

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE PARA SUPRIR
O CONSUMO DE ILUMINAÇÃO EM GRANDE POTÊNCIA**

Rodrigo Coto Poppi

Coordenador do Curso: Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

Orientador de Conteúdo: Prof. Dr. Cláudio Roberto de Freitas Pacheco

São Paulo

2016

Rodrigo Coto Poppi

**“Energia solar fotovoltaica conectada à rede para suprir o consumo de
iluminação em grande potência”.**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Especialista em
Energias Renováveis, Geração Distribuída
e Eficiência Energética.

Área de Concentração:
Energia Solar Fotovoltaica

Coordenador do Curso: Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Roberto de Freitas Pacheco

São Paulo
2016

Dedico este trabalho aos meus pais e
à minha esposa que foram pessoas
que me apoiaram durante todo o curso
e são o alicerce para o meu
crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força, saúde e sabedoria para superar todas as adversidades.

A minha mãe Carmen Lucy Maeztu Coto, à minha esposa Analice Trevilato e a todos os meus amigos que durante todo o curso me apoiaram e me incentivaram para a conclusão do mesmo.

Ao Prof. Dr. Cláudio Roberto de Freitas Pacheco pela orientação, pelos conhecimentos, pelo ensinamento e pelo desafio de ter aceitado ser o meu orientador nesta monografia.

Ao Prof. José Roberto Simões Moreira pelo apoio dado durante todo o curso de especialização.

Aos amigos e colegas da New Energy pelo apoio e incentivo durante o curso.

Aos colegas Jader Revely e Rafael Mordini pela parceria, trabalhos e amizade durante todo o curso.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

RESUMO

O presente trabalho irá aplicar os conceitos básicos de geração de energia fotovoltaica, descrever os equipamentos necessários para o funcionamento do sistema e os requisitos mínimos a serem considerados para se dimensionar um sistema fotovoltaico conectado à rede.

O estudo contemplará a aplicação em uma fábrica na qual a geração de energia fotovoltaica conectada à rede elétrica é suficiente para compensar o consumo de energia elétrica dos equipamentos de iluminação, em torno de 85MWh mês.

Além disso, faremos uma análise dos custos de implementação deste projeto com valores atuais de investimento, um estudo de viabilidade financeira com taxa interna de retorno e prazo para o retorno do investimento.

Palavras chave: Energia Solar. Geração de Energia. Eficiência Energética.

ABSTRACT

The present document will apply the basic concepts of photovoltaic energy generation and it describes the necessary equipment for the operation of the system and the minimum requirements considered in order to design a photovoltaic system connected to the grid.

The review contemplates an application in a factory in which the generation of photovoltaic energy on grid and will be sufficient to compensate the electric energy consumption of the lighting equipment around 85MWh month.

Besides that, we will analyze the costs of implementing the present project with current investment values, a financial feasibility study with internal rate of return and the payback investment.

Key words: Solar Energy. Energy Generation. Energy Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Corte transversal de uma célula fotovoltaica	13
Figura 1.2. Efeito fotovoltaico na junção pn	14
Figura 1.3. Possível ligação para diodo <i>by-pass</i> entre células	16
Figura 1.4. Curva característica $I \times V$ mostrando a corrente I_{sc} e a tensão V_{oc}	17
Figura 1.5. Parâmetros de potência máxima	17
Figura 1.6. Efeito causado pela variação da intensidade luminosa	19
Figura 1.7. Efeito causado na temperatura da célula	19
Figura 1.8. Módulos fotovoltaicos ligados em série ou paralelo	20
Figura 1.9. Módulos fotovoltaicos ligados em série e paralelo	20
Figura 1.10. Inversores para SFI e SFCR	21
Figura 1.11. Sistema Isolado (<i>off-grid</i>)	24
Figura 1.12. Sistema conectado à rede (<i>on-grid</i>)	25
Figura 1.13. Medição de energia conforme ANEEL 482	27
Figura 2.1. Visão geral da fábrica, galpões 1, 2, 3 e 4	28
Figura 2.2. Visão da área de instalação dos painéis fotovoltaicos	29
Figura 2.3. Painel fotovoltaico Canadian CS6x-320P	31
Figura 2.4. Inversor PHB 20k	32
Figura 2.5. Diagrama de interligação - String Box	33
Figura 2.6. String Box	36
Figura 2.7. Fluxo de caixa descontado – taxa SELIC	40
Figura 2.8. Fluxo de caixa acumulado – taxa SELIC	40
Figura 2.9. Fluxo de caixa descontado – inflação	42
Figura 2.10. Fluxo de caixa acumulado – inflação	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Características elétricas em NOCT do módulo fotovoltaico Canadian CS6X	18
Tabela 2.1. Dados solarimétricos e coordenadas geográficas próximas ao local de instalação	29
Tabela 2.2. Dados técnicos Painel Solar Canadian 320W (STC)	30
Tabela 2.3. Dados técnicos Inversor PHB20K	31
Tabela 2.4. Dimensionamento da geração de energia estimada anual	32
Tabela 2.5. Valores de Tensão e Potência por String	34
Tabela 2.6. Dimensionamento dos Inversores	35
Tabela 2.7. Detalhamento dos custos de instalação	38
Tabela 2.8. Fluxo de caixa – taxa SELIC	39
Tabela 2.9. Resultado financeiro – taxa SELIC	40
Tabela 2.10. Fluxo de caixa – inflação	41
Tabela 2.11. Resultado financeiro – inflação	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	– Corrente Alternada
ANEEL	– Agência Nacional de Energia Elétrica
CC	– Corrente Contínua
CRESESB	– Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
FLC	– Fluxo Livre de Caixa
FLCA	– Fluxo Livre de Caixa Acumulado
FLCD	– Fluxo Livre de Caixa Descontado
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	– Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IEC	– <i>International Electrotechnical Commission</i>
IPCA	– Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
NOCT	– <i>Nominal Operating Cell Temperature</i>
PRODIST	– Procedimentos de Distribuição
SFCR	– Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFI	– Sistema Fotovoltaico Isolado
SELIC	– Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
STC	– <i>Standard Test Conditions</i>
TIR	– Taxa Interna de Retorno
UL	– <i>Underwriters Laboratories</i>
VPL	– Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	13
1.1 Energia Solar Fotovoltaica	13
1.2 Módulos Fotovoltaicos	15
1.2.1 Efeito do Sombreamento sobre os Módulos Fotovoltaicos	15
1.2.2 Características Elétricas dos Módulos Fotovoltaicos	16
1.2.3 Fatores que afetam as características elétricas dos módulos fotovoltaicos	18
1.2.4 Arranjos Fotovoltaicos	19
1.3 Inversores de tensão	20
1.3.1 Características dos Inversores	21
1.3.2 Critérios de Qualidade dos Inversores	23
1.3.3 Certificação dos Inversores	23
1.4 Sistemas Fotovoltaicos	23
1.4.1 Isolados	24
1.4.2 Conectados à Rede	25
1.5 Regulamentação – Micro e minigeração distribuída	25
1.6 Análise de Viabilidade Econômica	27
2 ESTUDO DE CASO / METODOLOGIA DE PESQUISA	28
2.1 Localização	28
2.2 Avaliação do potencial solar na cidade de São Bernardo do Campo	29
2.3 Regime de Funcionamento	30
2.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico	30
2.4.1 Pannel fotovoltaico	30
2.4.2 Inversor	31
2.4.3 Dimensionamento do gerador fotovoltaico	32
2.4.4 Dimensionamento do inversor	34
2.4.5 Quadro de Proteção	35
2.4.6 Aterramento	37
2.4.7 Ponto Comum de Conexão com a Rede (PCC)	37
2.4.8 Registrador de Dados	37
2.5 Viabilidade Financeira	38
3 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

INTRODUÇÃO

O mundo moderno está buscando fontes alternativas de energia e a descentralização das usinas geradoras de energia elétrica, considerando a redução nos impactos causados ao meio ambiente.

Em 04 de novembro de 2016 entrou em vigor o *Acordo de Paris*, com novas metas para combater os efeitos das mudanças climáticas. O Acordo histórico foi assinado por 195 países e dentre os principais compromissos está o de manter o aumento da temperatura global em, no máximo, dois graus Celsius.

Os cientistas acreditam que a partir desse ponto o planeta estaria condenado a um futuro de eventos climáticos, como enchentes e secas cada vez mais extremos. Esse fato traria graves consequências para a produção global de alimentos, rompimentos de barragens, secas de hidrelétricas entre outros.

Para alcançar essa meta, a emissão de gases de efeito estufa precisa ser drasticamente reduzida. Cada país comprometeu-se a estabelecer limites nacionais e o Acordo impõe obrigações para garantir que os compromissos sejam honrados.

Os impactos no meio ambiente poderão afetar diretamente a matriz energética brasileira, uma vez que a maior fonte geradora de energia elétrica no país é proveniente das usinas hidrelétricas, em torno de 61,29%.

O Brasil é um país beneficiado pela sua posição geográfica e pelo seu clima permitindo cada vez mais investimentos em plantas de geração de energia solar.

