

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

RENAN ARTUR GABARDO

TIAGO RADASKIEVICZ

**ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DO USO RESIDENCIAIS
DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS LIGADOS À REDE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

RENAN ARTUR GABARDO

TIAGO RADASKIEVICZ

**ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DO USO RESIDENCIAIS
DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS LIGADOS À REDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção Civil.

Orientador: Prof. Dr.Ivan Azevedo Cardoso

CURITIBA

2013

FOLHA DE APROVAÇÃO

ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DO USO RESIDENCIAIS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS LIGADOS À REDE

Por

RENAN ARTUR GABARDO
TIAGO RADASKIEVICZ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em DD de mês de 2013, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – Ivan Azevedo Cardoso, Dr.
UTFPR

Prof. Gilberto Manoel Alves, Dr.
UTFPR

Profa. Sara Rachel Orsi Moretto, Msc.
UTFPR

“O uso da energia solar não se consolidou porque a indústria do petróleo não possui o sol.”

(Ralph Nader)

RESUMO

GABARDO, Renan Artur; RADASKIEVICZ, Tiago. Aspectos técnicos e econômicos do uso de painéis fotovoltaicos ligados à rede em residências. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Este estudo apresenta as principais características técnicas e econômicas a respeito da utilização de energia fotovoltaica em residências. Traz um breve histórico desta tecnologia no Brasil e no mundo, desde a observação do fenômeno de conversão da radiação solar em eletricidade até o panorama da tecnologia e indústria fotovoltaica nos dias atuais. Mostra os componentes de um sistema fotovoltaico ligado a rede e faz comparações entre os diferentes esquemas de ligação. Faz um estudo de caso para instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência localizada na cidade de Curitiba. Tem como resultado um esclarecimento sobre os principais aspectos da utilização da energia solar, os atuais custos e período de retorno do investimento inicial para instalação de um sistema fotovoltaico residencial, os quais se mostraram razoáveis.

Palavras-chave: energia solar; energia fotovoltaica; sistemas interligados à rede.

ABSTRACT

GABARDO, Renan Artur; RADASKIEVICZ, Tiago. Technical and economic aspects of the use of photovoltaic panels connected to the grid in residences. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

This research consists of a study of the main technical and economical characteristics of the use of photovoltaic energy in residences. It brings a short history of this technology in Brazil and worldwide, starting at the first observation of the phenomenon until the current scenario of the technology and photovoltaic industry. It shows the components of a photovoltaic system connected to the grid and makes comparisons between the different connection schemes. It makes a case study for the installation of a photovoltaic system in a residence located at Curitiba. As result, it brings an explanation about the main aspects of solar energy, components costs, and an estimated return period of the investment on a on grid residential photovoltaic system.

Keywords: solar energy; photovoltaic energy; on grid systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sunbelt - Região do planeta com melhor incidência solar	22
Figura 2 - Comparação radiação solar Alemanha/Brasil	25
Figura 3 - Mapa de radiação solar no Brasil.....	26
Figura 4 - Estrutura em teia de diamante de um cristal de silício	29
Figura 5 - Superfície de uma célula fotovoltaica típica	31
Figura 6 - Efeito Fotovoltaico em uma célula fotovoltaica	32
Figura 7 - Células de silício monocristalino	33
Figura 8 - Pannel de células poli cristalinas	34
Figura 9 - Rolo de filme fotovoltaico	35
Figura 10 - Cobertura solar com silício amorfo.....	35
Figura 11 - Célula fotovoltaica orgânica	36
Figura 12 - Configuração Básica de um Sistema Fotovoltaico	37
Figura 13 - Configuração Sistemas Off-Grid	38
Figura 14 - Exemplo de um sistema híbrido.....	39
Figura 15 -Sistema fotovoltaico ligado a rede	40
Figura 16 - Curva característica de um pannel fotovoltaico.....	46
Figura 17 - Inversor Sunny Boy da fabricante SMA	47

Figura 18 - Medidor de energia bidirecional (smart).....	48
Figura 19 - Ângulo θ	50
Figura 20 - Elevação Solar.....	51
Figura 21 - Tarifas de energia elétrica ao redor do mundo, por kWh.....	55
Figura 22 - Software RadiaSol-2, inserção de dados.....	59

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Lista das Usinas Fotovoltaicas brasileiras em operação	27
Tabela 1 - Software RadiaSol 2, irradiação média	60
Tabela 2 - Descrição itens orçados Jovic Engenharia.....	62
Tabela 3 - Descrição itens orçados Brasil Solar	63
Tabela 4 - Descrição itens orçados Neosolar.....	64
Tabela 5 - Resumo dos orçamentos obtidos	64
Tabela 6 - Resultados obtidos com a análise do tempo de retorno.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Projeção do Consumo de Energia no Mundo	42
Gráfico 2 - Previsão do Crescimento Populacional do Brasil	43
Gráfico 3 – Relação crescimento do PIB e consumo de energia elétrica	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	-	Associação Brasileira do Desenvolvimento Industrial
AM	-	Air mass
ANEEL	-	Agência Nacional de Energia Elétrica
BSW	-	Associação da Indústria Solar Alemã, na sigla em alemão
CA	-	Corrente alternada
CC	-	Corrente Contínua
COPEL	-	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
CRESESB de Salvo Brito	-	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio
EMC/UFSC	-	Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina
EPE	-	Empresa de Pesquisa Energética
EPIA	-	European Photovoltaic Industry Association
GTES	-	Grupo de Trabalho de Energia Solar
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEE	-	Instituto de Eletrotécnica e Energia
IGBT's	-	Insulated Gate Bipolar Transistor

INEO	-	Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica
INMET	-	Instituto Nacional de Meteorologia
LABSOLAR	-	Laboratório de Energia Solar
MME	-	Ministério de Minas e Energia
NTSolar	-	Núcleo de Tecnologia em Energia Solar
PMT	-	Pagamento
PV	-	Valor Presente
TE	-	Tarifa de energia
TUSD	-	Tarifa de uso do sistema de distribuição
UFRGS	-	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	-	Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1.	O SOL COMO FONTE DE ENERGIA.....	18
2.	HISTÓRICO DO EFEITO FOTOVOLTAICO	19
2.1	DESCOBERTA	19
2.2	AVANÇO NAS DÉCADAS DE 50 E 60.....	19
2.3	A CRISE DO PETRÓLEO E A ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	20
2.4	DÉCADAS DE 80 E 90 E A CONSCIÊNCIA ECOLÓGICA.....	20
3.	DIFUSÃO DA TECNOLOGIA	21
4.	ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL	23
4.1	POTENCIAL ENERGÉTICO NACIONAL	24
4.2	USINAS FOTOVOLTAICAS NO BRASIL.....	27
5.	O EFEITO FOTOVOLTAICO	28
5.1	ESTRUTURA MICROSCÓPICA	28
5.2	ESTRUTURA MACROSCÓPICA.....	31
5.3	TIPOS DE CÉLULAS	33
6.	CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	37
6.1	SISTEMAS ISOLADOS – “OFF GRID”	37

6.2	SISTEMAS HÍBRIDOS.....	39
6.3	SISTEMAS CONECTADOS A REDE	40
7.	PROJEÇÕES DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	41
7.1	PROJEÇÃO MUNDIAL	41
7.2	PROJEÇÃO NACIONAL.....	42
8.	DESVANTAGENS DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	44
9.	COMPONENTES DE UM SISTEMA CONECTADO A REDE.....	45
9.1	COLETORES	45
9.2	INVERSORES	46
9.3	MEDIDORES DE ENERGIA BIDIRECIONAIS.....	48
10.	FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	49
10.1	RADIAÇÃO SOLAR DIRETA E DIFUSA.....	49
10.2	MASSA DE AR	49
10.3	ELEVAÇÃO SOLAR	50
10.4	ALBEDO	51
10.5	DESVIO AZIMUTAL.....	51
11.	ECONOMIA E ENERGIA	51
11.1	ECONOMIA MONETÁRIA E MATRIZ ENERGÉTICA.....	53

12.	A INDÚSTRIA FOTOVOLTAICA	54
12.1	CENÁRIO EUROPEU	54
12.2	CENÁRIO NACIONAL	55
13.	VENDA E COMPENSAÇÃO DO EXCEDENTE DE ENERGIA.....	57
14.	ESTUDO DE CASO	58
14.1	DEFINIÇÃO DO MODELO A SER UTILIZADO.....	58
14.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA (SOFTWARE RADIASOL)	58
14.3	ORÇAMENTOS.....	62
14.3.1	ORÇAMENTO JOVIC ENGENHARIA	62
14.3.2	ORÇAMENTO BRASIL SOLAR	63
14.3.3	ORÇAMENTO NEOSOLAR.....	64
14.4	COMPARAÇÃO ENTRE O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA APRESENTADO NO TRABALHO E OS ORÇAMENTOS ENVIADOS PELAS EMPRESAS.....	65
14.5	ESTUDO DO TEMPO DE RETORNO.....	65
14.6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:.....	66
15.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
16.	REFERÊNCIAS	70

ANEXO A – PAINÉIS SOLARES CERTIFICADOS PELO INMETRO...76

ANEXO B – INVERSORES CERTIFICADORES PELO INMETRO.....87

INTRODUÇÃO

O atual cenário socioeconômico tornou evidente a necessidade de uma reformulação na matriz energética tradicional. A previsão da escassez de combustíveis fósseis em um futuro próximo e a degradação do meio ambiente causada pela transformação do mesmo trouxe para as discussões acadêmicas o desafio da geração de energia com o mínimo de impacto ambiental. Sendo que o consumo de energia intimamente relacionado ao crescimento da economia de uma nação.

