

## CAPÍTULO VI – ESTUDO SOBRE AS TECNOLOGIAS EXISTENTES E AS INOVAÇÕES SOBRE AS PLACAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

<JOÃO CARLOS VIEIRA><sup>1</sup>  
<PAULO BRONIERA JUNIOR><sup>2</sup>  
<VICENTE DE LIMA GONGORA><sup>3</sup>

**Resumo:** Fontes energéticas tem sido de grande relevância para a vida humana desde o primórdio das sociedades organizadas. Estas fontes proporcionam condições de operação para indústrias, comércio e residências. Assim, vários estudos tem apresentado tecnologias para a geração, transmissão e distribuição de forma eficiente e sustentável. Neste sentido, o presente trabalho apresenta fundamentos e conceitos de implementação de sistema fotovoltaicos. Para validar a proposta são abordados no trabalho uma revisão sobre os fundamentos de placas fotovoltaicas, bem como um estudo de caso para implementação de um sistema fotovoltaico dedicado a uma indústria de médio porte. Conforme assunto abordado sobre energia fotovoltaica o resultado foi satisfatório pois através das pesquisas podemos obter resultados de valores e conhecimento do que existe no mercado. A energia solar como todo tipo de energia também possui pontos negativos, mas é irrelevante comparado a outros tipos de energia e ao bem que faz para o planeta.

**Palavras chaves:** Energia renovável, sistema solar fotovoltaico, geração de energia elétrica.

**Abstract:** Energy sources have been of great relevance to human life since the inception of organized societies. These sources provide operating conditions for industries, commerce and households. Thus, several studies have presented technologies for the generation, transmission and distribution of this good in an efficient and sustainable way. In this sense, the present work presents fundamentals and concepts of photovoltaic system

---

<sup>1</sup>Discente Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; [vieira.013@hotmail.com](mailto:vieira.013@hotmail.com)

<sup>2</sup>Docente Mestre da Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; [paulo.broniera@pr.senai.br](mailto:paulo.broniera@pr.senai.br)

<sup>3</sup>Doutor – Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. E-mail: [vicente.gongora@pr.senai.br](mailto:vicente.gongora@pr.senai.br)

implementation. To validate the proposal, a review on the fundamentals of photovoltaic panels is presented, as well as a case study for the implementation of a photovoltaic system dedicated to a medium-sized industry. According to the subject discussed on photovoltaic energy the result was satisfactory because through the research we can obtain results of values and knowledge of what exists in the market. Solar energy like all kinds of energy also has negative points, but it is irrelevant compared to other types of energy and the good it does to the planet.

**Keywords:** Renewable energy, photovoltaic solar system, electric power generation.

## 1 INTRODUÇÃO

Fontes enérgicas tem sido de grande importância para a vida humana desde primórdio das sociedades organizadas. Diversas foram as transformações no consumo e geração de energia ao longo dos tempos, sendo as principais transformações observadas no decorrer da Terceira Revolução Industrial em meados dos séculos 18 e 19, sendo a principal fonte energética a queima de carvão mineral (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016).

Atualmente há uma diversidade de fontes de energia, classificadas em renováveis e não renováveis. Renováveis são aquelas que continuam disponíveis depois de utilizadas, isto é, que não se esgotam. Como exemplo, temos a energia solar, a energia dos vegetais (biomassa), da correnteza dos rios (hidráulica), dos ventos (eólica), do calor interno do planeta Terra (geotérmica), das marés (cinética) entre outras. Segundo balanço energético nacional (2005).

Quanto às não renováveis, estas são limitadas e demoram milhões de anos para se formar, isto é, se esgotarão e não serão repostas (o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e o urânio).

Segundo Araújo (2003) toda vida na terra depende de energia solar, o sol com seus raios ultravioleta é uma fonte de vida que possui energia para a fotossíntese gerando o calor necessário para as plantas se alimentarem e para a sobrevivência de todo ser vivo da terra.

Entretanto, a principal fonte de energia utilizada no mundo é baseada na queima de combustíveis fósseis. Considerando todas as fontes utilizadas no mundo e todos os tipos de energia, o petróleo, o carvão mineral e o gás natural eram responsáveis por 86% da energia gerada (CASTRO, 2002).

Desta forma Castro (2002) busca-se da utilização de fontes energéticas renováveis têm sido amplamente estudada e explorada, a fim de se estabelecer uma produção energética alternativa e viável que possa garantir a demanda energética atual e futura.

Tendo em vista esse cenário atual onde a um crescente aumento na demanda energética e a crise na geração de energia, vê-se a necessidade de explorar outras formas alternativas de produção energética.

A energia solar tem sido avaliada como uma boa alternativa na busca de uma matriz energética limpa e altamente renovável, uma vez que a luz solar pode ser convertida em energia fotovoltaica através da conversão de placas capazes de converter a energia recebida em energia elétrica (ZANESCO, 2011).

Os painéis de energia fotovoltaica são compostos por materiais semicondutores, sendo o silício cristalino o mais utilizado. Através da radiação solar os elétrons interagem e entra em movimento produzindo uma corrente elétrica, o processo apresenta baixo tipo de resíduo por este motivo a energia fotovoltaica é considerada energia limpa, ecológica e silenciosa (ZANESCO, 2011).

Esse estudo tem o objetivo realizar um levantamento dos tipos de painéis fotovoltaicos já existentes no mercado e comparar alguns trabalhos que estão sendo desenvolvidos com base nesta tecnologia, a fim de garantir redução do custo e a viabilidade da tecnologia fotovoltaica.