Apesar da atual crise econômica torna-se necessário efetuar investimentos financeiros para reduzir o consumo de energia elétrica e a emissão de gases de efeito estufa.

Neste trabalho será apresentado um estudo de implementação de uma planta de geração de energia fotovoltaica com geração estimada de energia elétrica equivalente ao consumo mensal com iluminação.

O estudo foi realizado em uma fábrica que elaborou um plano de eficiência energética, no qual reduziu em 60% o consumo de energia elétrica com iluminação efetuando um retrofit das luminárias e lâmpadas convencionais para luminárias com tecnologia LED.

O estudo de implementação foi efetuado levando em conta a injeção da energia elétrica gerada pelos painéis solares na rede elétrica equivalente ao consumo total mensal da planta com iluminação.

1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

1.1 Energia Solar Fotovoltaica

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luminosidade em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semiconductor, produzida pela absorção da radiação solar luminosa. A energia absorvida pelos semicondutores efetuam a quebra das ligações químicas entre as moléculas presentes em suas estruturas, como descrito por DUFFIE (2013) e ZILLES (2012).

O semiconductor mais usado é o silício. Seus átomos possuem quatro elétrons que formam uma rede cristalina quando se ligam aos seus vizinhos. Ao adicionarem átomos com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado e ficará "sobrando", fracamente ligado a seu átomo de origem, isto faz com que este elétron se livre, indo para a banda de condução. Podemos dizer que o fósforo é um dopante doador de elétrons, denominado dopante (n).

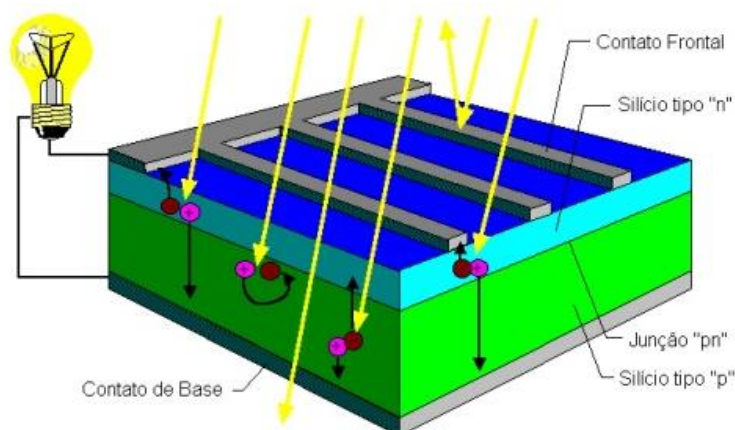


Figura 1.1: Corte transversal de uma célula fotovoltaica

Fonte: CRESESB (2006)

Por outro lado, se introduzirmos átomos com apenas três elétrons de ligação, como o boro, haverá a falta de um elétron para realizar as ligações com os átomos de silício da rede. Esta falta de elétron é denominada buraco e ocorre com um elétron de um sítio vizinho que pode passar a esta posição, fazendo com que o

buraco se desloque. Podemos dizer que o boro é um aceitador de elétrons, denominado dopante (p).

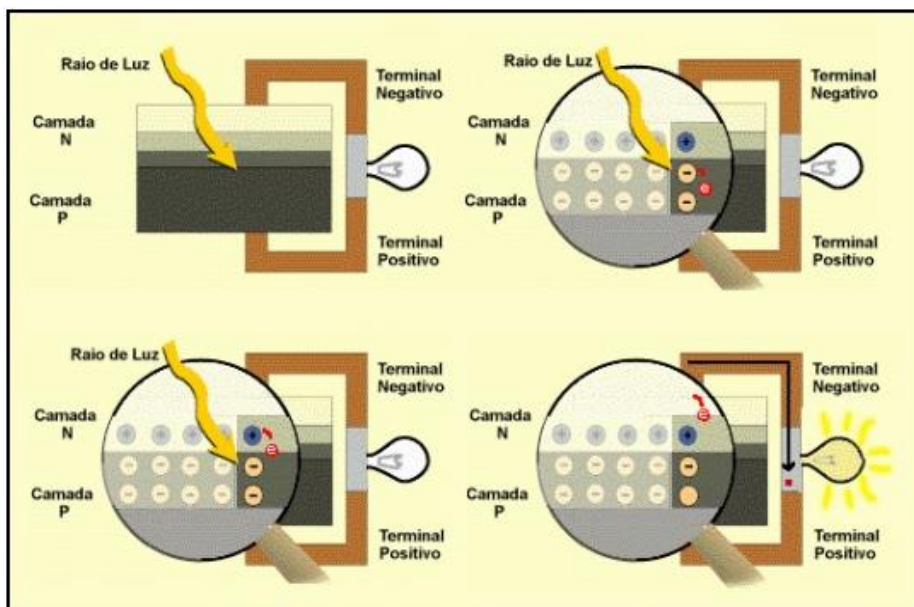


Figura 1.2: Efeito fotovoltaico na junção pn

Fonte: CRESESB (2006)

Partindo de um silício puro introduzimos átomos de boro em uma metade e átomos de fósforo na outra, formando a junção pn. Com esta junção, os elétrons livres do lado n passam para o lado p onde encontram os buracos que os capturam. Isto faz com que haja um acúmulo de elétrons no lado p, tornando-o negativamente carregado e uma redução de elétrons do lado n, tornando-o eletricamente positivo. Estas cargas conectadas dão origem a um campo elétrico.

Se uma junção pn for exposta a fótons com energia maior que o gap, ocorrerá uma geração de pares elétron-lacuna. Isso acontecendo na região onde o campo elétrico for diferente de zero, as cargas serão aceleradas, gerando assim, uma corrente através da junção. Este deslocamento de cargas dá origem a uma diferença de potencial ao qual chamamos de Efeito Fotovoltaico. Se as duas extremidades do "pedaço" de silício forem conectadas por um fio, haverá uma circulação de elétrons. Esta é a base do funcionamento das células fotovoltaicas.

1.2 Módulos Fotovoltaicos

As células fotovoltaicas produzem uma baixa tensão e corrente de saída. Para obtermos valores expressivos, as células são agrupadas em módulos denominados módulos fotovoltaicos.

Um módulo fotovoltaico é constituído por um conjunto de células que podem ser ligadas em série ou em paralelo, conectadas eletricamente e podendo serem montadas sobre uma estrutura metálica rígida ou uma placa de vidro. Os módulos facilmente disponíveis no mercado podem ser compostos por 36, 60 ou 72 células com potência variável de 50 W a 320 W.

1.2.1 Efeito do Sombreamento sobre os Módulos Fotovoltaicos

Ao seleccionar o local de instalação de um projeto fotovoltaico é fundamental analisar as interferências externas que possam causar sombreamento sobre os módulos fotovoltaicos.

O sombreamento sobre as células fotovoltaicas faz com que a intensidade da radiação solar sobre a mesma diminua, impactando diretamente na intensidade da corrente elétrica produzida, uma vez que as células geralmente estão ligadas em série, a corrente produzida é limitada pela menor corrente presente nos elementos, refletindo significativamente sobre a potência fornecida pelo módulo.

Para minimizar o efeito de limitação da corrente pela célula de pior desempenho (efeito do sombreamento), utiliza-se um diodo de “by-pass”. Este diodo serve como um caminho alternativo para a corrente e limita a dissipação de calor na célula defeituosa. O uso do diodo “by-pass” é feito no agrupamento de células, tornando mais barato comparado ao custo de se conectar um diodo em cada célula.

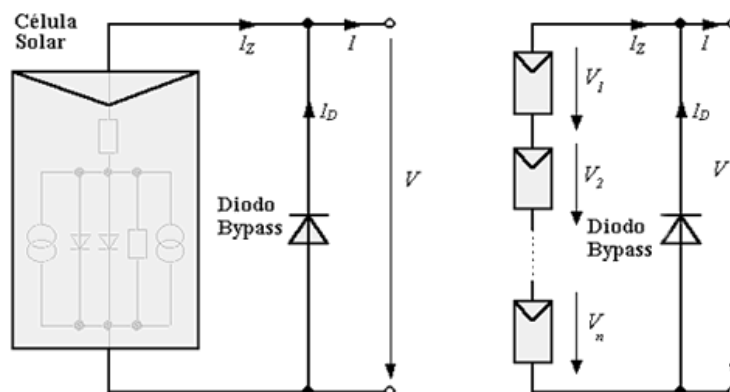


Figura 1.3: Possível ligação para diodo *by-pass* entre células

Fonte: CRESESB (2006)

1.2.2 Características Elétricas dos Módulos Fotovoltaicos

Para se dimensionar um gerador fotovoltaico é necessário conhecer as características elétricas de saída dos módulos fotovoltaicos tais como: corrente, tensão e potência nominal. Os parâmetros variam conforme o fabricante, característica construtiva, tipo de material semicondutor, resistência elétrica interna e tecnologia de fabricação.

Os módulos fotovoltaicos são ensaiados em laboratório e as características elétricas são expressadas em duas formas: STC (Standard Test Conditions) e NOCT (Normal Operation Cell Temperature).