A energia elétrica proveniente da radiação solar se apresenta como uma alternativa promissora para suprir residências e instalações comerciais de pequeno porte, uma tecnologia que pode contribuir para a abundância de energia num futuro com uma demanda maior do que a atual.

Este trabalho irá apresentar o histórico da tecnologia de conversão da radiação solar em energia elétrica, os princípios de funcionamento de um painel fotovoltaico, os diferentes sistemas possíveis de aplicação desta tecnologia, o atual panorama de demanda e produção de energia elétrica, casos de sucesso de emprego da tecnologia, políticas de incentivo por parte do governo brasileiro, o potencial desta tecnologia e um estudo de caso teórico de um sistema conectado à rede elétrica (smart grid) em uma residência.

Tendo executado estas etapas de maneira satisfatória espera-se poder esclarecer algumas dúvidas bastante comuns sobre este tipo de tecnologia, demonstrar os vários benefícios da popularização destes geradores, bem como estipular um tempo para o retorno monetário do investimento inicial.

1. O SOL COMO FONTE DE ENERGIA

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, constitui atualmente uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentar os desafios do novo milênio. Praticamente qualquer fonte de energia gerada na terra é em última instância derivada da energia do sol.

É a partir da energia do Sol que se dá a evaporação, origem do ciclo das águas, que possibilita o represamento e a consequente geração de eletricidade (hidroeletricidade). A radiação solar também induz a circulação atmosférica em larga escala, causando os ventos. Petróleo, carvão e gás natural foram gerados a partir de resíduos de plantas e animais que, originalmente, obtiveram a energia necessária ao seu desenvolvimento, da radiação solar. As reações químicas às quais a matéria orgânica foi submetida, a altas temperaturas e pressões, por longos períodos de tempo, também utilizaram o Sol como fonte de energia. É também por causa da energia do Sol que a matéria orgânica, como a cana-de-açúcar, é capaz de se desenvolver, fazer fotossíntese para, posteriormente, ser transformada em combustível nas usinas.

A Terra recebe anualmente $1,8 \times 10^{14}$ kWh de energia solar, o que corresponde a 7.500 vezes o consumo mundial de energia no mesmo período. Uma das possíveis formas de conversão de parte da energia solar é conseguida através do efeito fotovoltaico que ocorre em dispositivos conhecidos como células fotovoltaicas. Estas células são componentes optoeletrônicos que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade. São basicamente constituídas de materiais semicondutores, sendo o silício o material mais empregado atualmente. (GTES, 2004).

2. HISTÓRICO DO EFEITO FOTOVOLTAICO

2.1 Descoberta

O efeito fotovoltaico foi observado por Edmond Becquerel, em 1839 ele verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito produziam um pequeno potencial elétrico quando expostos à luz (*BECQUEREL, E. 1839 apud VALLÉRA, ANTÓNIO M. 2006*).

Após alguns anos, em 1877, dois inventores norte-americanos, W. G. Adams e R. E. Day utilizaram as propriedades fotocondutoras do selênio para produzir o primeiro dispositivo que quando exposto a luz produzia energia elétrica, este dispositivo tinha uma eficiência ínfima, alcançando apenas 0,5%. Mesmo com a baixa eficiência, o dispositivo que tratava de um filme de selênio depositado num substrato de ferro com um segundo filme de ouro, semitransparente, foi comercializado como fotômetros para máquinas fotográficas (*W. G. ADAMS E. R. E. DAY, 1877 apud VALLÉRA, ANTÓNIO M. 2006*).

2.2 Avanço nas décadas de 50 e 60

O avanço no início do século XX só foi possível graças a explicação do efeito fotovoltaico por Albert Einstein em 1905 e que em 1921 lhe rendeu o Nobel de Física por este trabalho. Outros aspectos importantes que possibilitaram o contínuo avanço foram o advento da mecânica quântica e a criação das técnicas de purificação e dopagem associadas ao desenvolvimento do transistor de silício (*REVISTA TÈCHNE*).

No entanto a primeira célula fotovoltaica só foi produzida em 1954, quando o químico Calvin Fuller, desenvolveu um processo de difusão, que introduzia impurezas no silício e com isso conseguia controlar sua condutividade elétrica, um processo chamado dopagem. Com isso Fuller produziu uma barra de silício, dopada com um pouco de gálio, tornando o silício condutor; após outros processos físicos e químicos, Calvin Fuller percebeu que quando exposta à luz, a

barra produzia uma corrente elétrica. Após a descoberta o cientista chamou companheiros que trabalhavam no mesmo laboratório para observarem e testemunharem as medições, que mostravam uma eficiência superior a 4%, o que era na época um grande avanço para esta tecnologia. Após mais alguns estudos e modificações, a célula de Fuller chegou a 6% de eficiência (REVISTA TÈCHNE).

Num primeiro momento houve grande entusiasmo, o The New York Times chegou a publicar “marca o princípio de uma nova era, levando, eventualmente, à realização de um dos mais belos sonhos da humanidade: a coleta de energia solar sem limites, para o bem-estar da civilização”. No entanto logo se percebeu que o preço dessa energia era muito alto e a alternativa só se tornava competitiva em situações especiais, como satélites, boias de navegação ou regiões isoladas, em que a construção de uma linha de energia não se tornava viável (REVISTA TÈCHNE).

2.3 A crise do petróleo e a energia fotovoltaica

Em 1973 a crise energética atingiu de forma alarmante as potências mundiais dependentes do petróleo do Oriente Médio, nesse período com o encarecimento da energia proveniente do combustível fóssil, a alternativa da energia solar tornou-se mais atraente com relação aos custos, iniciando uma nova onda de pesquisas voltadas para esta tecnologia. Estas novas pesquisas fizeram com que a eficiência da célula fotovoltaica ultrapassasse a barreira dos 20%, pelo menos em nível de laboratório (VALLÈRA, 2006).

2.4 Décadas de 80 e 90 e a consciência ecológica

Nesse período a energia solar ganhou mais o atrativo de ser uma energia limpa e renovável e esta vantagem transformou a energia fotovoltaica de esquecida para uma das possíveis soluções para o problema energético mundial. Nestes anos foram criadas algumas usinas utilizando esta alternativa, e foram

estimulados em países como Alemanha e Japão, verdadeiros “telhados solares”, transformando as casas em mini usinas, conectados ou não à rede elétrica local.

As células fotovoltaicas atingiram eficiências elevadas nesse período, no entanto percebeu-se que o foco não deveria ser apenas no aumento da eficiência e sim na produção em larga escala e na contínua busca por incentivos governamentais que fomentem a instalação de mais bases geradoras de energia fotovoltaica (REIS, 2008).

3. DIFUSÃO DA TECNOLOGIA

Com a crescente demanda por fontes de energia renováveis, limpas e seguras, a energia fotovoltaica tornou-se uma das principais esperanças para a resolução deste problema. Muitos países tem programas que incentivam a instalação de sistemas fotovoltaicos, comprando o excedente de energia produzida. No entanto ainda existe um grande caminho a ser percorrido, segundo dados da European Photovoltaic Industry Association (EPIA), 66 países localizados entre as latitudes 35° N e 35° S, também conhecidos como *sunbelt countries*, poderiam contar com 1,1 TW de de potência instalada até o ano de 2030.

Para tal, é necessário que os governos adotem estratégias para tornar a energia fotovoltaica competitiva economicamente com aquelas de origem fóssil, mesmo sendo cada vez mais evidentes os impactos negativos decorrentes da exploração desta última. O primeiro passo seria incluir explicitamente a energia fotovoltaica como parte do planejamento energético. Tendo como objetivo promover o desenvolvimento desta tecnologia, seria preciso criar condições para a produção local dos componentes dos sistemas fotovoltaicos, através de investimentos em pesquisa para desenvolvimento de novos materiais e aumento da eficiência dos existentes, bem como programas de financiamento que facilitem o acesso.