## **2 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS**

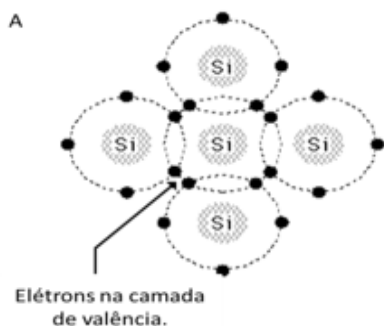
### **2.1. Estrutura microscópica das placas de silício (Si)**

Cerca de 80% dos painéis fotovoltaicos produzidos e vendidos no mundo hoje são constituídos de Si ou de alguma forma variante desse material. No ano de 2014, estima-se que 85% de todos os sistemas de energia fotovoltaica vendido e instalado no mundo utilizou alguma tecnologia baseada no Si (BALANÇO ENÉRGICO NACIONAL, 2013).

Os átomos de Si tendem a formar uma estrutura em formato tetraédrico, denominado cristal de Si, uma vez que, esta forma quatro ligações covalentes com seus átomos vizinhos, podendo então a camada de valência conter até oito elétrons de forma estável. Quando os átomos de silício se combinam para formar um cristal, a órbita de um elétron sofre a influência das cargas dos átomos adjacentes, de forma que cada elétron passa

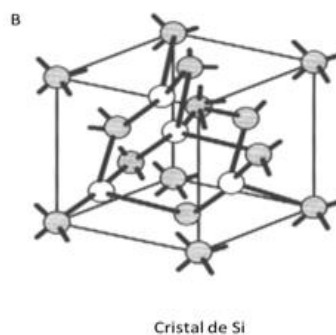
a ocupar posição diferente dentro do cristal. Essa conformação atômica auxilia a formação de nuvens e bandas eletrônicas, sendo essa conformação favorável ao deslocamento de elétrons entre as camadas de valência e a camada de condução, produzindo assim energia. Fig.1. Ilustra estrutura microscópica do Si. A) representa a configuração eletrônica do átomo de Si, assim como a formação de ligações covalentes entre os átomos. B) representa a estrutura em forma de cristal formada pelas ligações.

Nº 1 - Configuração dos átomos de Si



Fonte: Aguiar (2007)

Nº 2- Estrutura cristalina do Si



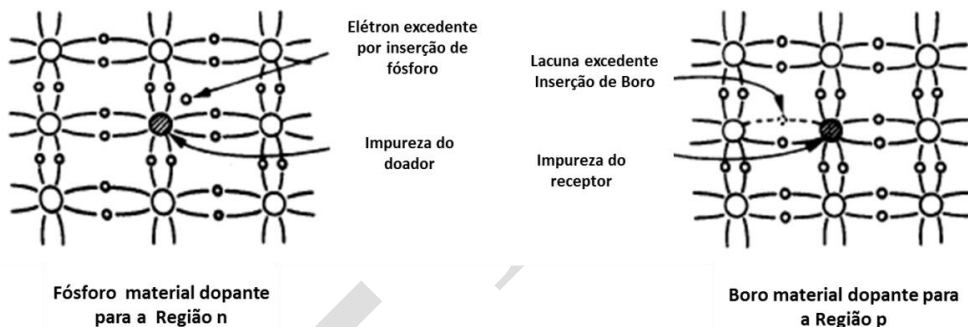
Fonte: Unicampi (2016).

Os níveis de energia associados às órbitas formam nuvens eletrônicas. Sendo a energia produzida pela transição dos elétrons entre a camada de valência e a camada de condução, sendo essa energia equivalente a 1,12 V no caso do cristal de Si (AGUIAR, 2007).

A liberação de fótons liberados pela radiação solar possui muitas vezes energia suficiente para estimular a transição de elétrons na banda de valência para a banda de condução, este então se move liberando energia, essa transição de elétrons cria uma lacuna entre os orbitais devido ao deslocamento dos elétrons. No Si puro esse efeito é anulado devido a recombinação de cargas negativas e positivas presente dessa forma o Si puro não é capaz de conduzir energia e muito menos gerar energia elétrica. No entanto, este elemento pode passar por um processo denominado de dopagem de Si, que consiste na introdução de elementos diferentes com o objetivo de alterar suas propriedades e tornar o material propício a condução de energia. Através desse processo é possível criar dois tipos de camadas na célula: a camada tipo p e a camada tipo n, que possuem, respectivamente, um excesso

de cargas positivas e um excesso de cargas negativas, quando comparadas ao Si puro (AGUIAR, 2007). O boro é o dopante normalmente usado para criar a região tipo p, uma vez que o átomo de boro forma quatro ligações covalentes com quatro átomos vizinhos de Si, mas como só possui apenas três elétrons na banda de valência, existe uma ligação apenas com alguns elétrons, enquanto as restantes três ligações possuem apenas dois elétrons, permitindo assim a formação de uma lacuna a não ser preenchida, criando assim uma região positiva. O fósforo é o material usado para criar a região n. Um átomo de fósforo tem cinco elétrons na sua banda de valência, que gera quatro ligações covalentes com os átomos de Si e deixa um elétron livre, que viaja através do material, criando assim uma região negativa (Gomes 2013) Fig.2, Ilustra e apresenta uma representação esquemática da dopagem do Si responsável por produzir a condutibilidade do material.

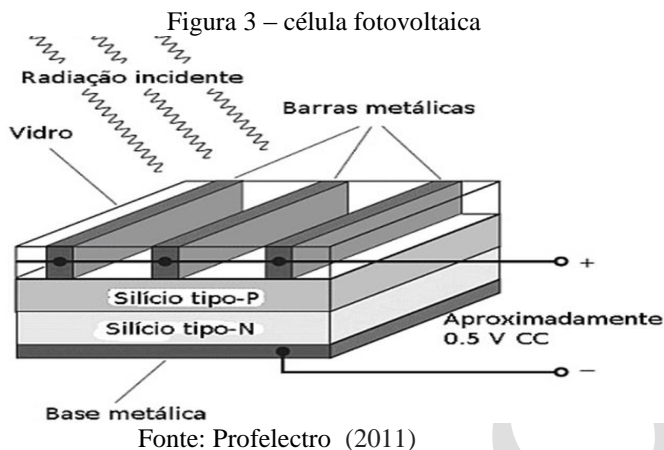
Fig.2. Esquemática da dopagem do Si.