1.2.2.1 Características Elétricas em STC

As características elétricas em STC consideram radiação solar de 1.000W/m^2 , temperatura da célula de 25°C e massa de ar (MA) de 1,5. Os testes são realizados em laboratórios em câmaras climáticas com controle e medição precisos de iluminação e temperatura.

Os valores obtidos nos testes determinam as condições de funcionamento e desempenho dos módulos, tais como:

- Tensão de circuito aberto (V_{oc}): tensão máxima de saída quando não há corrente demandada pelo módulo fotovoltaico;

- Corrente de curto-circuito (I_{sc}): corrente elétrica máxima de saída quando não há tensão elétrica;

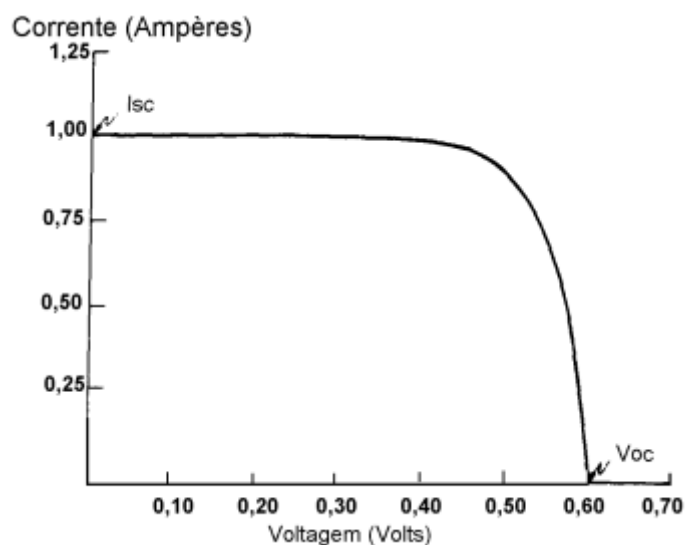


Figura 1.4: Curva característica $I \times V$ mostrando a corrente I_{sc} e a tensão V_{oc}

Fonte: CRESESB (2006)

- Ponto de máxima potência (P_m): é a relação entre a corrente a tensão que oferece a maior potência de saída à carga (locus maximum).

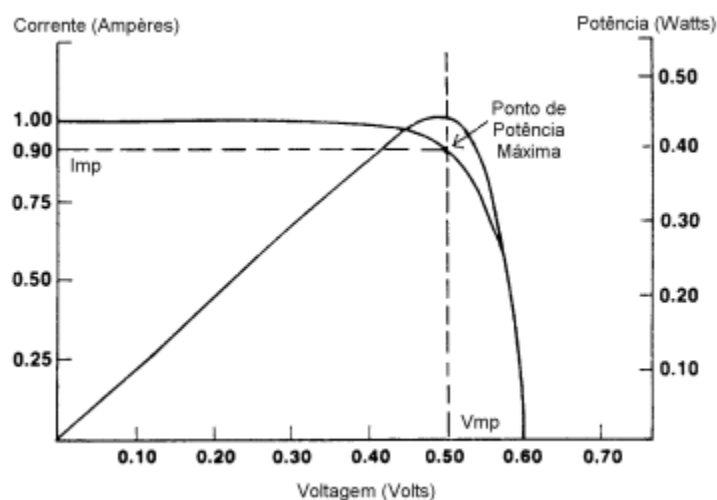


Figura 1.5: Parâmetros de potência máxima

Fonte: CRESESB (2006)

1.2.2.2 Características Elétricas em NOCT

As características elétricas em NOCT são os valores mais próximos obtidos das condições reais de funcionamento dos módulos fotovoltaicos. Os fabricantes adotaram uma padronização conforme os órgãos internacionais de normatização e certificação que definiram um valor de 48,8°C (temperatura média das células fotovoltaicas expostas a uma temperatura ambiente de 20°C) e radiação solar de 800/m².

As características em NOCT são apresentados na folha de dados do módulo solar, conforme tabela 1.1:

Tabela 1.1: Características elétricas em NOCT do módulo fotovoltaico Canadian CS6X

ELECTRICAL DATA / NOCT*			
CS6X	310P	315P	320P
Nominal Max. Power (Pmax)	225 W	228 W	232 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.2 V	33.4 V	33.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.77 A	6.84 A	6.91 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.3 V	41.5 V	41.6 V
Short Circuit Current (Isc)	7.36 A	7.44 A	7.50 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.

Fonte: (<http://www.canadiansolar.com/solar-panels/maxpower.html>)

1.2.3 Fatores que afetam as características elétricas dos módulos fotovoltaicos

Os principais fatores que influenciam nas características elétricas de módulo solar são a Intensidade Luminosa e a Temperatura das Células. Quanto maior a intensidade luminosa incidente sobre um módulo solar, maior será a corrente gerada, porém o aumento da temperatura na célula faz com que a eficiência do módulo caia reduzindo os pontos de operação para potência máxima gerada.

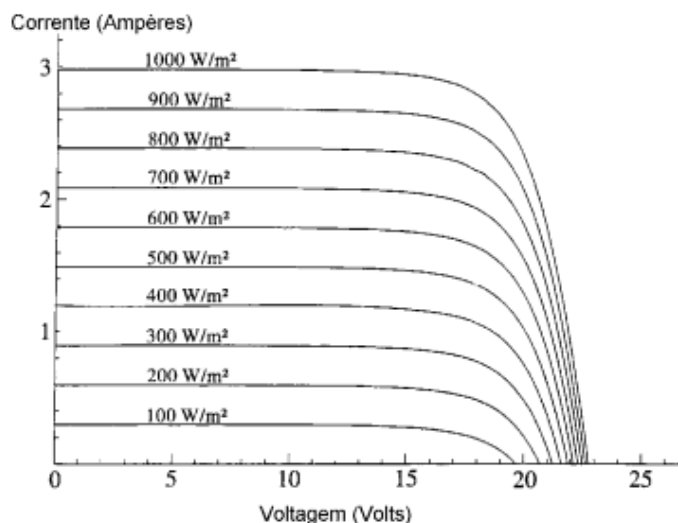


Figura 1.6: Efeito causado pela variação da intensidade luminosa

Fonte: CRESESB (2006)

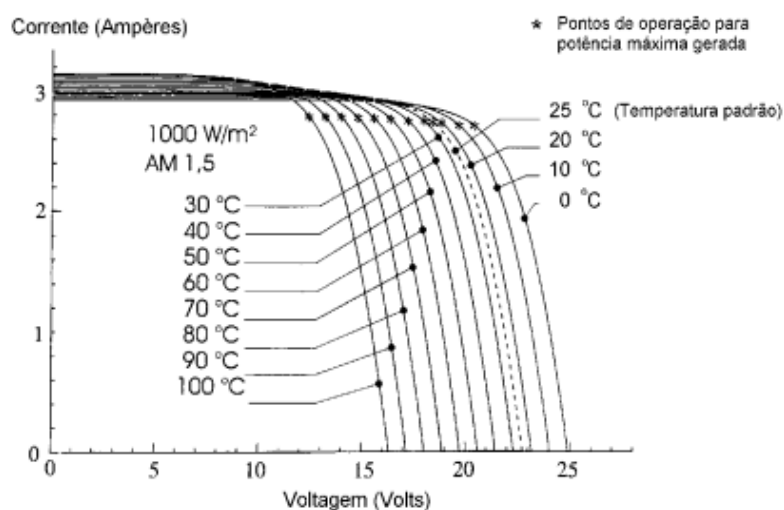


Figura 1.7: Efeito causado na temperatura da célula

Fonte: CRESESB (2006)

1.2.4 Arranjos Fotovoltaicos

Um arranjo fotovoltaico é uma associação de módulos fotovoltaicos conectados em série e/ou paralelo para se produzir uma potência elétrica desejada.

A associação dos módulos é necessária para se obter as tensões e correntes em CC necessárias para o funcionamento do Inversor de Tensão. Ao se conectar os módulos fotovoltaicos em série, soma-se a tensão de cada módulo e ao se conectar os módulos em paralelo, soma-se a corrente de cada um.