Uma vez que os maiores produtores de energia fotovoltaica do mundo estão no *Sunbelt*, a colaboração entre países onde esta tecnologia está mais consolidada para com aqueles onde há muito o que se desenvolver é a chave para atingir resultados que são interessantes à todos. (EPIA,2012)

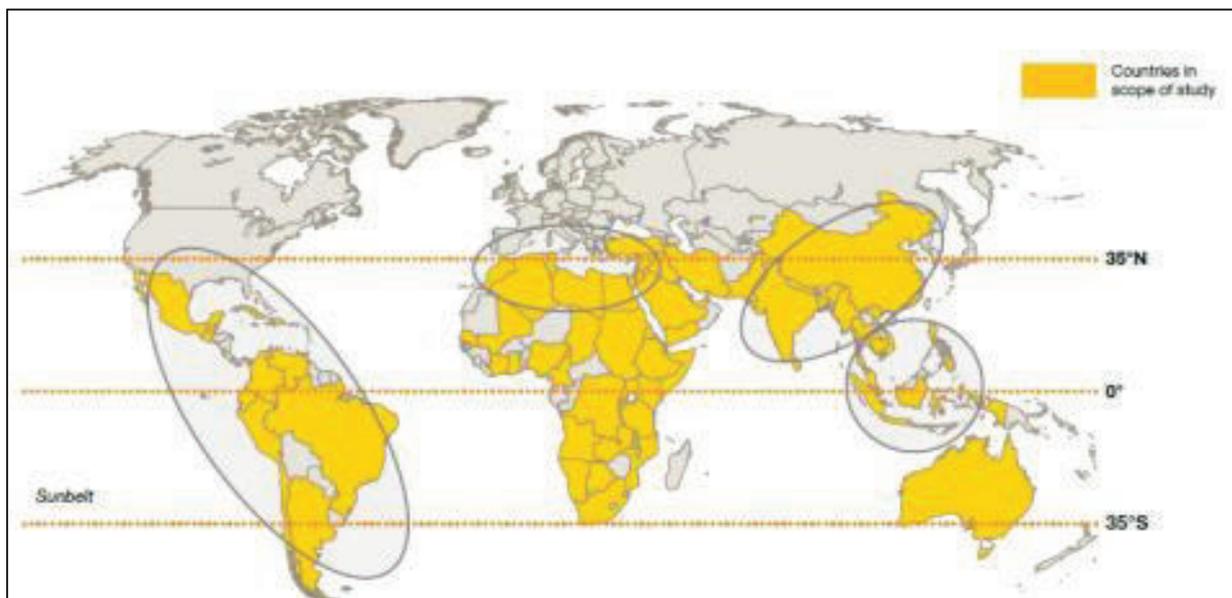


Figura 1 - Sunbelt - Região do planeta com melhor incidência solar

Fonte: EPIA, 2012

4. ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

O Brasil não possui um grande histórico no desenvolvimento de tecnologia de painéis fotovoltaicos, no entanto é com certeza um dos países com maior potencial solar do mundo. Segundo Clarice Ferraz, pesquisadora da UFRJ, o lugar do Brasil com menor incidência solar, recebe 40% mais energia proveniente do Sol do que o lugar com maior incidência solar na Alemanha. Outro ponto importante, também, é a grande disponibilidade de quartzo (SiO_2) que é a matéria-prima para obtenção do silício usado nas células fotovoltaicas. (AMBIENTE ENERGIA, 2012).

O Brasil ainda não utiliza em grande escala a energia fotovoltaica. Um dos principais fatores é sua variada base energética, sendo que a maior parte da energia elétrica produzida no país provém de uma fonte renovável e relativamente limpa a energia hidráulica. Mesmo assim o país tem investido consideravelmente nesta alternativa. Segundo o Jornal O Estado de São Paulo de 12 de abril de 2012, entre as energias renováveis o investimento em energia solar foi o que mais cresceu, cerca de 40%, atraindo mais de U\$128 milhões para o setor. Para a ABDI (Associação Brasileira do Desenvolvimento Industrial) o importante para o fomento da energia fotovoltaica deve partir de políticas públicas, fazendo com se sejam criadas condições para a instalação e o desenvolvimento da indústria na área de energia solar.

A ANEEL, aprovou no dia 17 de abril de 2012, a regulamentação para que consumidores também sejam produtores de energia para a rede; este fato certamente causará um aumento significativo na produção de painéis solares, pois estes podem funcionar como mini usinas em telhados e outras superfícies, alimentando tanto o prédio onde estão localizados como outras edificações ligadas a rede elétrica. (ANEEL,2012)

4.1 Potencial Energético Nacional

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em associação ao Laboratório de Energia Solar (LABSOLAR) – EMC/UFSC, divulgou um levantamento da energia solar que irradia sobre o território brasileiro. Os dados divulgados são estimados a partir de dados de cobertura efetiva de nuvens obtidos com um satélite geoestacionário e das taxas de transmissão e reflexão desta radiação nas duas condições climáticas extremas, céu claro e coberto. Os dados utilizados para esta relação foram coletados entre 1995 e 1998.

Para podermos definir um único valor que seja representativo de toda a irradiação recebida pelo vasto território nacional, podemos utilizar os dados do gráfico da figura 3, através de uma média ponderada relacionando a radiação média anual de cada região com a sua porcentagem da área do território total, obter o valor de 5506 Wh/m².

A região sul do país, aonde predomina o clima subtropical e os invernos costumam contar com mais dias de tempo fechado, apresenta uma variação mais acentuada entre a irradiação mensal e também uma variabilidade diária maior nos meses de maio, junho, julho e agosto. No mesmo gráfico de onde extraí-se o valor médio anual para todo o país, encontra-se o valor anual médio da irradiação da região sul, cujo valor é de 5015 Wh/m², cerca de 90% da radiação média anual. Vale ressaltar que um estudo mais elaborado, utilizando os valores médios mensais e as variações diárias, e não a aproximação média de uma região deve ser feito antes da instalação de um sistema de conversão de energia para garantir a sua viabilidade, retorno e eficiência.