Fonte: Gomes (2013)

Fonte: Unicamp (2013)

A região de junção dos tipos de silício é designada de junção p-n, essa junção é responsável por criar um campo elétrico, formado a partir da transição de elétrons entre a camada de valência e a camada condutiva, dessa forma os elétrons livres transitam entre as lacunas gerando terminais negativos e positivos, que são responsáveis por conduzir a corrente elétrica. Figura 3. Ilustra célula fotovoltaica.



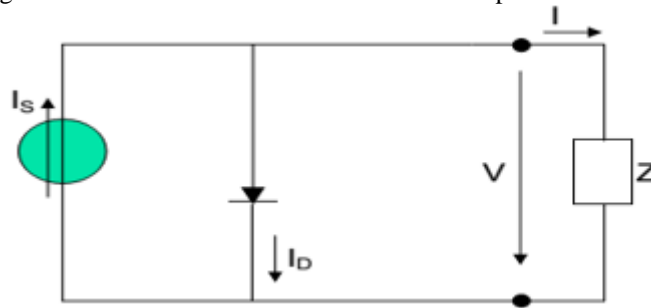
A medida que a radiação incidente aumenta as correntes deixam de aumentar esse fenômeno é chamado de corrente de saturação. A potencia obtida na saída e a radiação incidente na célula fotovoltaica passando ser chamada de eficiência de conversão da célula.

### 2.3. Modelo matemático.

A fim de se entender o comportamento de um sistema elétrico de energia solar, foi desenvolvido modelos matemáticos para os diferentes componentes constituintes de uma célula fotoelétrica. Segundo Castro 2002, Esses modelos servem de base para avaliação do rendimento enérgico produzido através da incidência de radiação solar e outros parâmetros adjacentes.

A célula fotovoltaica pode ser descrita através do circuito elétrico equivalente simplificado ou circuito ideal, como se pode verificar. Fig. 4, Ilustra modelo ideal da célula fotovoltaica, alimentação em z.

Fig.4. – Modelo ideal da célula fotovoltaica simplificado.



Fonte: Castro (2002).

A fonte de corrente  $I_S$  representa a corrente elétrica gerada pelo feixe de radiação solar, constituído por fótons, ao atingir a superfície ativa da célula, é gerado o efeito fotovoltaico; que consiste na geração uma corrente elétrica em determinado material, após a sua exposição à luz; esta corrente unidirecional é constante para uma dada radiação incidente. A junção p-n funciona como um díodo que é atravessado por uma corrente interna unidirecional  $I_D$ , que depende da tensão  $V$  aos terminais da célula. A corrente  $I_D$  que se fecha através do díodo é:

Em que:

- $I_0$  é a corrente inversa máxima de saturação do díodo;
- $V$  é a tensão dos terminais da célula;
- $M$  é o fator de idealidade do díodo (díodo ideal;  $m=1$ ; díodo real  $m>1$ );
- $V_t$  – designado por potencial térmico que leva em consideração constante de Boltzmann ( $K = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ ).
- Além da temperatura absoluta da célula em  $^\circ\text{K}$  ( $0^\circ\text{C} = 273,16 \text{ }^\circ\text{K}$ ) e a carga elétrica  $q$ : carga eléctrica do elétron ( $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).
- $I_D$  corresponde á corrente unidirecional,  $I_0$  corresponde á corrente inversa máxima de saturação do díodo,  $V$  corresponde á tensão aos terminais da célula e  $M$  é o fator de idealidade do díodo (díodo ideal  $m=1$ , díodo real  $m > 1$ ).

- A expressão abaixo representa a variação da tensão da célula, em função da temperatura a que está sujeita.
- VT é a tensão térmica,
- K representa a constante de Boltzman ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K),
- T é a temperatura da célula, em Kelvin e q é a carga do elétron ( $1,609 \cdot 10^{-19}$  C).
- A corrente I que se fecha pela carga é, portanto:

$$I = I_s - I_D = I_s - I_0 \left( e^{\frac{V}{mVT}} - 1 \right) \quad 2)$$

Dois pontos merecem atenção particular: Curto-circuito exterior, representado por:

$$\begin{aligned} V &= 0 \\ I_D &= 0 \\ I &= I_s = I_{cc} \end{aligned} \quad 3)$$

Onde  $I_{cc}$  (corrente de curto-circuito) é a corrente gerada por efeito fotovoltaico, sendo esse valor já fornecido pelo fabricante. Circuito aberto é representado por;

$$\begin{aligned} I &= 0 \\ V_{ca} &= mV_T \ln \left( 1 + \frac{I_s}{I_0} \right) \end{aligned} \quad 4)$$

Onde  $V_{ca}$  (tensão em vazio) é o valor máximo da tensão aos terminais da célula, que ocorre quando esta está em vazio. Sendo esse dado também fornecido pelo fabricante sobre determinadas condições de radiação incidente e temperatura.

Existem diversos fatores que influenciam o desempenho de uma célula solar, fazendo variar os valores dos seus parâmetros elétricos. Segundo Castro (2002), alguns fatores que tomam especial relevo são: a radiação

solar, o espectro solar, a temperatura de funcionamento (que depende da radiação solar e da velocidade do vento), o ângulo de incidência da radiação solar nos módulos fotovoltaicos e as resistências internas.

Vale salientar que com base nos cálculos matemáticos apresentados diversas metodologias matemáticas tem sido desenvolvidas, a fim de simplificar o cálculo matemático e o desempenho real das placas fotovoltaicas, assim como auxiliar no desenvolvimento de placas voltaicas mais eficientes.