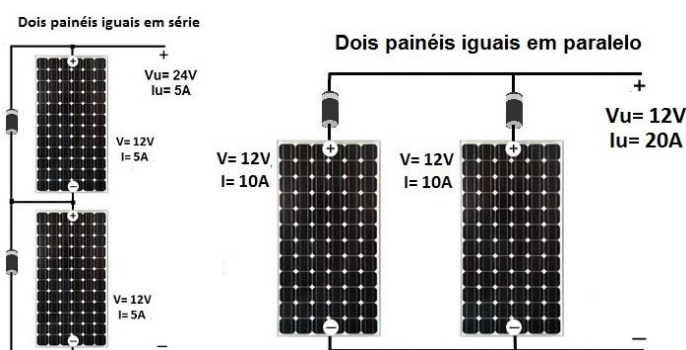


Figura 1.8: Módulos fotovoltaicos ligados em série ou paralelo

Fonte: (<http://www.mpptsolar.com/pt/paineis-solares-em-paralelo.html>)

A associação dos módulos em série pode ser posteriormente associada em paralelo permitindo ampliar a potência do arranjo fotovoltaico, conforme ilustrado na figura 1.9:

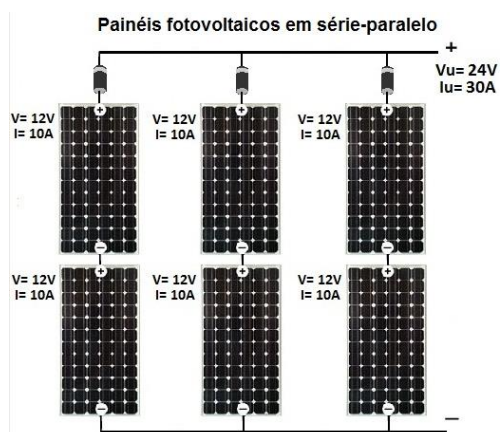


Figura 1.9: Módulos fotovoltaicos ligados em série e paralelo

Fonte: (<http://www.mpptsolar.com/pt/paineis-solares-em-paralelo.html>)

1.3 Inversores de tensão

Um inversor de tensão é um dispositivo eletrônico que converte a energia elétrica em corrente contínua (CC) proveniente de baterias ou módulos fotovoltaicos para energia elétrica em corrente alternada (CA). A tensão de saída do inversor (CA) deve ser sincronizada com a tensão da rede elétrica à qual o inversor esteja interligado, além de ter frequência, amplitude e harmônicas adequadas às cargas interligadas.

Os inversores podem ser divididos em duas categorias em função do tipo de aplicação, Inversores de Tensão para Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFI) e Inversores de Tensão para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR). Ambos possuem o mesmo princípio de funcionamento, porém cada tipo de inversor guarda suas particularidades para atender a carga á qual será conectado (SFI) ou para atender às exigências das concessionárias de distribuição de energia nos termos de segurança e qualidade de energia injetada na rede. Os inversores podem ser monofásicos, trifásicos ou monofásicos em associação trifásica.

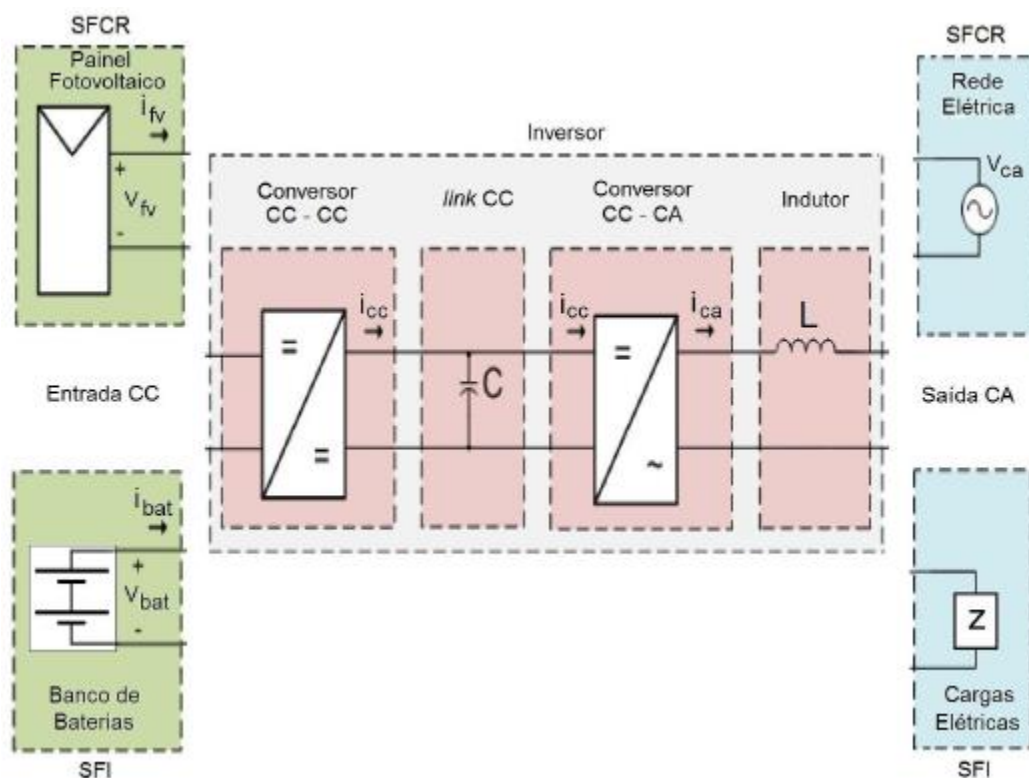


Figura 1.10: Inversores para SFI e SFCR

Fonte: PINHO, GALDINO (2014)

1.3.1 Características dos Inversores

Para especificar um inversor é preciso considerar qual o tipo de Sistema o mesmo será conectado, SFI ou SFCR e, analisar os parâmetros do fabricante para efetuar o correto dimensionamento.

As características a serem observadas para o dimensionamento são apresentadas a seguir:

- Forma de onda: A forma de onda da tensão CA deve ser senoidal pura;
- Distorção harmônica: A distorção harmônica deve ser inferior a 5% na potência nominal de operação;
- Eficiência: A eficiência é a relação entre a potência de saída e a potência de entrada do inversor;
- Potência Nominal de Saída: Indica a potência que o inversor pode prover à carga em regime contínuo;
- Potência de Surto: Indica a capacidade do inversor em exceder sua potência nominal por um determinado período de tempo;
- Taxa de Utilização: Indica o número de horas que o inversor poderá operar com potência nominal;
- Tensão de Entrada: Indica a tensão CC de entrada do inversor. Nos SFIs, deverá ser considerada a tensão do banco de baterias (12V, 24V, 48V). Nos SFCRs, a tensão de entrada deverá ser considerada em função da associação série/paralelo dos módulos fotovoltaicos.
- Tensão de Saída: Geralmente são reguladas em função da rede a qual será conectado (127V ou 220V);
- Regulação de Tensão: Indica o range CA da tensão de saída do inversor;
- Frequência: Indica a frequência da tensão CA de saída, geralmente 60Hz;
- Fator de Potência: Indica o fator de potência na tensão CA de saída, quanto melhor a qualidade do inversor, o fator de potência será mais próximo de 1;
- Consumo em standby: Indica o consumo do inversor quando não estiver alimentando nenhuma carga.
- Modularidade: Indica a quantidade de inversores que podem ser colocados em paralelo;
- Temperatura e umidade ambiente: Indica a temperatura máxima permitida do local de instalação do inversor.
- Grau de Proteção: Indica o grau de proteção IP do equipamento;
- Proteção Anti-Ilhamento: Esta proteção garante que o inversor se desconecte automaticamente da rede elétrica de distribuição sempre que

a mesma estiver desenergizada. Esta proteção garante a segurança da rede em uma eventual manutenção da distribuidora.

1.3.2 Critérios de Qualidade dos Inversores

Um inversor para sistema fotovoltaico deve possuir as seguintes características:

- Alta Eficiência de Conversão;
- Alta Confiabilidade;
- Baixa Manutenção;
- Amplo range de tensão de entrada;
- Regulação na tensão de saída;
- Forma de onda senoidal com baixo índice da harmônica;
- Baixa emissão de ruído;
- Tolerância aos surtos de partida;
- Grau de proteção IP compatível com o local de instalação;
- Garantia de fábrica.

1.3.3 Certificação dos Inversores

Todos os inversores comercializados no Brasil devem apresentar o registro do Inmetro. O Inmetro certifica que os ensaios foram realizados em condições normais de operação, em condições extremas e que os valores apresentados no datasheet do fabricante estão corretos.

1.4 Sistemas Fotovoltaicos

Os Sistemas Fotovoltaicos podem ser classificados em duas categorias principais: isolados ou conectados à rede. A escolha de cada uma destas opções depende da aplicação e/ou da disponibilidade dos recursos energéticos.

1.4.1 Isolados

Os Sistemas Fotovoltaicos isolados ou sistema off-grid geralmente armazenam a energia gerada pelos painéis fotovoltaicos em um banco de baterias para se utilizar em períodos em que não haja geração fotovoltaica. Neste sistema, as baterias funcionam como uma referência de tensão para os transformadores da rede do sistema isolado.



Figura 1.11: Sistema Isolado (*off-grid*)

Fonte: (<http://www.viridian.com.br/tecnologia/energia+solar+fotovoltaica/4>)

Para o funcionamento dos Sistemas Isolados é imprescindível o uso do controlador de carga, responsável pelo carregamento do banco de baterias, das baterias, responsáveis pelo armazenamento da energia gerada pelos módulos fotovoltaicos e, do inversor de tensão, responsável pela conversão da energia armazenada pelas baterias (CC) para a alimentação elétrica dos equipamentos ligados na rede elétrica (CA).

Os Sistemas Isolados possuem um papel importante no sistema elétrico brasileiro, pois possibilitam levar energia a locais onde não há rede elétrica, como áreas rurais.