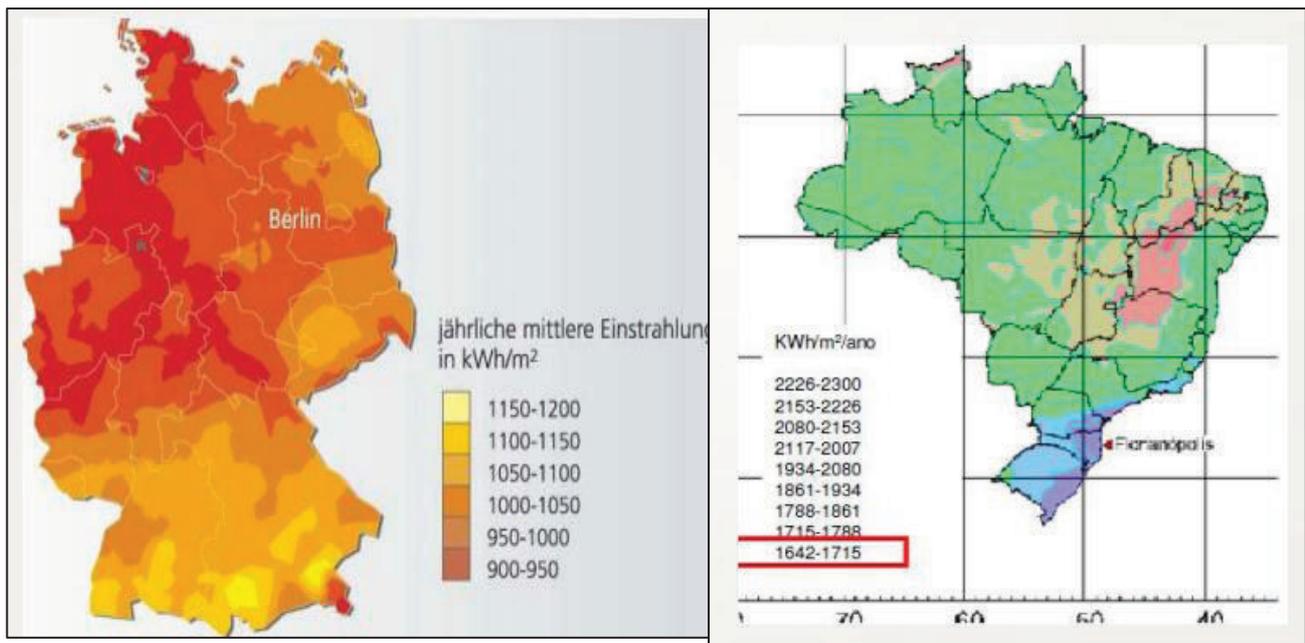


Figura 2 - Comparação radiação solar Alemanha/Brasil

Fonte: CRESESB, 2012

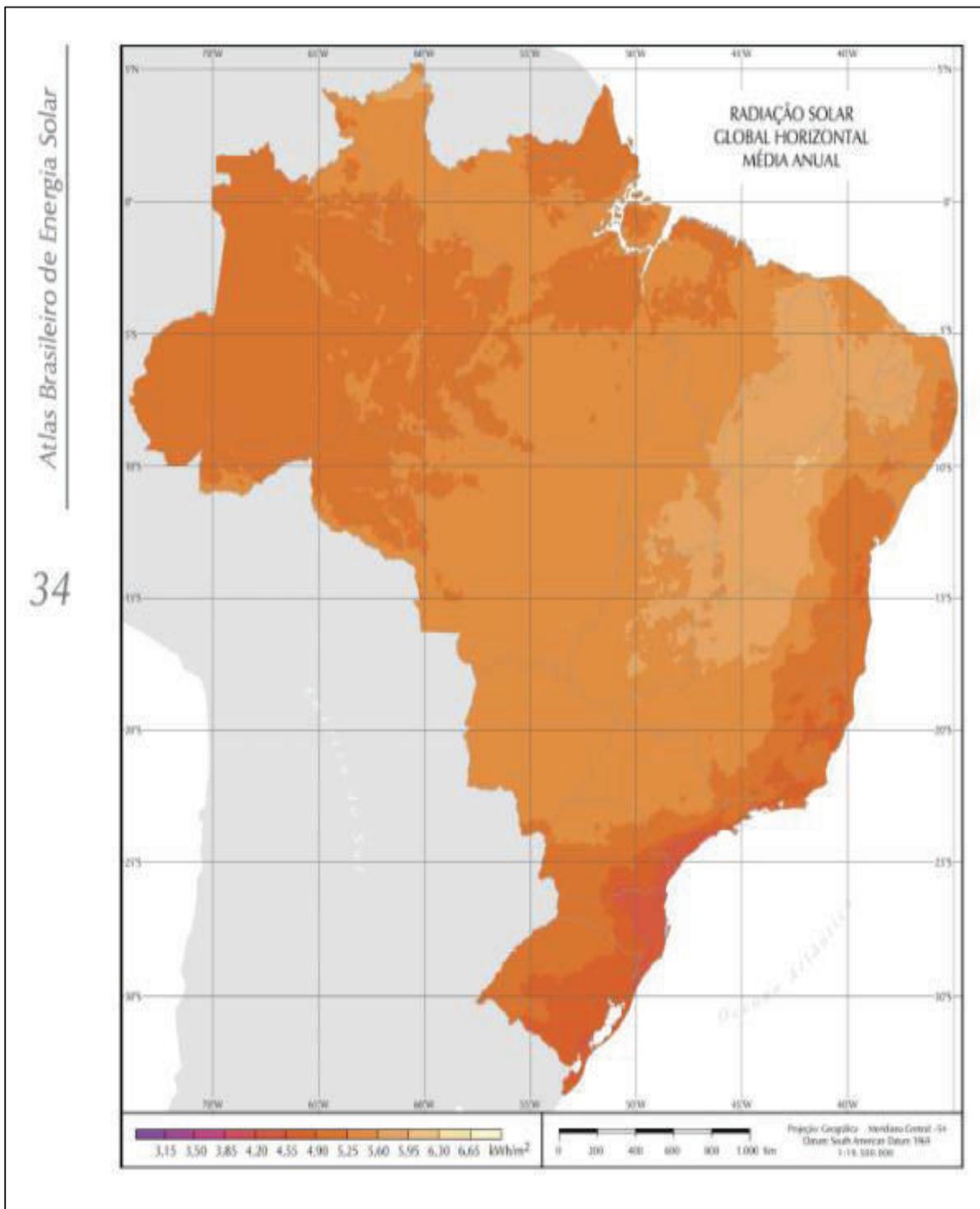


Figura 3 - Mapa de radiação solar no Brasil

Fonte: CRESESB, 2012

4.2 Usinas fotovoltaicas no Brasil

O Brasil sempre usou a energia fotovoltaica em pequena escala, geralmente utilizando esta alternativa para fornecer energia a localidades rurais ou lugares isolados da rede elétrica. Mas em agosto de 2011 foi inaugurada pelo grupo MPX do empresário Eike Batista a Usina MPX Tauá, na cidade de Tauá-CE a 360 Km de Fortaleza. Esta usina conta com potencial instalado de 1MW, utilizando 4680 painéis, conseguindo suprir energeticamente até 1500 famílias. No entanto a ANEEL concedeu licença para que a usina produza 5 MW, e o projeto final prevê a expansão do potencial instalado até 50 MW, com nada menos de 234 mil painéis solares. (Revista Veja,2011). Segue a relação das usinas fotovoltaicas instaladas no Brasil:

Usina	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Destino da energia	Proprietário	Município
Araras - RO	20,48	20,48	Registro	100% para Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária	Nova Mamoré - RO
Tauá	5000	1000	Registro	100% para MPX Tauá Energia Solar Ltda.	Tauá - CE
IEE	12,26	12,26	Registro	100% para Instituto de Eletrotécnica e Energia	São Paulo - SP
UFV/IEE Estacionamento	3	3	Registro	100% para Instituto de Eletrotécnica e Energia	São Paulo - SP
Embaixada Italiana Brasília	50	50	Registro	100% para Embaixada Italiana em Brasília	Brasília - DF
PV Beta Test Site	1,70	1,70	Registro	100% para DuPont do Brasil	Barueri - SP
Pituaçu Solar	404,80	404,80	Registro	100% para Superintendência dos Desportos do Estado da Bahia	Salvador - BA
Aeroporto Campo de Marte	2,12	2,12	Registro	100% para Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária	São Paulo - SP

Quadro 1 - Lista das Usinas Fotovoltaicas brasileiras em operação

Fonte: ANEEL, 2012

Observando a lista acima, consegue-se perceber a importância da nova usina de Tauá para o setor fotovoltaico brasileiro, sendo que mesmo sem ter atingido sua capacidade de produção de projeto, esta usina já corresponde por quase 70% da energia fotovoltaica produzida no Brasil em usinas.

5. O EFEITO FOTOVOLTAICO

5.1 Estrutura microscópica

Existem na natureza materiais classificados como semicondutores, que se caracterizam por possuírem uma banda de valência totalmente preenchida por elétrons e uma banda de condução totalmente “vazia” a temperaturas muito baixas.

A separação entre as duas bandas de energia permitida dos semicondutores (“gap de energia”) é da ordem de 1 eV (equivalente à $1,60217646 \times 10^{-19}$ joules), o que os diferencia dos isolantes onde o gap é de vários eV’s. Isto faz com que os semicondutores apresentem várias características interessantes. Uma delas é o aumento de sua condutividade com a temperatura, devido à excitação térmica de portadores da banda de valência para a banda de condução. (HONSBURG;BOWDEN, 2012)

Uma propriedade fundamental para as células fotovoltaicas é a possibilidade de fótons, na faixa do visível, com energia superior ao *gap* do material, excitarem elétrons à banda de condução. Este efeito, que pode ser observado em semicondutores puros, também chamados de intrínsecos, não garante por si só o funcionamento de células fotovoltaicas. Para obtê-las é necessário uma estrutura apropriada para que os elétrons excitados possam ser coletados, gerando uma corrente útil. (GTES, 2004)

O silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, perfazendo cerca de 28% de sua massa. É também o semicondutor mais utilizado (BUTZ, 2002).

Um átomo de silício é formado por catorze prótons e catorze elétrons. Na camada mais exterior (banda de valência) existem quatro elétrons. Quando se constitui um cristal de silício, os átomos alinham-se segundo uma estrutura em teia (chamada teia de diamante), formando quatro ligações covalentes com quatro átomos vizinhos. Em cada ligação covalente, um átomo partilha um dos seus elétrons de valência com um dos elétrons de valência do átomo vizinho. Como resultado desta partilha de elétrons, a banda de valência, que pode conter até oito elétrons, fica cheia: os elétrons ficam presos na banda de valência e o átomo está num estado estável.

Para que os elétrons possam se deslocar têm de adquirir energia suficiente para passarem da banda de valência para a banda de condução. Esta energia, chamada *gap*, no caso do cristal de silício vale 1,12 eV.(CASTRO,2002)

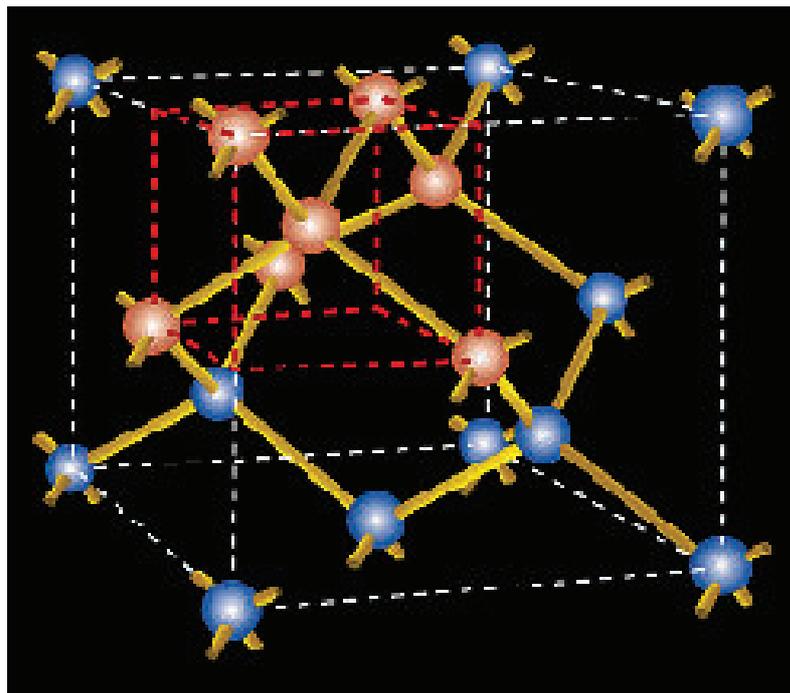


Figura 4 - Estrutura em teia de diamante de um cristal de silício

Fonte: Castro, 2002

Quando um fóton da radiação solar, contendo energia suficiente, atinge um elétron da banda de valência, este move-se para a banda de condução, deixando uma lacuna no seu lugar, a qual se comporta como uma carga positiva. Neste caso, diz-se que o fóton criou um par elétron-lacuna.

Uma célula fotovoltaica constituída por cristais de silício puro não produziria energia elétrica. Os elétrons passariam para a banda de condução mas acabariam por se recombinar com as lacunas, não dando origem a qualquer corrente elétrica.

Para haver corrente elétrica é necessário que exista um campo elétrico, isto é, uma diferença de potencial entre duas zonas da célula. Através do processo conhecido como dopagem do silício, que consiste na introdução de elementos estranhos com o objetivo de alterar as suas propriedades elétricas, é possível criar duas 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, relativamente ao silício puro.