Tipos de módulos e painéis.

Dentre as células mais comercializadas estão as células de Si com três variações as células, constituídas de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo.

A célula de silício monocristalino é a mais usada, atingindo cerca de 60% do mercado. A tecnologia para sua fabricação é um processo básico muito bem constituído, uma vez que essa consiste na extração do cristal de dióxido de silício, material que é desoxidado, purificado e então solidificado. Este processo atinge um grau de pureza em 98 e 99% o que é razoavelmente eficiente sob o ponto de vista energético e custo. No entanto para que esse silício possa ser usado em células fotovoltaicas é necessário que este seja fundido com pequenas quantidades de um dopante, geralmente o boro é o material utilizado na camada do tipo p. Após o ajuste dos cristais, corte e limpeza de impurezas das fatias, deve-se introduzir fósforo que é o material dopante utilizado na camada tipo n.

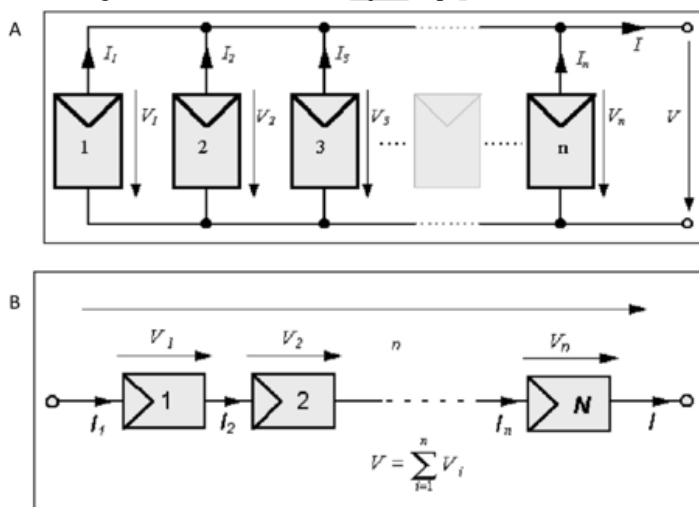
As células de silício policristalino são mais baratas que as de silício monocristalino devido ao baixo custo de produção e facilidade de obtenção da mesma. Contudo, a eficiência, dessas células é menor quando comparadas com o Si monocristalino. O processo de pureza do Si utilizado na produção das células do tipo policristalino é similar ao processo do Si monocristalino, no entanto, a preparação das placas policristalinas possui um padrão de controle menos rigoroso; o que acaba por influenciar no seu rendimento energético. Esses tipos de placas ocupam hoje 30% do mercado mundial.

Silício amorfo, não tem estrutura cristalina, apresentando defeitos estruturais que em princípio, impediriam a sua utilização em células fotovoltaicas, uma vez que aqueles defeitos potenciavam a recombinação dos pares elétron-lacuna. No entanto, se ao silício amorfo for adicionada uma pequena quantidade de hidrogênio, por um processo chamado hidrogenação, os átomos de hidrogênio combinam-se quimicamente de forma a minimizar os efeitos negativos dos defeitos estruturais. O silício amorfo absorve a radiação solar de uma maneira muito mais eficiente do que o silício

cristalino, possuindo ainda um processo de fabricação ainda mais barato que o do silício policristalino (CASTRO, 2002), no entanto, este apresenta duas grandes desvantagens: a primeira é a baixa eficiência de conversão comparada às células monocristalina e policristalina; em segundo, as células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo assim a eficiência ao longo da vida útil.

Módulos fotovoltaicos são formados pelo agrupamento de várias células fotovoltaicas, sendo estas células agrupadas em série ou em paralelo. Ao conectar as células em paralelo, soma-se as correntes de cada módulo e a tensão do módulo é exatamente a tensão da célula. A corrente produzida pelo efeito fotovoltaico é contínua. Pelas características típicas das células (corrente máxima por volta de 3A e tensão muito baixa, em torno de 0,7V) este arranjo não é utilizado salvo em condições muito especiais. A conexão mais comum de células fotovoltaicas em módulos é o arranjo em série. Este consiste em agrupar o maior número de células em série onde se somando a tensão de cada célula chegando a um valor final de 12V o que possibilita a carga de acumuladores (baterias) que também funcionam na faixa dos 12V, (SIEMENS SOLAR INDUSTRIES, 1990), edition 4.0. Figura 5. Ilustra os arranjos dos módulos, A arranjo em paralelo, B arranjo em série.

Figura – 5 Modelo de arranjo em paralelo e em série.



Fonte: Cresesb Cepel (2006)

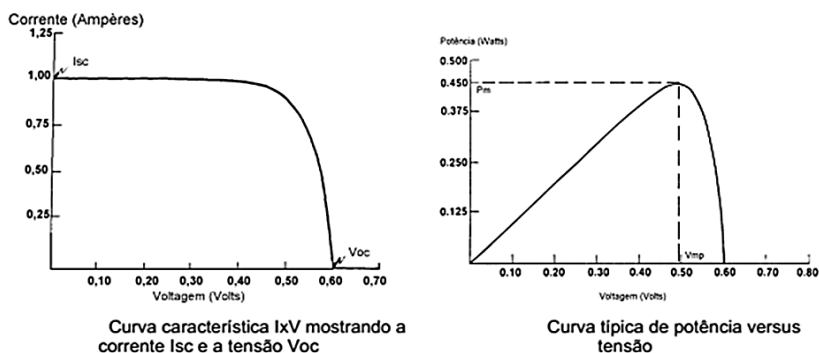
Quando uma célula fotovoltaica dentro de um módulo, por algum motivo, estiver encoberta a potência de saída do módulo cairá drasticamente

que quando ligada em série comprometerá todo o funcionamento das demais células no módulo. Para que toda a corrente de um módulo não seja reduzida, usa-se um diodo de passo que serve como um caminho alternativo para a corrente.