1.4.2 Conectados à Rede

Os Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede ou sistema on-grid injetam a energia produzida por eles diretamente na rede elétrica convencional para ser consumida pelas outras unidades consumidoras conectadas ao sistema de distribuição. Neste sistema, o gerador fotovoltaico representa uma fonte complementar de energia ao sistema elétrico ao qual está conectado.

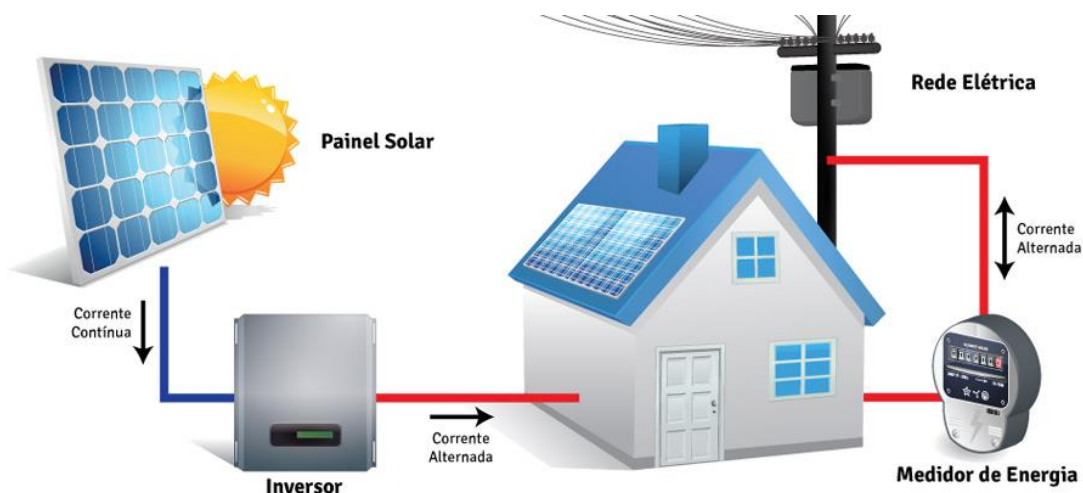


Figura 1.12: Sistema conectado à rede (*on-grid*)

Fonte: (<http://t8menergiasolar.com.br/sistemas-conectados-a-rede-grid-tie/>)

Para o funcionamento dos Sistemas Conectados à Rede é necessário o uso de um inversor de tensão homologado pelo Inmetro e que satisfaça às exigências de qualidade e segurança, garantido a qualidade da energia elétrica injetada na rede de distribuição.

Os Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede foram incluídos na regulamentação Aneel através da Resolução 482/2012, que estabeleceu as condições de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica conforme poderemos ver no item 1.5 deste trabalho.

1.5 Regulamentação – Micro e minigeração distribuída

No Brasil, os sistemas fotovoltaicos são regulamentados pela Resolução Normativa Aneel Nº 482/2012, devem atender aos Procedimentos de Distribuição (PRODIST), módulo 3 e às normas de acesso de cada distribuidora local de energia

elétrica. Os sistemas são enquadrados como sistemas de micro e minigeração de energia, conforme definições abaixo:

- Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75kW e que utilize cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (REN ANEEL 687, de 24.11.2015)
- Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75kW e menor ou igual a 3MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5MW para cogeração qualificada ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (REN ANEEL 687, de 24.11.2015)
- Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda no prazo máximo de 60 meses.

A Aneel determina que o medidor convencional seja substituído por um medidor bidirecional, que fará a medição da energia consumida e da energia injetada na rede de distribuição, conforme figura 1.13.

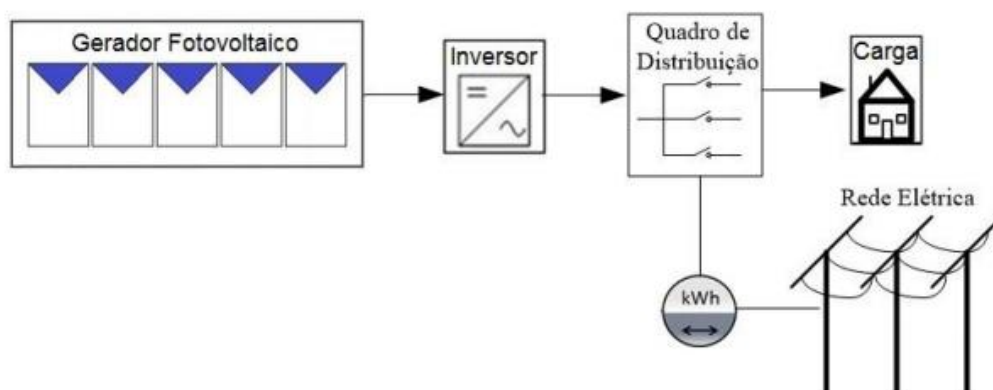


Figura 1.13: Medição de energia conforme ANEEL 482

Fonte: PINHO, GALDINO (2014)

A medição é feita em um sentido por vez, ou seja, dependerá da diferença entre a demanda e a potência gerada pelo sistema e a tarifação será a diferença entre o consumo mensal e a produção mensal de energia elétrica.

1.6 Análise de Viabilidade Econômica

A Análise de Viabilidade Econômica consiste em elaborar um estudo técnico financeiro para avaliar o real potencial de retorno do investimento de um determinado projeto. O estudo é efetuado através de projeções de receitas, custos e investimentos e análise dos indicadores, tais como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o retorno de capital (payback).

2 ESTUDO DE CASO / METODOLOGIA DE PESQUISA

2.1 Localização

A fábrica de molas está localizada na cidade de São Bernardo do Campo, São Paulo, cujas coordenadas são:

Longitude: 46° 33' 55" Oeste

Latitude: 23° 41' 40" Sul

A fábrica possui uma área total de 18.000m² dos quais serão destinados os 5.500m² do galpão 4 para a instalação dos painéis fotovoltaicos, conforme ilustrado na figura 2.1.

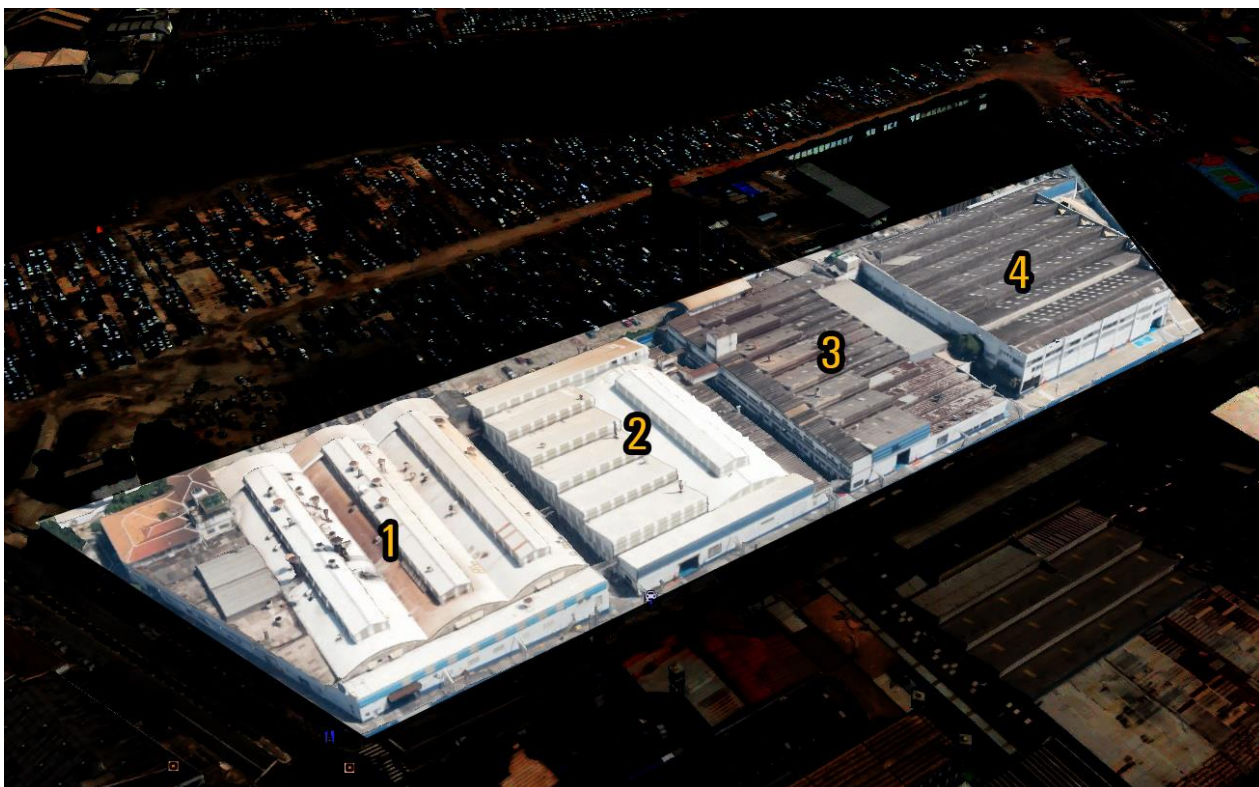


Figura 2.1: Visão geral da fábrica, galpões 1, 2, 3 e 4

Fonte: Google Maps (2015)

A figura 2.2 ilustra a área referente ao galpão 4, que terá sua cobertura disponibilizada para a instalação dos painéis solares.