O boro é o dopante normalmente usado para criar a região tipo p. Um átomo de boro forma quatro ligações covalentes com quatro átomos vizinhos de silício, mas como só possui três elétrons na banda de valência, existe uma ligação apenas com um elétron, enquanto as restantes três ligações possuem dois elétrons.

A ausência deste elétron é considerada uma lacuna, a qual se comporta como uma carga positiva que viaja através do material, pois cada vez que um elétron vizinho a preenche, outra lacuna se cria. A razão entre átomos de boro e átomos de silício é normalmente da ordem de 1 para 10 milhões. O fósforo é o material usado para criar a região n. Um átomo de fósforo tem cinco elétrons na sua banda de valência, e cria quatro ligações covalentes com os átomos de silício e deixa um elétron livre, que viaja através do material. A razão entre átomos de fósforo e de silício é próxima de 1 para 1.000.

Na região onde os dois materiais se encontram, designada junção p-n, cria-se, portanto, um campo elétrico que separa os portadores de carga que a atingem: os elétrons, excitados pelos fótons com energia suficiente para excitar elétrons da banda de valência para a banda de condução, são acelerados para um terminal negativo, ao passo que as lacunas são enviadas para um terminal positivo.

Nestas condições, ligando os terminais a um circuito que se fecha exteriormente através de uma carga, circulará corrente elétrica (CASTRO, 2002).

5.2 Estrutura macroscópica.

À unidade básica de conversão de energia solar em energia elétrica chama-se de célula fotovoltaica. As células dispostas em arranjos (série/paralelo) de maneira a produzirem tensão e corrente denominam-se módulos fotovoltaicos. E, por fim, o agrupamento de módulos dá origem aos painéis fotovoltaicos. Uma célula fotovoltaica típica tem o formato de um quadrado com cerca de 10 cm de lado e pesa aproximadamente 10 gramas.



Figura 5 - Superfície de uma célula fotovoltaica típica

Fonte: Castro, 2002

As melhores células de silício fabricadas em laboratório atingem eficiências de 24,7% e na indústria são obtidas eficiências de até 22%, porém com desenhos bastante complexos. Em linhas industriais convencionais, fabricam-se células de 12% a 15% de eficiência. (NT-SOLAR, 2012)

Para ocorrência do efeito fotovoltaico em uma célula fotovoltaica típica, tem-se os seguintes componentes:

contatos frontais: feitos de cobre, constituem os terminais negativos;

película antirreflexo: esta película, reduz a reflexão da radiação incidente para valores abaixo de 5%; em conjunto com textura especiais usadas em células de alto rendimento a reflexão pode ser reduzida para valores da ordem de 2%; sem este revestimento a célula refletiria cerca de um terço da radiação;

camada tipo n: silício dopado com fósforo, constituindo a região negativa da célula; a espessura desta camada é cerca de 300 nm;

camada tipo p: silício dopado com boro, constituindo a região positiva da célula; a espessura desta camada é cerca de 250.000 nm;

contato de base: contato metálico localizado na parte posterior da célula, constitui o terminal positivo.

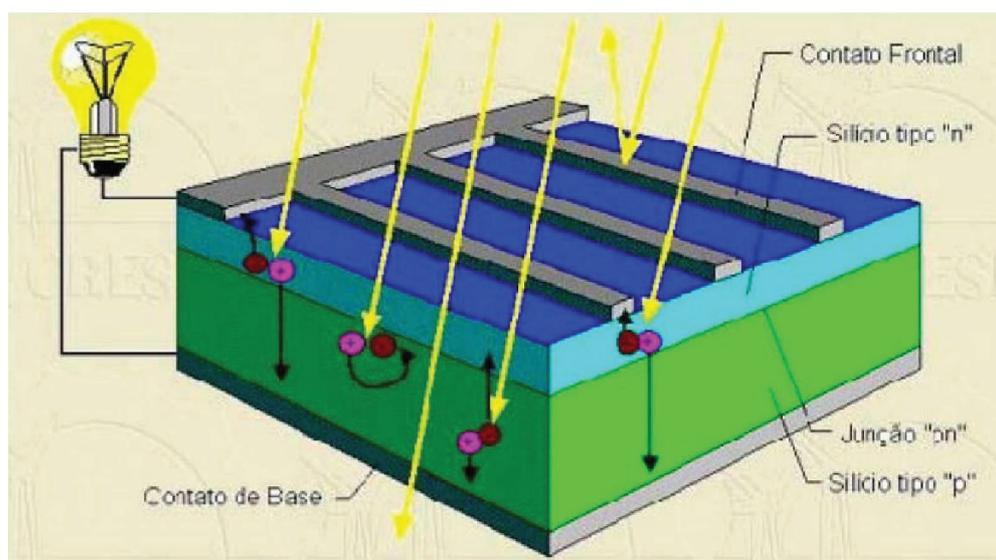


Figura 6 - Efeito Fotovoltaico em uma célula fotovoltaica

Fonte: Castro, 2002

5.3 Tipos de células

Silício monocristalino: é o material mais usado na composição das células fotovoltaicas, atingindo cerca de 60% do mercado. A uniformidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico. O rendimento máximo atingido em laboratório ronda os 24%, o qual em utilização prática se reduz para cerca de 15%. A produção de silício monocristalino ainda é de alto custo devido à quantidade de energia gasta em sua produção.



Figura 7 - Células de silício monocristalino

Fonte: curto-circuito.com, 2012

Silício poli-cristalino: constituído por um número muito elevado de pequenos cristais da espessura de um cabelo humano, dispõe de uma quota de mercado de cerca de 30%. As descontinuidades da estrutura molecular dificultam o movimento de elétrons e facilitam a recombinação com as lacunas, o que reduz a

potência de saída. Por este motivo os rendimentos em laboratório e em utilização prática não excedem os 18% e 12%, respectivamente. Em contrapartida, o processo de fabricação é mais barato do que o do silício monocristalino.



Figura 8 - Painel de células poli cristalinas

Fonte: paineisfotovoltaicos.com, 2011

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 hidrogenização, 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, pelo que é possível depositar uma

fina película de silício amorfo sobre um substrato (metal, vidro, plástico). Este processo de fabricação é ainda mais barato do que o do silício policristalino. Em laboratório é possível obter rendimentos da ordem de 13%, mas as propriedades conversoras do material deterioram-se em utilização prática, fazendo o rendimentos descer para cerca de 6%. Atualmente é onde concentram-se as pesquisas, afim de integrar a esta película fotovoltaica à fachadas de edifícios, coberturas , etc. (CASTRO, 2002)



Figura 9 - Rolo de filme fotovoltaico

Fonte: América do Sol, 2012



Figura 10 - Cobertura solar com silício amorfo

Fonte: UFSC, 2012

Célula Fotovoltaica Orgânica: tradicionalmente as células fotovoltaicas sempre foram produzidas com materiais inorgânicos como o silício, no entanto algumas pesquisas recentes estão produzindo a partir de moléculas de carbono alguns semicondutores orgânicos. Estes semicondutores orgânicos são materiais com grande e variada atividade eletrônica. Além disso, tem maior facilidade de degradação no meio ambiente e podem ter aplicações efetivas como a produção de células fotovoltaicas. A pesquisadora Maria Luisa Sartorelli do departamento de física da Universidade Federal de Santa Catarina trouxe um novo conceito na concepção das superfícies que recebem a luz solar, utilizando um processo de litografia de nanosfera que é a colocação de esferas nanométricas sobre um substrato, para que o polímero cresça ao redor dessas esferas. Após o crescimento do polímero semicondutor as esferas são retiradas deixando assim uma estrutura semelhante a uma colmeia.

Esta estrutura faz com que o fotón que chegue a célula seja refletido várias vezes dentro desse alvéolo da “colmeia” aumentando assim a permanência dele dentro da célula e conseqüentemente também aumentando a eficiência energética do painel. (INEO,2012)

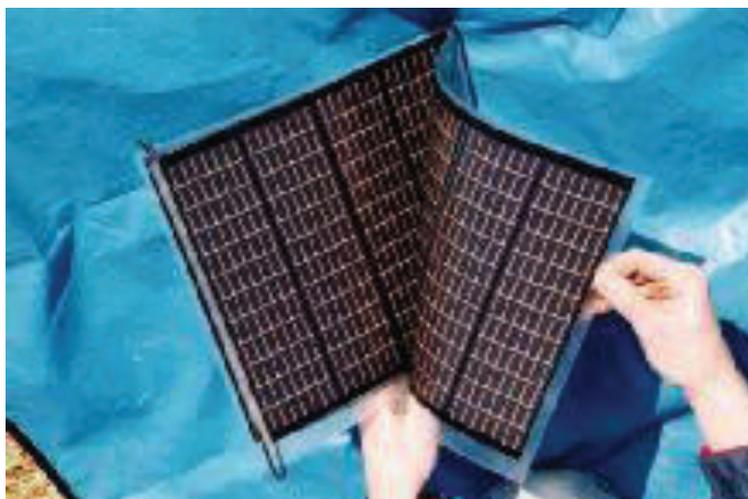


Figura 11 - Célula fotovoltaica orgânica

Fonte: Instituto de la Ingenieria de España, 2012

6. CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Um sistema fotovoltaico pode ser classificado em três categorias distintas: sistemas isolados, híbridos e conectados a rede. Os sistemas obedecem a uma configuração básica onde deverá ter uma unidade de controle de potência e também uma unidade de armazenamento. (CRESESB, 2012)