Outro problema que pode acontecer com um módulo é o surgimento de uma corrente negativa que flui pelas células, dessa forma está de fora de gerar corrente e o módulo passa a receber muito mais do que produz. Esta corrente pode causar queda na eficiência das mesmas. Para evitar esses problemas, usa-se um diodo de bloqueio impedindo assim correntes reversas que podem ocorrer caso liguem o módulo diretamente em um acumulador ou bateria.

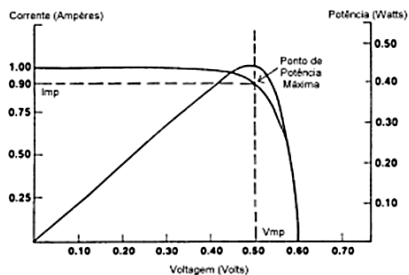
Outros parâmetros são responsáveis por caracterizar a funcionalidade do módulo, sendo essas baseadas nos seguintes pontos: Voltagem de Circuito Aberto ( $V_{oc}$ ); Corrente de Curto Circuito ( $I_{sc}$ ); Potência Máxima ( $P_m$ ). Figura 6. Ilustra e apresenta as curvas de Parâmetro de potência máxima.

Figura – 6 Curvas de parâmetro de potência máximas



Curva característica IxV mostrando a corrente  $I_{sc}$  e a tensão  $V_{oc}$

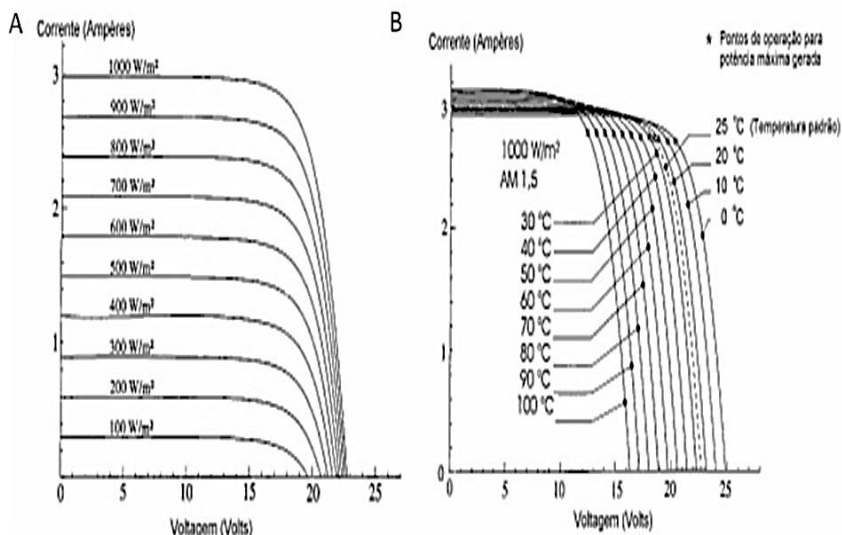
Curva típica de potência versus tensão



Fonte: Braga (2008)

Os principais fatores que influenciam nas características elétricas de um painel é a Intensidade Luminosa e a Temperatura das Células. A corrente gerada nos módulos aumenta linearmente com o aumento da Intensidade luminosa. (BRAGA, 2008). Figura 7. Ilustra o efeito causado pela variação de intensidade luminosa em A e efeito causado pela temperatura na célula em B.

Figura 7 – Efeito causado pela variação luminosa A e efeito causado pela temperatura na célula B



Fonte: Braga (2008)

Por outro lado, o aumento da temperatura na célula faz com que a eficiência do módulo caia abaixando assim os pontos de operação para potência máxima gerada.

### 3 METODOLOGIA.

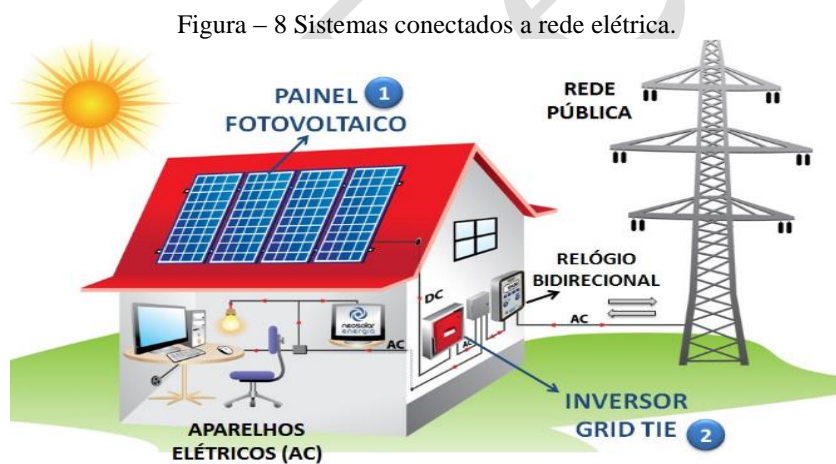
O presente trabalho trata-se de um estudo sobre placas fotovoltaicas dedicadas ao fornecimento distribuído de energia elétrica. O estudo foi realizado baseado em uma pesquisa descritiva. Para tanto, foi realizado uma ampla revisão bibliográfica a fim de salientar as principais tecnologias utilizadas para sistemas fotovoltaicos.