Figura 2.2: Visão da área de instalação dos painéis fotovoltaicos

Fonte: Google Maps (2015)

2.2 Avaliação do potencial solar na cidade de São Bernardo do Campo

Os cálculos foram realizados para todos os meses e o sistema dimensionado levando em consideração a geração média ao longo do ano. A inclinação dos painéis escolhida foi igual a latitude do local a ser implementado, 21°.

Através do site do CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, é possível obter os dados irradiação solar diária média levando em consideração as coordenadas geográficas do local escolhido, como apresentado na tabela 2.1.

Tabela 2.1: Dados solarimétricos e coordenadas geográficas próximas ao local de instalação

Estação: São Bernardo do Campo
 Município: São Bernardo do Campo, SP - BRA
 Latitude: 23,7° S
 Longitude: 46,565° O
 Distância do ponto de ref. (23,548889° S; 46,638889° O) : 18,4 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	4,89	4,81	4,69	4,03	3,44	3,06	3,53	3,53	3,83	4,53	5,17	5,06	4,21	2,11
✓	Ângulo igual a latitude	24° N	4,44	4,59	4,82	4,56	4,26	3,96	4,55	4,11	4,04	4,42	4,74	4,52	4,42	,86
✓	Maior média anual	21° N	4,52	4,64	4,84	4,52	4,19	3,88	4,45	4,07	4,04	4,46	4,82	4,62	4,42	,96
✓	Maior mínimo mensal	27° N	4,35	4,52	4,79	4,58	4,33	4,04	4,63	4,15	4,04	4,36	4,64	4,42	4,41	,76

Fonte: (<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>)

2.3 Regime de Funcionamento

A fábrica trabalha em um regime de operação ininterrupto, ou seja, 24 horas por dia e 7 dias por semana.

A iluminação fica acesa durante todo este período totalizando um consumo mensal de 85MWh.

2.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

2.4.1 Painel fotovoltaico

O painel fotovoltaico selecionado para realizar este estudo e efetuar o dimensionamento proposto foi o painel MaxPower CS6x-320P da Canadian Solar com as seguintes especificações básicas fornecidas na tabela 2.2 e ilustrado na figura 2.3:

Tabela 2.2: Dados técnicos Painel Solar Canadian 320W (STC)

Parâmetro	CS6x-320P
Potência Máxima	320W
Tensão Máxima (Vmp)	36,8V
Corrente Máxima (Imp)	8,69A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	45,3V
Corrente de Curto Circuito (Isc)	9,26A
Eficiência	16,68%
Temperatura de Operação	-40°C à +85°C
Tensão Máxima do Sistema	1000V (IEC) / 1000V (UL)
Corrente Máxima de Proteção (Fusível)	15A
Classificação de Operação	Classe A
Tolerância de Energia	0 à +5W
Dimensões (mm)	1954 (C) x 982 (L) x 40 (A)
Certificado do INMETRO	000581/2016

Fonte: (<http://www.canadiansolar.com/solar-panels/maxpower.html>)



Figura 2.3: Pannel fotovoltaico Canadian CS6x-320P

Fonte: (<http://www.canadiansolar.com/solar-panels/maxpower.html>)

2.4.2 Inversor

As características resumidas do inversor estão apresentadas na tabela 2.3 e ilustrado na figura 2.4, bem como os ajustes realizados para adequação a rede local:

Tabela 2.3: Dados técnicos Inversor PHB20K

Parâmetro	PHB20K
Potência de Entrada Máxima (CC)	20500W
Tensão de Entrada Máxima (CC)	10000Vcc
Faixa de Operação SPMP (MPPT)	260Vcc a 850Vcc
Tensão CC de Partida	250Vcc
Corrente CC Máxima	22A
Número de <i>Strings</i>	4/2
Consumo em Standby	10W
Potência CA Nominal	20000W
Corrente CA Máxima	30A
Saída Nominal CA	60Hz; 380/220Vca
Conexão CA	Trifásico (3F+N+T)
Fator de Potência	Unitário 0,9 (indutivo/capacitivo)
Máxima Eficiência	98,2%
Eficiência SPMP (MPPT)	> 99,5%
Retorno após Reestabelecimento (Ajuste)	180s
Comunicação	USB2.0 e RS485
Grau de Proteção	IP65
Certificado do INMETRO	005808/2015

Fonte: (http://www.phb.com.br/produtos/solar/inversores/20kW_br.aspx)



Figura 2.4: Inversor PHB 20k

Fonte: (http://www.phb.com.br/produtos/solar/inversores/20kW_br.aspx)

2.4.3 Dimensionamento do gerador fotovoltaico

Para dimensionamento do gerador fotovoltaico foi levado em consideração o consumo mensal com iluminação de 85MWh, a potência máxima de cada placa fotovoltaica (320W), a irradiação média mensal na planta e uma taxa de desempenho de 80%, conforme ilustrado na tabela 2.4.

Tabela 2.4: Dimensionamento da geração de energia estimada anual

	Potência Instalada (kWp)	Irradiação solar média (kWh/m².dia)	Taxa de desempenho	Geração Energia Estimada (kWh)	Consumo atual mensal (kWh)
jan	806,4	4,52	80%	90.394	85.000
fev	806,4	4,64	80%	83.814	85.000
mar	806,4	4,84	80%	96.794	85.000
abr	806,4	4,52	80%	87.478	85.000
mai	806,4	4,19	80%	83.795	85.000
jun	806,4	3,88	80%	75.092	85.000
jul	806,4	4,45	80%	88.994	85.000
ago	806,4	4,07	80%	81.395	85.000
set	806,4	4,04	80%	78.189	85.000
out	806,4	4,46	80%	89.194	85.000
nov	806,4	4,82	80%	93.284	85.000
dez	806,4	4,62	80%	92.394	85.000
Média Anual	806,4	4,42	80%	86.735	85.000

Fonte: Autor (2016)

A potência instalada é definida pela quantidade de painéis solares dimensionados (2.520) em função da potência de cada módulo.

A energia será injetada diretamente na rede elétrica e o excedente de energia será utilizado para reduzir o consumo de energia elétrica dos demais equipamentos.

Foram dimensionados 2.520 módulos FV arranjados em 108 Strings de 18 módulos cada um em série, 36 Strings de 16 módulos cada um em série com o intuito de gerar a energia proposta e obter a tensão CC adequada para a entrada do cada inversor (serão usados 36 inversores), conforme mostrado na tabela 2.5.

Cada 3 Strings de 18 módulos cada um e cada 1 String de 16 módulos cada um alimentará um inversor FV, totalizando 4 Strings conectados individualmente a 36 inversores, conforme ilustrado na figura 2.5.

Esquema Elétrico String Box (CC+CA - 4 Strings 2 Saídas)

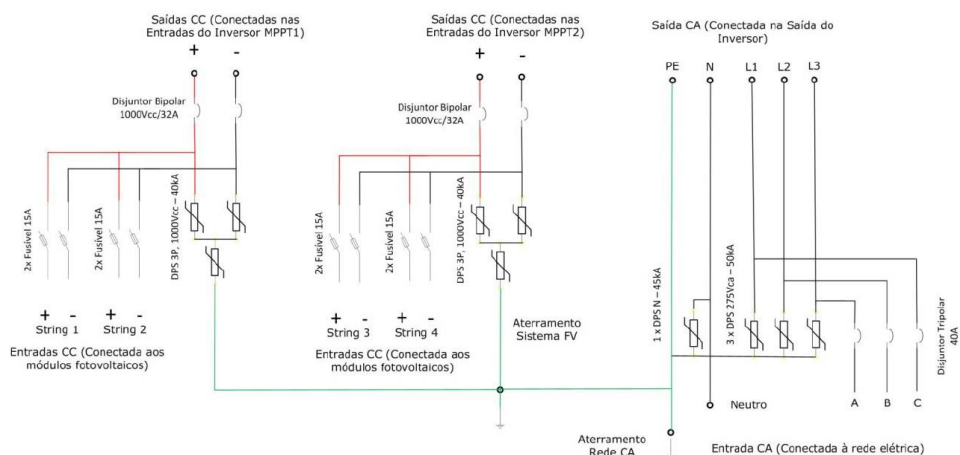


Figura 2.5: Diagrama de interligação - String Box

Fonte: Autor (2016)

Os Strings proporcionarão uma tensão máxima de circuito aberto e uma tensão máxima em operação sob carga máxima. Estes valores se enquadram na faixa operacional para tensão de entrada CC do inversor FV, mostrado na tabela 2.5.

