95.8 / 95.0 %
η at 50% $P_{dc,0}$ ¹⁾	95.1 / 95.9 / 95.3 %	95.2 / 95.9 / 95.4 %	95.1 / 95.9 / 95.2 %
η at 75% $P_{dc,0}$ ¹⁾	94.4 / 95.4 / 95.3 %	94.4 / 95.5 / 95.3 %	94.5 / 95.5 / 95.3 %
η at 100% $P_{dc,0}$ ²⁾	93.3 / 94.8 / 94.8 %	93.4 / 94.8 / 94.8 %	93.4 / 94.8 / 94.8 %
MPP adaptation efficiency	+ 99.6 %		
¹⁾ and at $U_{app,max} / U_{dc} / U_{app,nom}$			
PROTECTIVE EQUIPMENT	CL 30.0	CL 40.0	CL 60.0
DC insulation measurement	Warning/shutdown (depending on country setup at R_{iso}) + 300 kOhm		
Overload behavior	Operating point shift, power limitation		
DC circuit breaker	Integrated		
INTERFACES	CL 30.0	CL 40.0	CL 60.0
Two RJ45 sockets (ES422)	Fronius Solar Net interface, interface protected		
2 signaling outputs	Max. current per output: AC max. 277 V / 10 A, DC max. 24 V / 10 A		
SPECIAL FEATURES	CL 30.0	CL 40.0	CL 60.0
Feed-in limit	80 W	95 W	120 W
Fronius CL devices for Germany are only supplied with a manual AC disconnect.			

Further information regarding the availability of the interfaces in your country can be found at www.fronius.com.

/ Battery Charging Systems / Welding Technology / Solar Electronics

WE HAVE THREE DIVISIONS AND ONE PASSION: SHIFTING THE LIMITS.

/ Whether Battery Charging Systems, Welding Technology or Solar Electronics - our goal is clearly defined: to be the technology and quality leader. With around 3,000 employees worldwide, we shift the limits of what's possible - our more than 850 active patents are testimony to this. While others progress step by step, we innovate in leaps and bounds. Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at www.fronius.com



Data and images correspond to the current state of technology at the time of printing. Subject to modification.
 All technical data are based on the latest information. Liability excluded. Copyright © 2011 Fronius AG. All rights reserved.

643101011 (06/2011) 2011 01 14

Fronius Australia Pty Ltd.
90-92 Lambek Drive
Tullamarine VIC 3043
Australia
pv-sales-australia@fronius.com
www.fronius.com.au

Fronius UK Limited
Maidstone Road, Kington
Milton Keynes, MK10 0BD
United Kingdom
pv-sales-uk@fronius.com
www.fronius.co.uk

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
pv@fronius.com
www.fronius.com

ANEXO C – PROPOSTA COMERCIAL – SISTEMA SOLAR DE POTÊNCIA 39,75 KWP



TELEFONE
+55 85 3252 1509

EMAIL
CONTATO@SOLARFENIX.COM.BR

SITE
WWW.SOLARFENIX.COM.BR

SEDE
RUA DINA LEOPOLDINA, 1365
CENTRO – FORTALEZA CE

PROPOSTA COMERCIAL

Referente a equipamentos para um sistema solar fotovoltaico

A empresa FENIX SOLAR ENGENHARIA, inscrita no CNPJ sob o nº. 14.054.901/0001-70, fornece a seguinte proposta comercial de um sistema solar fotovoltaico referente a materiais que abrange:

SISTEMA SOLAR DE POTÊNCIA 39,75 kWp			
Item	Descrição	Unid.	Qtde.
1	Inversor Fronius CL 36.0 - 36000W	Unid.	1
2	Módulo fotovoltaico Canadian CS6P - 265P - 265W	Unid.	150
3	Sistema de monitoramento online	Unid.	1
4	Estrutura de fixação em telhado para 39,75 kWp	Unid.	1
5	Projeto + ART de 39,75 kWp	Und.	1
6	Execução de projeto 39,75 kWp	Unid.	1

TOTAL	R\$ 238.500,00
--------------	-----------------------

*Proposta válida por 15 dias

** Frete incluso

02 de fevereiro de 2017


 Fca Clayton de A. Medeiros Freitas
 Sócio Administrador
 CPF: 624.252.423-68
 CNPJ: 14.054.901/0001-70
 FENIX SOLAR ENGENHARIA IMP.
 E EXP. LTDA.
 Av. José Soares de Oliveira, nº 1365-B
 Distrito Industrial - CEP 62.670-000
 SÃO GONÇALO DO AMARANTE - CE - BRASIL



RAZÃO SOCIAL
 FENIX SOLAR ENGENHARIA
 IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA
 CNPJ 14054901/0001-70

ARMAZÉM
 AV JOSÉ SOARES DE OLIVEIRA, 650/RS,
 DISTRITO INDUSTRIAL, SÃO GONÇALO DO AMARANTE,
 CEP 62670-000