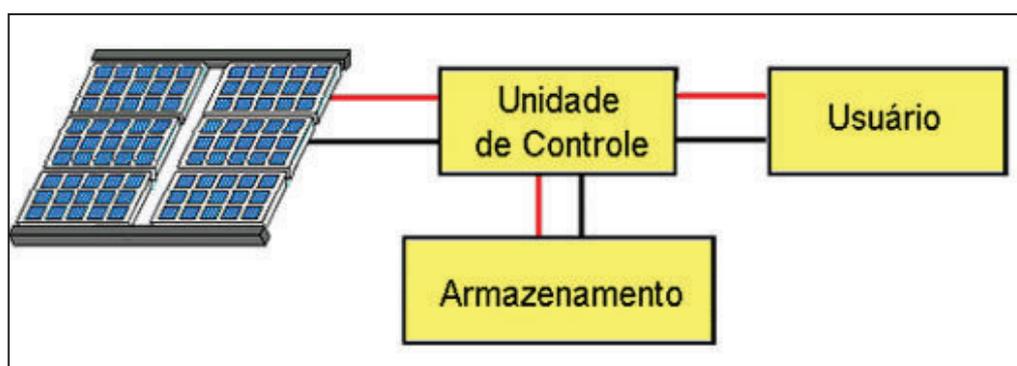


Figura 12 - Configuração Básica de um Sistema Fotovoltaico

Fonte: CRESESB, 2012

6.1 Sistemas isolados – “off grid”

Os sistemas isolados ou autônomos para geração de energia solar fotovoltaica são caracterizados por não se conectarem a rede elétrica.

Esta solução é bastante utilizada em locais remotos já que muitas vezes é o modo mais econômico e prático de se obter energia elétrica nestes lugares. Exemplos de uso são sistemas de bombeamento de água, eletrificação de cercas, geladeiras para armazenar vacinas, postes de iluminação, estações replicadoras de sinal, etc. A energia produzida é armazenada em baterias que garantem o abastecimento em períodos sem sol ou ainda na forma de energia gravitacional quando se bombeia água para tanques em sistemas de abastecimento. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, o que é o caso da irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida.

Os sistemas isolados de geração de energia solar fotovoltaica, de maneira simplificada, são compostos de quatro componentes.(CRESESB,2012)

painéis solares ou placas solares: são responsáveis por gerar a energia elétrica que abastece as baterias. Tem a propriedade de transformar a radiação solar em corrente elétrica contínua. Um sistema pode ter apenas um painel ou vários painéis interligados entre si.

controladores de carga: garantem o correto abastecimento das baterias evitando sobrecargas e descargas profundas, aumentando sua vida útil.

inversores: tem a função de transformar corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), e levar a tensão, por exemplo, de 12 V para 127 V. Em alguns casos pode ser ligado a outro tipo de gerador ou à própria rede elétrica para abastecer as baterias.

baterias: armazenam a energia elétrica para ser utilizada nos momentos em que o sol não esteja presente e/ou não haja outras fontes de energia.

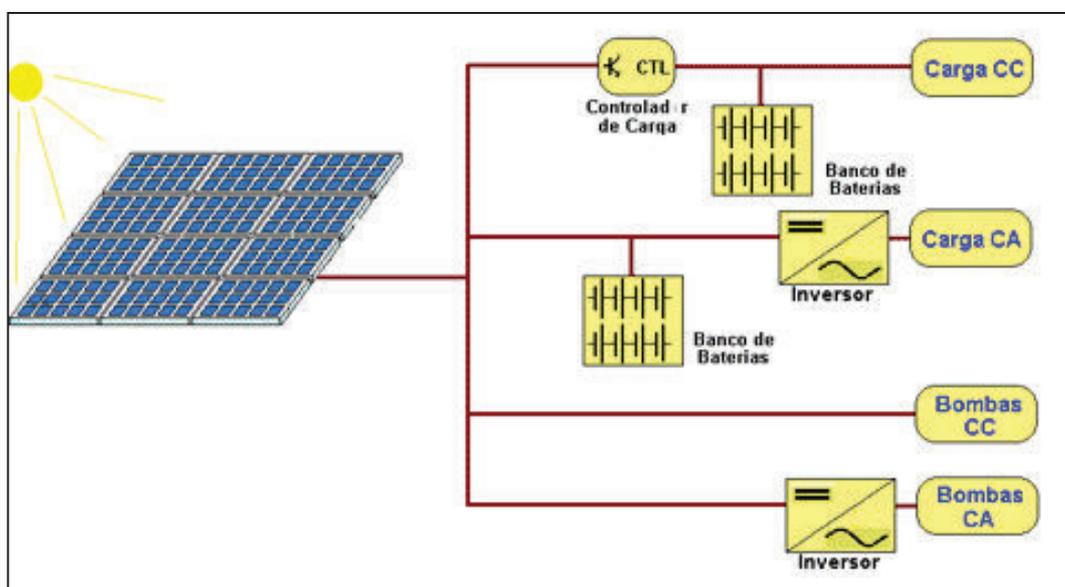


Figura 13 - Configuração Sistemas Off-Grid

Fonte: CRESESB, 2012

6.2 Sistemas híbridos

Sistemas híbridos são aqueles que apresentam várias fontes de geração de energia como, por exemplo: turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos entre outras. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica torna-se complexa na necessidade de otimização do uso das energias. É necessário um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para o usuário.

Em geral, os sistemas híbridos são empregados para sistemas de médio a grande porte vindo a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas de corrente contínua, o sistema híbrido também apresenta um inversor. Devido a grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, a forma de otimização do sistema torna-se um estudo particular para cada caso. (CRESESB, 2012)

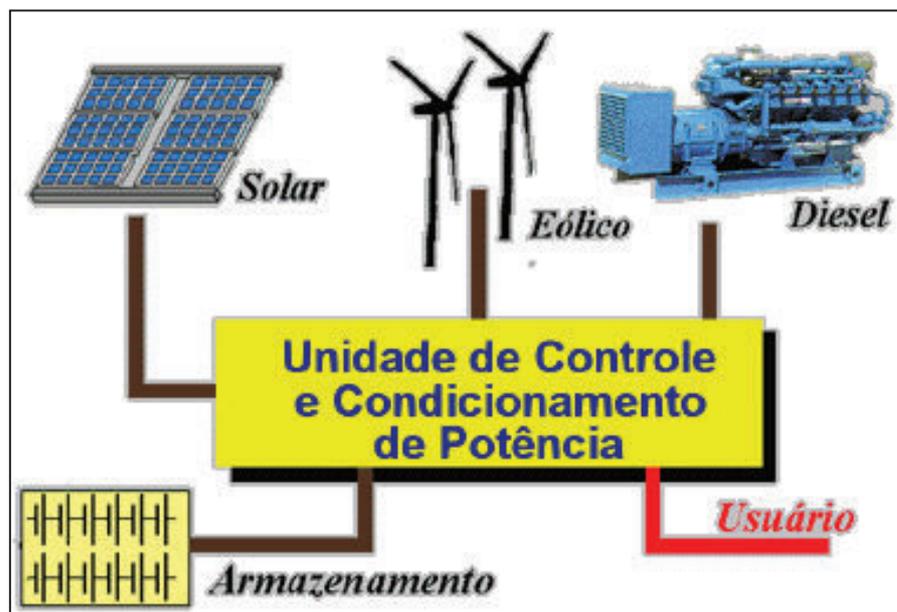


Figura 14 - Exemplo de um sistema híbrido

Fonte: CRESESB, 2012

6.3 Sistemas conectados a rede

Este é o tipo mais popular de instalações fotovoltaicas no mundo, e em expansão no Brasil. Normalmente instalado sobre o telhado das edificações, e no qual é necessária a presença de um inversor, para transformar a energia de corrente contínua para corrente alternada.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede são instalados para fornecer energia ao consumidor, que pode usar a energia da rede elétrica convencional para complementar a quantidade de energia demandada, caso haja algum aumento do consumo de energia em sua residência ou estabelecimento comercial.

O consumidor pode também vender a energia gerada pelo sistema para a concessionária, caso use menos energia do que a gerada pelo sistema e assim seja permitido pela legislação vigente na localidade da instalação (AERBRAX POWER, 2012).

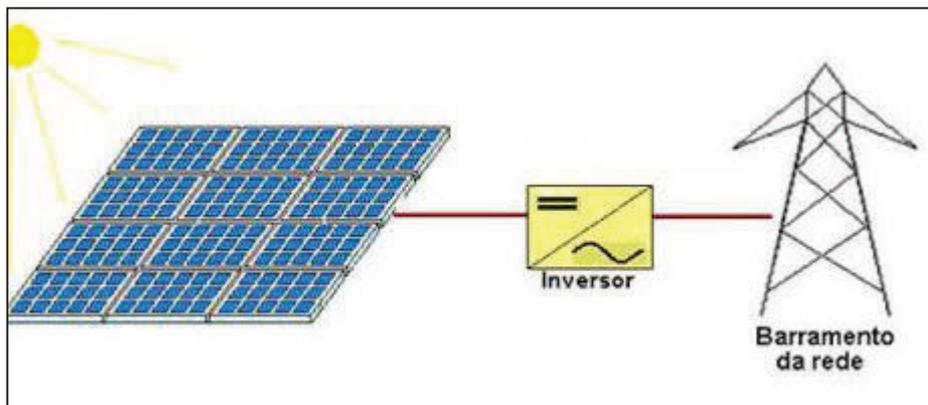


Figura 15 -Sistema fotovoltaico ligado a rede

Fonte: CRESESB, 2012

7. PROJEÇÕES DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

7.1 Projeção mundial

O crescimento demográfico de uma nação costuma seguir uma tendência conhecida, sendo que uma nação em desenvolvimento ou emergente normalmente apresenta uma fase de crescimento quase constante, onde a universalização do saneamento básico e saúde impulsionam a taxa de natalidade e diminuem a de mortalidade, até um pico onde ocorre a estabilização dessa população e o seu eventual declínio, onde as taxas de natalidade e mortalidade se equivalem e a de natalidade se retrai, ocasionando a diminuição do número de indivíduos.