Tabela 2.5: Valores de Tensão e Potência por String

<i>String</i>	Qtde de painéis FV	Potência Instalada	Tensão Mínima Operação Inversor	Tensão Máxima Circuito Aberto	Tensão Máxima Operação	Tensão Máxima Operação Inversor
1	18	5.760W	260V	662,4V	815,4V	850V
2	18	5.760W	260V	662,4V	815,4V	850V
3	18	5.760W	260V	662,4V	815,4V	850V
4	16	5.120W	260V	588,8V	724,8V	850V
Total	70	22.400W		-		

Fonte: Autor (2016)

Os módulos serão fixados através de estruturas metálicas de alumínio anodizado com alta resistência à corrosão. Elas serão montadas e fixadas diretamente sobre os telhados.

As conexões elétricas intermediárias e finais entre os módulos serão executadas por conector do tipo MC4 de engate rápido para os quais o fabricante apresenta total garantia sobre a integridade das conexões, mesmo sob condições climáticas rigorosas.

2.4.4 Dimensionamento do inversor

Serão utilizados 36 inversores FV modelo PHB20K-DT que possuem potência nominal de 20kW cada um, limitando a potência máxima injetada em 20kW. A injeção será feita entre as 3 fases da instalação (L1, L2 e L3) no quadro de distribuição principal.

Tabela 2.6: Dimensionamento dos Inversores

Inversor	Potência Inversor	Potência Instalada	FDI	Inversor	Potência Inversor	Potência Instalada	FDI
1	20.000W	22.400W	0,89	19	20.000W	22.400W	0,89
2	20.000W	22.400W	0,89	20	20.000W	22.400W	0,89
3	20.000W	22.400W	0,89	21	20.000W	22.400W	0,89
4	20.000W	22.400W	0,89	22	20.000W	22.400W	0,89
5	20.000W	22.400W	0,89	23	20.000W	22.400W	0,89
6	20.000W	22.400W	0,89	24	20.000W	22.400W	0,89
7	20.000W	22.400W	0,89	25	20.000W	22.400W	0,89
8	20.000W	22.400W	0,89	26	20.000W	22.400W	0,89
9	20.000W	22.400W	0,89	27	20.000W	22.400W	0,89
10	20.000W	22.400W	0,89	28	20.000W	22.400W	0,89
11	20.000W	22.400W	0,89	29	20.000W	22.400W	0,89
12	20.000W	22.400W	0,89	30	20.000W	22.400W	0,89
13	20.000W	22.400W	0,89	31	20.000W	22.400W	0,89
14	20.000W	22.400W	0,89	32	20.000W	22.400W	0,89
15	20.000W	22.400W	0,89	33	20.000W	22.400W	0,89
16	20.000W	22.400W	0,89	34	20.000W	22.400W	0,89
17	20.000W	22.400W	0,89	35	20.000W	22.400W	0,89
18	20.000W	22.400W	0,89	36	20.000W	22.400W	0,89
Total			720kW				

Fonte: Autor (2016)

2.4.5 Quadro de Proteção

Será instalado um quadro de proteção, conhecido como String Box, para cada inversor com proteções na entrada CC (módulos FV até o inversor) e na saída em CA (do inversor até a rede da concessionária).



Figura 2.6: String Box

Fonte: (http://www.phb.com.br/produtos/solar/StringBox/StringBox_tri_br.aspx)

A parte CC é projetada para absorver surtos provenientes de descargas atmosféricas que possam incidir diretamente sobre os módulos fotovoltaicos e se propagar até a entrada do inversor. A proteção é executada por Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS/1000Vcc/40kA, ver figura 2.5). Cada circuito é protegido por 2 fusíveis de 15A do tipo cartucho (um em cada polo) com curva de proteção e nível de interrupção adequados para a aplicação em geração FV. Dois disjuntores bipolar de 32A/1000Vcc cada um permite o desligamento da entrada do inversor para execução de serviço de manutenção.

O lado CA é composto por um disjuntor tripolar de 40A, um Dispositivo de Proteção contra Surto (DPSN-45kA) e três Dispositivos de Proteção contra Surto (DPS/275Vca/50kA/Classe II). Esta proteção faz parte do segundo estágio de absorção de surtos, sendo o primeiro de maior capacidade (Classe I), está localizado no quadro geral de entrada, próximo ao medidor de energia.

2.4.6 Aterramento

A edificação possui malhas de aterramento no esquema TT (conforme norma ABNT NBR 5410:2004), resultando em uma resistência de aterramento inferior a 10Ω , mesmo que em solo seco. A instalação original composta por 3 hastes de 2,44m com seção de 5/8" enterradas no solo abaixo da casa de máquinas garantem a qualidade do aterramento.

Os cabos de aterramento dos módulos fotovoltaicos, assim como os cabos de força CC, são apropriados para instalação externa, sujeitos a insolação e intempéries. A bitola para aterramento entre as estruturas metálicas e os String boxes é de 6mm^2 , conforme recomendado pela IEC/TS 62548:2013 (norma em elaboração no Brasil pela Comissão de Estudo CE-03:064.01 do COBEI).

A conexão da moldura dos módulos com o cabo terra é executada por clips de aterramento, jumpers entre os perfis e grampos terminadores específicos para aterramento.

2.4.7 Ponto Comum de Conexão com a Rede (PCC)

O ponto de injeção da energia gerada será no Quadro de Distribuição Principal localizado na subestação. Este quadro está localizado a 45m do Quadro de Medição e Proteção Geral.

Após a instalação do sistema de geração FV, a concessionária de energia elétrica deverá aprovar e substituir o medidor atual por um medidor do tipo bidirecional eletrônico, conforme previsto na Resolução Normativa 482.

2.4.8 Registrador de Dados

Um equipamento para armazenagem de dados será instalado ao lado dos inversores com o objetivo de armazenar os dados de energia gerada e outros parâmetros funcionais dos inversores. Este dispositivo é alimentado por um adaptador de tensão (90Vca~260Vca/9V-1A) e a comunicação com os inversores é realizada através de interface RS485. Uma interface Ethernet será conectada a um

roteador para conexão à rede WiFi local, permitindo a leitura remota dos parâmetros do sistema de geração através de softwares apropriados para computadores ou aplicativos para tablets e celulares.

2.5 Viabilidade Financeira

Para efetuarmos o estudo de viabilidade financeira deste projeto consideramos um escopo *turn key*, ou seja, o fornecimento de equipamentos com mão de obra de instalação, projeto e comissionamento, conforme tabela 2.7:

Tabela 2.7: Detalhamento dos custos de instalação

Item	Descrição	Custo
1	Equipamentos (módulos solares, inversores, String box, suportes e materiais de instalação)	R\$ 3.508.806,48
2	Mão de obra (equipe formada por supervisor de campo, engenheiro, eletricitas e ajudante)	R\$ 237.500,00
3	Projeto e Comissionamento	R\$ 35.000,00
TOTAL		R\$ 3.781.306,48

Fonte: Autor (2016)

O valor total do projeto é considerado como investimento inicial (Ilo) no estudo de viabilidade financeira, o fluxo de caixa é o valor da economia de energia ao longo do ano, considerando o valor do kWh atualmente pago pela fábrica de R\$ 0,44 (custo anual R\$ 457.960,80) e a taxa de desconto, SELIC, atualmente em 14,15% e período de análise em 15 anos, conforme ilustrado na tabela 2.8.

Tabela 2.8: Fluxo de caixa – taxa SELIC**Parâmetros Financeiros**

Inv. Inicial Adicional	-R\$ 3.781.306,48	Ilo
Fluxo de Caixa	R\$ 457.960,80	FLC
Taxa de desconto	14,15%	r
Período (anos)	15	n

Ano	FLC	FLCD	FLCA
0	-3.781.306	-3.781.306	-3.781.306
1	457.961	401.192	-3.380.114
2	457.961	351.460	-3.028.654
3	457.961	307.894	-2.720.760
4	457.961	269.727	-2.451.033
5	457.961	236.292	-2.214.741
6	457.961	207.001	-2.007.740
7	457.961	181.341	-1.826.399
8	457.961	158.862	-1.667.537
9	457.961	139.170	-1.528.367
10	457.961	121.918	-1.406.448
11	457.961	106.805	-1.299.643
12	457.961	93.566	-1.206.077
13	457.961	81.967	-1.124.110
14	457.961	71.807	-1.052.303
15	457.961	62.906	-989.397

Fonte: Autor

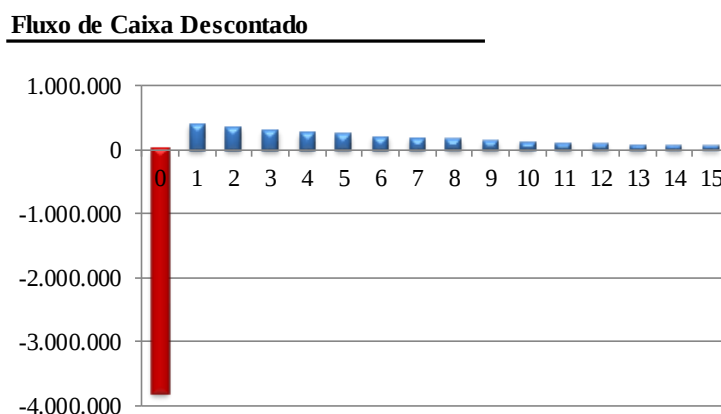
Com base nos dados ilustrados acima, pode-se observar que após este período de análise, o projeto apresenta um fluxo de caixa acumulado negativo de R\$ 989.397,00, apesar de ter um *payback* simples de 8,3 anos, conforme ilustrado na tabela 2.9. A taxa interna de retorno (TIR) mínima para este projeto ser financeiramente viável é de 8,6%.