Para a complementação do conteúdo apresentado no trabalho também foi desenvolvido um estudo de caso baseado na demanda de energia em uma empresa situada no município de londrina. O estudo de caso foi realizado a

partir de parâmetros levantados por meio de reduzir o preço da energia cobrado pela concessionária e também pensando em produzir uma energia limpa que não agrida o meio ambiente. Por meio destes parâmetros foram realizados três orçamentos e também calculados as estimativas de custo benefício da implementação. Neste sentido foram estudadas as aplicações de painéis fotovoltaicos ligados a rede elétrica, as quais são apresentadas nas próximas subseções deste trabalho.

### 3.1 Aplicações ligadas na rede elétrica

As aplicações de sistemas fotovoltaicas conectadas a rede elétrica são constituídas basicamente por painéis fotovoltaicos, inversor de tensão e sistemas para monitoramento e proteção. Figura 8. Ilustra um sistema fotovoltaico conectado a rede elétrica.



Fonte: Neosolar Energia (2016).

O principal equipamento desta unidade é o inversor que transforma a eletricidade produzida pelas placas em corrente alternada que irá injetar eletricidade na rede com frequência e tensão adequada.

Este sistema não utiliza de baterias, toda energia capitada é utilizada e o excedente é direcionado para a concessionária da rede elétrica (Copel), esse tipo de aplicação é controlado por um inversor e um relógio bidirecional ligado ha rede elétrica que controla o valor excedido e retorna a empresa ou para sistema habitacional com desconto na fatura do mês. As aplicações das

tecnologias fotovoltaicas conectadas a rede elétrica são inúmeras. As mesmas podem ser aplicadas para o suprimento integral ou parcial de demandas na indústria, comércio e residências. Neste trabalho foi realizado um estudo de viabilidade para implementação de um sistema fotovoltaico conectado a rede elétrica. Esta demanda será destinada a alimentação de um sistema de cerca elétrica que consumira 1,9 (A), aproximadamente e será utilizado mais 1,45 (A), para iluminação de um determinado setor, totalizando 3,35 (A) conforme cálculo obtido chegou-se a 265 KWh mês.

### **3.2 Dimensionamentos do sistema de micro geração fotovoltaico dedicado a alimentação de cerca elétrica e iluminação de um setor industrial.**

Para o dimensionamento do sistema de micro geração fotovoltaico foram levantados os parâmetros da carga elétrica, a qual já se encontra instalada em funcionamento, alimentada por meio da energia fornecida pela concessionária local. A carga elétrica trata-se de uma cerca elétrica destinada a proteção da empresa a qual é composta por quatro centrais que consomem 0,83 (A) cada uma. (Marca trutest e modelo speed-right). A potência elétrica demandada por esta cerca é da ordem de 1,9(A), e (1,45) (A), para a iluminação de determinado setor, A partir destes valores de potência foram verificados a viabilidade da instalação de um sistema de micro geração fotovoltaico em um espaço de cobertura onde existe uma exposição solar melhor.

Após essa avaliação técnica serão analisados resultados obtidos com uma certa formatação de painéis solares e também dos inversores escolhidos. A formatação inicial para o sistema fotovoltaico apresenta a característica geral indicada.

Orçamento Jovic Engenharia;

O pacote da empresa Jovic engenharia utilizado conforme estudo de caso, consta com um sistema que poderá fornecer 235 KWh/mês. Conforme necessidade de consumo da empresa do estudo de caso. Segue abaixo descrição e quantidade dos componentes principais como painéis e inversor.

Quadros 1 - 2 e 3 ilustram os principais componentes.

Quadro 1- Jovic Engenharia

Itens	Descrição	Quantidade
Painéis	Marca não especificada, aprovada pelo Inmetro (monocristalino).	8 painéis com 235 Wp
Inversor	Marca eltek	1 inversor com potência 2500 W

Fonte: Jovic Engenharia (2016)

Este pacote da Jovic Engenharia também inclui um quadro de interligação e suporte de alumínio para instalação dos módulos solares e não estão inclusos frete e instalação para efeito de calculo será utilizado o valor de R\$ 3.200,00

- Preço dos itens relacionado na tabela a cima: R\$ 17.600,00.
- Preço sugerido para instalação e frete do sistema R\$3.200,00
- Preço total R\$ 20.800,00

De acordo com as estimativas a empresa deixara de utilizar da Concessionaria 235 KWh mês, que equivale a  $0.49547268 \times 235 \text{Kwh} = \text{R\$ } 116,43$  por mês no momento atual.

De acordo com as estimativas da pesquisa a vida útil de um sistema fotovoltaico é de 25 anos, isto quer dizer que o custo investido será pago em 14 anos e 8 meses sendo que o valor investido seria de R\$ 20.800,00 aproximadamente tendo uma economia nos próximos 10 anos e 4 meses de R\$14.437,32

Orçamento Brasil Solar;

O pacote da empresa Brasil Solar utilizado conforme estudo de caso consta com um sistema que poderá fornecer 319kwh/mês conforme necessidade de consumo da empresa do estudo caso. Segue abaixo descrição e quantidade dos componentes principais como painéis e inversor.

Quadro 2- Brasil Solar

Itens	Descrição	Quantidade
Painéis	Marca Kyocera, modelo KD 140 (monocristalino).	16 painéis com 140Wp
Inversor	Marca Xantrex, modelo GT 2.8	1 inversor com potência 2800 w

Fonte: Brasil Solar (2013)

No pacote da Brasil solar não estão inclusos frete e instalação do sistema. Para efeito de calculo será utilizado o valor de R\$3.100,00 para instalação

- Preço dos itens relacionado na tabela a cima: R\$21.500,00
- Preço total: R\$24.600,00

De acordo com as estimativas a empresa deixara de utilizar da Concessionaria 140 KWh mês, que equivale a  $0.49547268 \times 140$  Kwh = R\$69,36 por mês no momento atual.