Apesar de a industrialização dos países considerados de '3º mundo' estar levando saneamento e saúde para populações antes não atendidas, a taxa de crescimento da população mundial ainda vale 1,17% ao ano, pois os países que ainda não atingiram a estabilização de suas populações ainda são mais numerosos que os já estabilizados. O crescimento populacional já pode antever um aumento na demanda pela energia, entretanto, existe um fator talvez ainda mais importante para esta estimativa que é a industrialização dos países subdesenvolvidos e o aumento do poder de consumo de suas populações, que se aproximam cada vez mais dos padrões de consumo de países como Estados Unidos, Inglaterra, França e outros países com industrialização mais antiga.

Levando em consideração estes dois fatores, órgãos governamentais relacionados ao tema divulgam periodicamente suas previsões da demanda de energia elétrica. Um departamento ligado ao governo dos Estados Unidos, o U.S. Energy Information Administration, apresenta anualmente um relatório sobre a disponibilidade de energia no planeta e mantém estes dados disponíveis para consulta. De acordo com os dados disponíveis em seu site, o consumo mundial de energia no ano de 2025 será próximo a 770×10^{15} BTU, o equivalente a 812×10^{18} J.

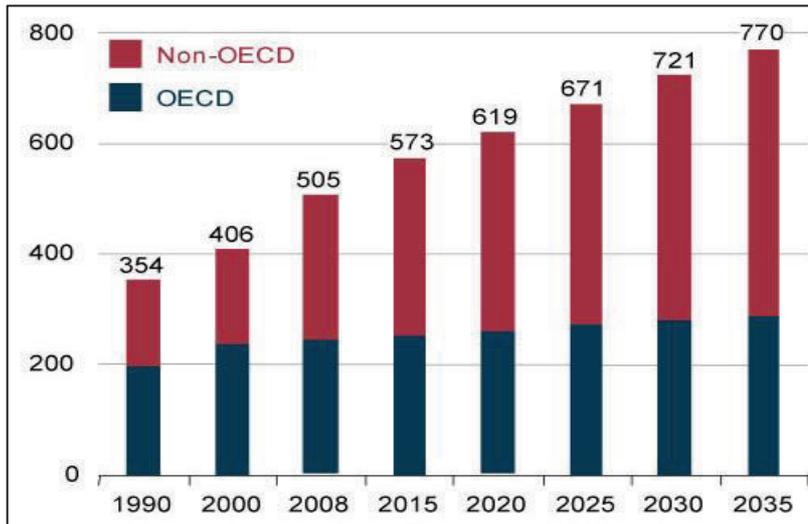


Gráfico 1 - Projeção do Consumo de Energia no Mundo

Fonte: U.S. Energy Information Administration, 2012

De acordo com a mesma fonte, a produção total de energia no planeta no ano de 2009 foi de 510×10^{18} J. Caso a tendência utilizada para gerar estes dados se mantenha e estes valores se tornem realidade, em cerca de 25 anos nós precisaremos quase dobrar a nossa geração de energia para poder manter o atual nível de industrialização e consumo. Para evitar este cenário de extrema escassez, necessitaremos de uma reforma radical na matriz energética mundial nas próximas décadas. (U.S. Energy Information Administration, 2012)

7.2 Projeção nacional

No Brasil a Empresa de Pesquisa Energética, E.P.E., presta ao governo o serviço de quantificar a demanda e a produção de energia separando-a por fonte. De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2012, que leva em conta dados do ano de 2011, 74% da matriz energética brasileira era de fonte hidráulica, e os outros 26% divididos entre fontes fósseis e fontes renováveis. O mesmo relatório informa que a energia total produzida pelo país chegou a $1,64 \times 10^{18}$ J, e a análise de consumo por setor mostra que o consumo residencial,

consumiu o equivalente a $23,669 \times 10^3$ toneladas equivalentes de petróleo. De acordo com o Conselho Mundial de Energia, uma tonelada equivalente de petróleo vale 42×10^9 J, e assim o consumo nacional de energia elétrica para uso residencial no ano de 2010 valeu $9,94 \times 10^{14}$ J, uma grande quantidade de energia mas uma parcela relativamente pequena do consumo total de energia do país naquele ano.

O Ministério de Minas e Energia – MME em seu Plano Nacional de Energia 2030 prevê um crescimento anual de 4% entre os anos de 2005 e 2030, alcançando em 2030 um consumo final de 1.056.796 GWh ou $3,80 \times 10^{18}$ J, mais do que o dobro da energia consumida atualmente.

Assim como foi constatado durante a análise da oferta e demanda de energia no planeta, caso a taxa de crescimento do consumo e da população brasileira se mantenha, será necessária uma completa reestruturação da matriz energética brasileira nas próximas duas décadas para podermos evitar o cenário caótico de uma crise energética.

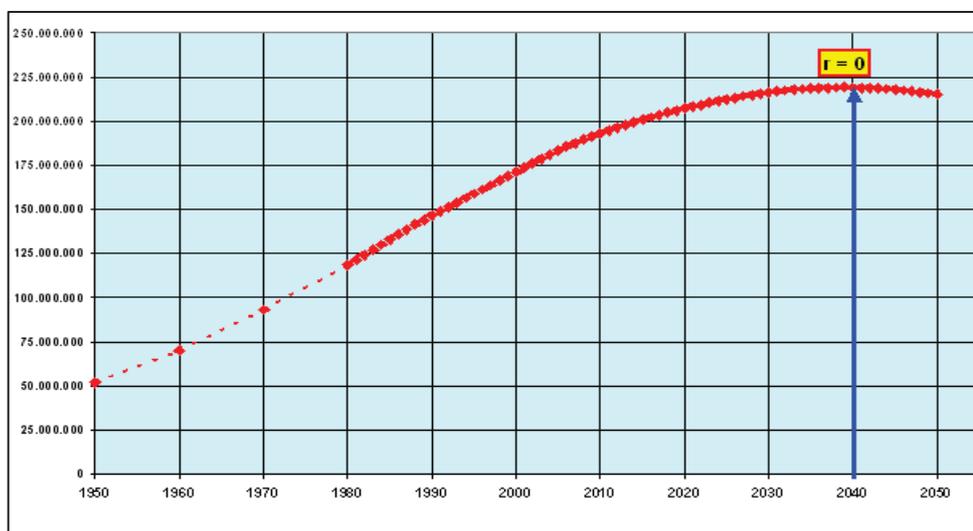


Gráfico 2 - Previsão do Crescimento Populacional do Brasil

Fonte: IBGE, 2008

8. DESVANTAGENS DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

Embora a energia fotovoltaica seja uma alternativa com muitos pontos positivos, existem certos problemas que podem vir a atrapalhar o seu desenvolvimento. Os principais são os custos e o descarte dos componentes como painéis solares e baterias. A resolução do problema dos custos é menos complicada, sendo que uma produção em larga escala, o contínuo desenvolvimento dos componentes que compõe o sistema e a adoção de programas de incentivo e/ou tributação diferenciada, reduziria significativamente os custos. Por isso têm se dado um enfoque especial à questão do descarte dos painéis solares, baterias e outros componentes que podem de alguma maneira agredir o meio ambiente.

Os painéis fotovoltaicos e o inversor tem uma expectativa de vida de cerca de 20 anos segundo alguns fabricantes, no entanto sua remoção e eventual despejo tem que ser tratado com cuidado, uma vez que os mesmo têm em sua composição cádmio e índio, metais tóxicos que podem causar graves danos ao meio ambiente, sendo que a sua fama de ecologicamente correta dos painéis fotovoltaicos é colocada em xeque quando se trata do descarte desses materiais. Muitas pesquisas na área da energia solar tem se concentrado na obtenção de células fotovoltaicas orgânicas, que consigam converter energia com uma eficiência satisfatória.

As baterias são o principal componente problemático do sistema por conter chumbo ácido, cádmio e mercúrio em seu interior, e sua vida útil (entre 5 e 10 anos) é reduzida se comparada as outras partes do sistema. No entanto em sistemas ligados a rede onde não é necessária a utilização de baterias, este problema desaparece.

Outra característica que ainda desfavorece a massificação do uso de sistemas fotovoltaicos é o valor inicial a ser investido, porém este problema tende a diminuir nos próximos anos com a implantação de programas de financiamento, incentivos fiscais, difusão da tecnologia e conseqüente aumento da concorrência.