Tabela 2.9: Resultado financeiro – taxa SELIC

Resultado Financeiro	
Payback simples	8,3 anos
Payback Descontado	10,6 anos
VPL	-R\$ 989.397
TIR	8,6%

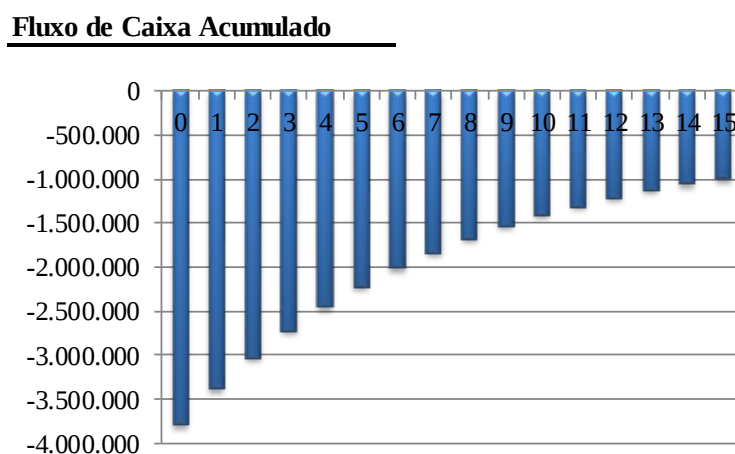
Fonte: Autor

A figura 2.7 ilustra o Fluxo de Caixa Descontado levando em consideração a taxa SELIC de 14,15% e o período de análise de 15 anos.

Figura 2.7: Fluxo de caixa descontado – taxa SELIC

Fonte: Autor

A figura 2.8 ilustra o Fluxo de Caixa Acumulado levando em consideração a taxa SELIC de 14,15% e o período de análise de 15 anos.

Figura 2.8: Fluxo de caixa acumulado – taxa SELIC

Fonte: Autor

Analisaremos o projeto de uma outra forma, os valores referentes ao investimento inicial, fluxo de caixa e período de análise foram mantidos, alterando apenas a taxa de desconto que foi considerada a taxa de inflação referente ao ano de 2015 de 10,67% (IPCA-IBGE), conforme ilustrado na tabela 2.10:

Tabela 2.10: Fluxo de caixa – inflação

Parâmetros Financeiros			
Inv. Inicial Adicional	-R\$ 3.781.306,48	Ilo	
Fluxo de Caixa	R\$ 457.960,80	FLC	
Taxa de desconto	10,67%	r	
Período (anos)	15	n	

Ano	FLC	FLCD	FLCA
0	-3.781.306	-3.781.306	-3.781.306
1	457.961	413.808	-3.367.499
2	457.961	373.911	-2.993.588
3	457.961	337.861	-2.655.726
4	457.961	305.287	-2.350.439
5	457.961	275.854	-2.074.585
6	457.961	249.258	-1.825.328
7	457.961	225.226	-1.600.101
8	457.961	203.512	-1.396.590
9	457.961	183.890	-1.212.699
10	457.961	166.161	-1.046.538
11	457.961	150.141	-896.397
12	457.961	135.665	-760.732
13	457.961	122.586	-638.146
14	457.961	110.767	-527.379
15	457.961	100.087	-427.292

Fonte: Autor

Com base nos dados ilustrados acima, pode-se observar que após este período de análise, o projeto também apresenta um fluxo de caixa acumulado negativo, porém menor em relação a taxa SELIC, neste caso de R\$ 427.292,00, mantendo o mesmo prazo de *payback* simples de 8,3 anos, conforme ilustrado na

tabela 2.11. A taxa interna de retorno (TIR) mínima para este projeto ser financeiramente viável também é de 8,6%.

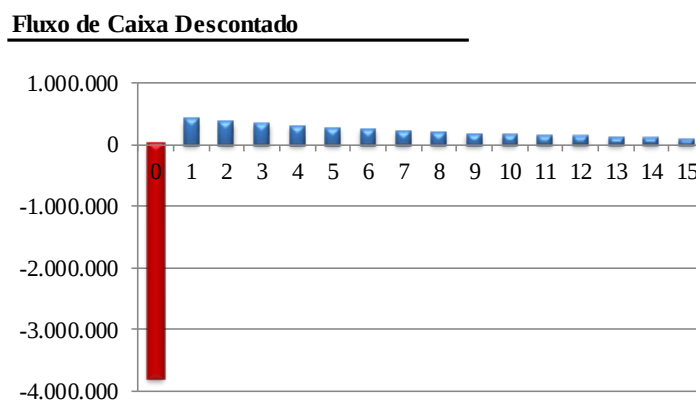
Tabela 2.11: Resultado financeiro – inflação

Resultado Financeiro	
Payback simples	8,3 anos
Payback Descontado	10,0 anos
VPL	-R\$ 427.292
TIR	8,6%

Fonte: Autor

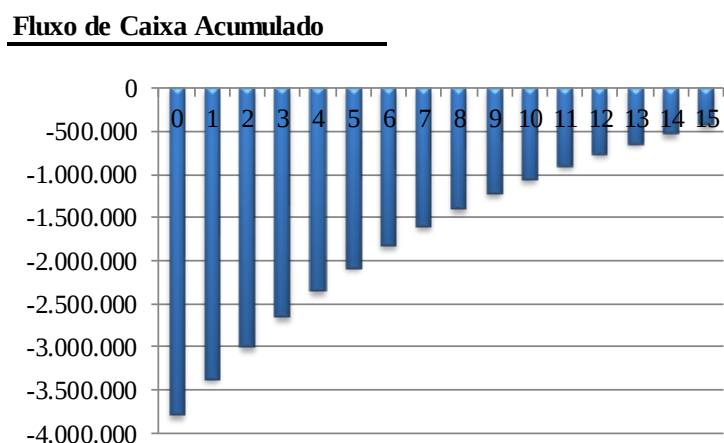
A figura 2.9 ilustra o Fluxo de Caixa Descontado levando em consideração a inflação de 10,67% e o período de análise de 15 anos.

Figura 2.9: Fluxo de caixa descontado – inflação



Fonte: Autor

A figura 2.10 ilustra o Fluxo de Caixa Acumulado levando em consideração a inflação de 10,67% e o período de análise de 15 anos.

Figura 2.10: Fluxo de caixa acumulado – inflação

Fonte: Autor

Observando os dois cenários anteriores, podemos verificar que se a fábrica pretende investir neste projeto visando apenas a redução dos custos com energia, o projeto será atrativo de ser executado e terá o retorno do investimento dentro da vida útil dos equipamentos.

3 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi efetuado um estudo de caso, no qual, os cenários apresentados foram conservadores. Os dados referentes à taxa SELIC e a inflação aqui aplicados tendem a diminuir, sendo que a previsão da inflação para o ano de 2016 é de 6,69% e a previsão para 2017 é de 4,93%, o que tornaria o projeto financeiramente viável, pois estariam abaixo da TIR calculada neste trabalho de 8,6%.

Outro ponto que tende a favor para este estudo de caso é o valor do kWh. Com as recentes crises hídricas do Brasil, as distribuidoras de energia estão aplicando uma tarifação extra à conta de energia, o que aumenta o valor do kWh e tende a aumentar cada vez mais.

Com a implementação deste projeto, a fábrica terá um excedente de energia em comparação ao cenário atual. Com este excedente de energia será possível manter a produção, caso haja uma crise energética no país, distanciando dos impactos causados com uma eventual falta de energia, além de possibilitar uma expansão da fábrica com a manutenção dos atuais custos de energia.

O custo de implementação de um sistema fotovoltaico no Brasil ainda é relativamente alto comparado com os países do primeiro mundo, porém a valorização da imagem da empresa com a preocupação ao meio ambiente e o pioneirismo a nova tecnologias tem que ser levado em conta para a decisão de implementação de um projeto fotovoltaico.

A energia fotovoltaica não representa o futuro, mas sim o presente!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, Sérgio de Salvo. **Energia Solar – Princípios e Aplicações**. CEPEL – CRESESB, 2009.

CANADIAN SOLAR – www.canadiansolar.com

PHB SOLAR - <http://www.phb.com.br/solar.aspx>

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPEL – CRESESB, 3ª edição, 2014.

PRODIST - <http://www.aneel.gov.br/prodist>

ZILLES, Roberto; MACEDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André Barros; OLIVEIRA, Sérgio Henrique. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. Oficina de textos, 2012.