De acordo com as estimativas da pesquisa a vida útil de um sistema fotovoltaico é de 25 anos, isto quer dizer que o custo investido será pago em 29 anos e 6 meses sendo que o valor investido seria de R\$24.600,00 aproximadamente, esse tipo de sistema não seria o indicado.

Orçamento Neosolar energia;

O pacote da empresa Neosolar energia utilizado conforme estudo de caso consta com um sistema que poderá fornecer 265 KWh/mês conforme necessidade de consumo da empresa do estudo caso. Segue abaixo descrição e quantidade dos componentes principais como painéis e inversor.

Quadro 3- Neosolar energia

Itens	Descrição	Quantidade
Painéis	Canadium CSI CS6P	8 painéis com 265Wp
Inversor	Fronius Primo 6.0-1	1 inversor com potencia 6.000 w

Fonte: Neosolar Energia (2016)

No pacote da Neosolar energias não estão inclusos frete e instalação do sistema.

Para efeito de calculo será utilizado o valor de R\$3.200,00 para instalação.

- Preço dos itens relacionado na tabela a cima: R\$18.518,00
- Preço de instalação e frete: R\$3.300,00
- Preço total: R\$21.518,00

De acordo com as estimativas a empresa deixara de utilizar da Concessionaria 265 KWh mês, que equivale a  $0.49547268 \times 265$  KWh = R\$131,30 por mês no momento atual.

De acordo com as estimativas da pesquisa a vida útil de um sistema fotovoltaico é de 25 anos, isto quer dizer que o custo investido será pago em 13 anos e 4 meses sendo que o valor investido seria de R\$21.518,00 aproximadamente tendo uma economia nos próximos 11 (onze) anos e 8 (oito) meses de R\$18.382,00

Atualmente a empresa em questão não possui qualquer sistema de micro geração de energia fotovoltaica. Um prévio estudo técnico realizado

pelas empresas Jovic engenharia, Brasil Solar e Neosolarenergia demonstrou que a empresa que mais se aproxima da realidade de consumo do estudo de caso e a mais viável é a empresa Neosolarenergia. Essa avaliação inicial é importante uma vez que está permite avaliar os gastos iniciais e a economia futura que esse sistema pode gerar para a empresa interessada.

A formatação inicial é constituída por painéis fotovoltaicos do fabricante Canadiansolar (painel canadense) os painéis terão uma inclinação de 20 graus.

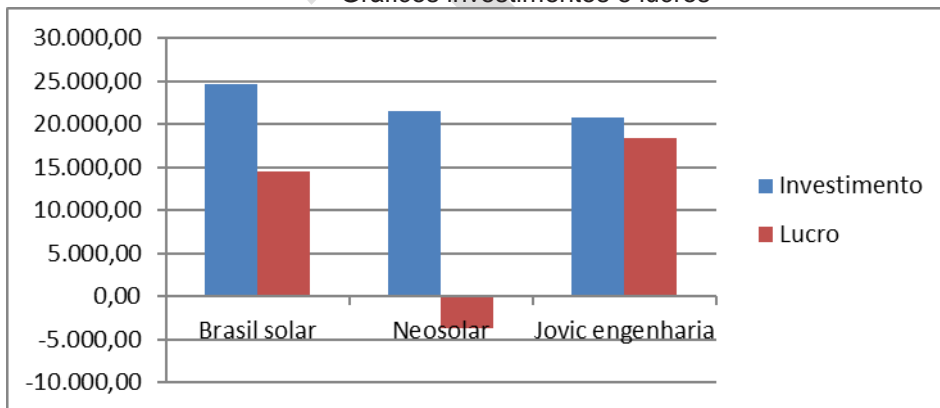
Tabela – 1 Orçamento individual das empresas Jovic engenharia, Brasil Solar e Neosolar energia.

Empresas	Investimentos	Tempo para pagar	Lucro total
Jovic engenharia	20.800,00	14 anos 8 meses	R\$14.437,32
Brasil solar	24.600,00	29 anos e 6 meses	R\$ - 3.745,44
Neosolar energia	21.518,00	11 anos 8 meses	R\$18.383,00

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4 DADOS E RESULTADOS

Gráficos investimentos e lucros



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.1 Cálculo elétrico

Os painéis fotovoltaicos utilizados nesta solução são de silício monocristalino. Da marca Canadian solar e as características elétricas do

painel fotovoltaico estão apresentadas na tabela 2 e do inversor na tabela 3, usado na composição do sistema fotovoltaico.

Tabela 2 – Especificação técnica do painel de 265 Wp de energia solar

Potência máxima: (pm)	265 Watt
Tolerância:	0/5 Watt
Voltagem de máxima potencia: (vm)	30,6 Volt
Corrente de máxima potencia: (Im)	8,66 Amps
Voltagem de circuito aberto (vco)	37,7 Volts
Corrente de curto-circuito (isc)	9,23 Amps
Voltagem máxima do sistema	1000 Volts
Eficiência do painel	16,47% °c
Coefficiente de temperatura do painel	- 0,41% °c
Coefficiente de temperatura de corrente	0,053% °c
Coefficiente de temperatura de voltagem	0,31% °c
Temperatura nominal de operação de célula	46 °c

Fonte: Neosolar Energia (B) (2016)

As especificações citadas na tabela 2 é especificamente do painel solar da marca canadium solar (canadense), uma das células mais utilizada no momento por ter maior porcentagem de voltagem em KWh.

É um painel com melhor eficiência de conversão solar, tem um excelente desempenho mesmo com baixa irradiação solar sua estrutura é reforçada para suportar pressão causada por ventos de até 2400 Pa; e tem excelente resistência à névoa, sal, amônia e areia.

Tabela 3- Especificação técnica do inversor Fronius primo.

Voltagem máxima de entrada	1000 Vcc
Faixa de voltagem do MPPI	240 Vcc a 800 Vcc
Voltagem mínima de entrada	80 Vcc
Corrente máxima de entrada	18 A
Potência nominal de saída	6000 W
Voltagem de saída	180 Vca a 270 Vca
Frequência de saída	60HZ
Corrente máxima de saída	26,1 A
Eficiência máxima	98%
Consumo interno (noite)	1W
Temperatura de operação	- 40 °c a + 55 °c
Dimensões (L * A * P)mm	(645 * 431 * 204)
Peso kg	21,5 kg

Fonte: Neosolar Energia (2016)

Os inversores Fronius da linha Primo funcionam integrados a rede elétrica para uso com energia solar fotovoltaica; Sendo um inversor do tipo *Grid Tie* que trabalha sincronizado com a rede elétrica possibilitando a redução da conta de energia na unidade consumidora, em que é instalado. (NEOSOLAR ENERGIA, 2016).

Tabela 4 – Dimensionamento dos valores em %

Custo das 8 placas	30% do valor investido
Mão de obra	5% do valor investido
Regulador	5% do valor investido
Inversor	55% do valor investido
Instalação elétrica	5% do valor investido

Fonte: Elaborado pelo autor

## 5 CONCLUSÕES

A geração de energia através das tecnologias fotovoltaica para a área rural, doméstica e empresarial é uma importante alternativa energética, vista que, muitas vezes essa se apresenta como uma solução vantajosa tanto economicamente quanto ambientalmente, já que, essa não proporciona impacto ambiental.

No entanto essa tecnologia se apresenta de forma ainda pouco utilizada, devido ao custo de sua instalação, uma vez que ainda há poucos investimentos nesse tipo de tecnologia e pelo fato do país possuir uma matriz energética com base em hidroelétrica. Visto esse cenário, é importante incentivar a utilização dessa energia no país, tanto em escala doméstica quanto em escala industrial, a fim de implementar a matriz energética e viabilizar a utilização dessa tecnologia, além de outras fontes renováveis de energia.

Para que esta energia limpa e renovável seja utilizada em larga escala faz se necessário a redução de custo, algo que vem acontecendo nos últimos anos. Este objetivo pode ser atingido com mais rapidez através do desenvolvimento tecnológico e pela via da produção em massa.

Muita tecnologia tem sido desenvolvida a fim de baratear e popularizar a utilização da energia solar como geração de energia elétrica. Com base no levantamento de dados realizados.

Com base nos cálculos realizados a empresa que mais se aproximou do custo de instalação do sistema de energia fotovoltaico foi a Neosolar elétrica que teria um custo de R\$21.518,00, sendo o mesmo pago em 13 anos e 4 meses contudo, a utilização desse sistema geraria uma economia nos próximos 11 anos e 8 meses de aproximadamente R\$18.382,00 para a empresa.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. C. R. de. Chat na Web: um estudo de gênero hipertextual. Dissertação (Mestrado em Linguística). Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Linguística da Universidade Federal do Ceará, 2003. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/8753> Acessado em 25 maio 2016

AGUIAR Ricardo, Susana Castro Viana, António Joyce, “Estimativas Instantâneas do Desempenho de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Portugal Continental”, XI, 2007. Disponível em: <http://docslide.com.br/documents/fotovoltaicoed3>. Acessado em: 18 junho 2016

BALANÇO ENERGETICO NACIONAL 2013: [http://www.solosenergia.com.br/?gclid=CjwKEAiAmo\\_CBRC9qbGQssjq28SJABYTgZxQbZk33UpjK0776TXKznoxWrKVx3I1FmzK9SWLa3oiBoCRd\\_w\\_wcB](http://www.solosenergia.com.br/?gclid=CjwKEAiAmo_CBRC9qbGQssjq28SJABYTgZxQbZk33UpjK0776TXKznoxWrKVx3I1FmzK9SWLa3oiBoCRd_w_wcB). Acessado em 18 junho 2016.

BRAGA, Renata Pereira, **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**, São Paulo:UFR, 2008.

CASTRO, Rui M. G. **Energias renováveis e produção descentralizada: introdução à energia fotovoltaica**. Lisboa: DEEC, 2002. Disponível em: [http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao\\_a\\_Energia\\_Fotovoltaica.pdf](http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf) Acessado em: 25 maio 2016

JOVIC ENGENHARIA. Disponível em: <http://www.joviceng.com.br/produtos/produtos/> Acessado em: 25 maio 2016

MARQUES, José Pedro Pinto Teixeira, **Modelação e controlo de conversor DC/AC: para interligação de painéis fotovoltaicos à Rede**. Portugal: FEUP, 2009.

NEOSOLAR ENERGIA. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica> Acessado em: 20 nov. 2016

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA Disponível em: <http://www.mme.gov.br> Acessado em: 25 maio 2016.

NEVES, Ricardo Nuno Freitas, **Desenvolvimento de modelos de previsão de produção de centrais solares fotovoltaicas**. Portugal: FEUP, 2010.

NEOSOLAR ENERGIA. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-265wp-canadian-csi-cs6p-265p.html> 2013. Acesso em novembro 2016 (B)

PROFELECTRO **Energia solar**: célula fotovoltaica. Disponível em: <http://www.profelectro.info/?p=1368>. Junho de 2011. Acesso 31 nov. 2016

SIEMENS SOLAR INDUSTRIES. Training department, “photovoltaic technology and system design - training Manual”: Edition 4.0, 1990.

UNICAMP Caracterização da lâmina. Disponível em: [http://wtprocess.ccs.unicamp.br/processos/nmos\\_v11/html/carac.html](http://wtprocess.ccs.unicamp.br/processos/nmos_v11/html/carac.html) Acessado em: 25 maio 2016.

ZANESCO, Izete, **Implementação e análise de sistemas fotovoltaicos autônomos**, Rio Grande do Sul: PUC, 2011.