9. COMPONENTES DE UM SISTEMA CONECTADO A REDE

9.1 Coletores

Estes são os componentes fundamentais de qualquer usina ou unidade de geração direta de energia elétrica a partir do sol. Como já foi mais bem explicado ao longo do trabalho, existem três tipos principais de coletor de energia fotovoltaica, o feito com silício amorfo, com silício monocristalino e com silício policristalino. Para sistemas que tem por objetivo atender a demanda de residenciais uni familiares, o mais indicado é o painel constituído por células fotovoltaicas de silício monocristalino, pois o silício amorfo mesmo sendo mais barato, tem baixíssima eficiência, exigindo grandes áreas de painel e o policristalino tem maior eficiência, porém é muito mais caro.

Nos sistemas mais comuns são utilizados painéis com células de silício monocristalino com potências que variam entre 5 e 250 Watts. Estes painéis geralmente são interligados a outros painéis até conseguirem produzir a quantidade de energia que será demandada pela residência, sendo assim o fator principal para dimensionamento do número de coletos solares é a energia demandada no dia e não a potência máxima utilizada pela residência.

Outro ponto importante a ser observado na escolha dos painéis são as suas curvas características de corrente e potência em relação à tensão. Pode – se perceber observando estas curvas a existência de uma corrente (i_{mp}) e uma voltagem (u_{mp}) ótimas, que produzem a maior potência. Outros pontos importantes observados neste gráfico são a corrente de curto circuito (i_{sc}), que representa a corrente do painel em determinadas condições com ddp nula e a tensão de circuito aberto (u_{oc}) que ocorre quando a corrente é nula. (ANICETO, 2010).

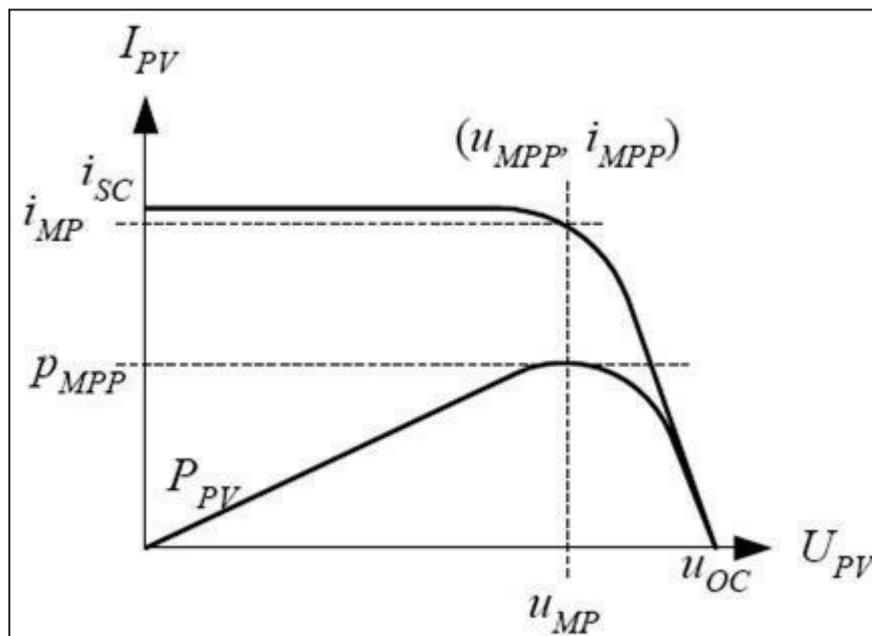


Figura 16 - Curva característica de um painel fotovoltaico

Fonte: Aniceto, 2010

Dentre as marcas de painéis mais utilizados estão a Kyocera, Bosch, LG, SolarWorld, Komaes Solar, Suntech, Schott Solar e a brasileira Tecnometal entre outras menos conhecidas. O anexo A mostra quais as marcas e modelos certificados pelo INMETRO. (Eudora Solar,2013)

9.2 Inversores

Os aparelhos responsáveis pela transformação de corrente contínua para corrente alternada são comumente chamados de inversores. Estes aparelhos quebram a corrente contínua em pulsos utilizando um dispositivo chamado de comutador. Existem vários tipos de comutadores, entre eles estão os transistores

darlington, os comutadores retificadores controlados de silício, os mosfet's (metal oxide semiconducting field effect transistor), os IGBT's (insulated gate bipolar transistor), entre outros.

Os inversores tem por objetivo transformar uma corrente contínua na mais senoidal possível, no entanto vários inversores estão bem longe disso, sendo assim é possível dividir os inversores em três categorias pela qualidade da onda produzida por ele.

-Onda quadrada: Inversores de baixa qualidade, uso não recomendado.

-Onda senoidal modificada: Inversores de média qualidade, recomendado para a maioria das aplicações usuais, inclusive painéis fotovoltaicos.

-Onda senoidal pura: Inversores de altíssima qualidade, que produzem ondas com menos de 5% de distorção.

Dentre os inversores mais utilizados em sistemas do mundo todo estão os da marca Xantrex, Santerno e a SMA. O anexo B mostra quais as marcas e modelos certificados pelo INMETRO. (BRAGA, 2008)



Figura 17 - Inversor Sunny Boy da fabricante SMA

Fonte: SMA, 2012

9.3 Medidores de energia bidirecionais

Os medidores de energia bidirecionais nada mais são que unidades que conseguem medir o que é consumido de energia e o que é produzido separadamente. Com relação a Resolução Normativa nº482 da ANEEL, que estabeleceu as condições de microgeração de energia, “O medidor bidirecional deve, no mínimo, diferenciar a energia elétrica ativa consumida da energia elétrica ativa injetada na rede.”

No entanto percebeu-se que para ligações monofásicas, não existia no Brasil um medidor bidirecional aprovado pelo INMETRO, a partir disso ficou decidido que para instalações de baixa tensão a medição bidirecional pode ser feita através de dois medidores unidirecionais, um para contabilizar a energia elétrica consumida e outro para medir a produzida. (NOTA TÉCNICA nº 0129/2012)



Figura 18 - Medidor de energia bidirecional (smart)

Fonte: CEMIG, 2012

10. FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

10.1 Radiação Solar direta e difusa

Quando a luz entra na atmosfera, uma parte dela é absorvida e outra parte sofre dispersão, um desses mecanismos de dispersão da luz é conhecido como dispersão de Rayleigh. Esta dispersão ocorre com as ondas curtas (luz azul) que são dispersas pelas moléculas presentes na atmosfera, esta é a luz azul que parece vir de todos os lados num dia de céu azul. A parte da luz que passa direto pelas moléculas na atmosfera tem comprimento de onda maior (luz vermelha), esta é a luz que vemos vindo diretamente do sol. As parcelas de luz solar incidentes num dia de céu claro se dividem entre 10% de luz difusa e 90% de luz direta (PVCDROM, 2012).

10.2 Massa de Ar

O conceito de massa de ar (air mass) nada mais é do que a distância que a luz tem que percorrer para chegar a superfície da Terra em situações normais em relação à distância mais curta que é quando o Sol se encontra em ângulo zenital com o ponto da superfície analisado. Quando o Sol está diretamente sobre nós, a massa de ar (AM) é igual a 1. Para se calcular a massa de ar pode-se usar a seguinte relação simplificada, desconsiderando a curvatura da Terra.

$$AM = \frac{1}{\cos \theta}$$

Sendo o ângulo θ a diferença angular entre a incidência do raio solar e o ângulo zenital.

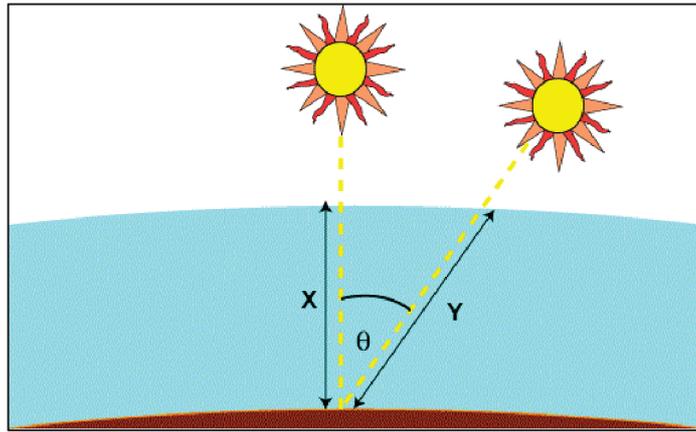


Figura 19 - Ângulo θ

Fonte: PVCDROM, 2012

Nos lugares onde temos massas de ar grandes, a radiação solar que chega até a superfície da Terra é menor, portanto a energia produzida por painéis fotovoltaicos é reduzida nessas regiões (PVCDROM, 2012).

10.3 Elevação solar

O ângulo de elevação solar é o ângulo entre a horizontal e o Sol, sendo na linha do equador 0° ao nascer do sol e 90° ao meio dia. Portanto o ângulo zenital que é o ângulo do Sol em relação ao eixo imaginário vertical é 90° menos o ângulo da elevação solar. Um importante parâmetro no projeto de sistemas fotovoltaicos é a máxima elevação solar de determinada região que depende da latitude (φ) da região e do dia do ano. A elevação solar (α) é calculada conforme expressões abaixo, sendo que o ângulo de declinação (δ) depende do dia do ano (PVCDROM,2012).

Hemisfério Norte:

$$\alpha = 90 - \varphi + \delta$$

Hemisfério Sul:

$$\alpha = 90 + \varphi - \delta$$

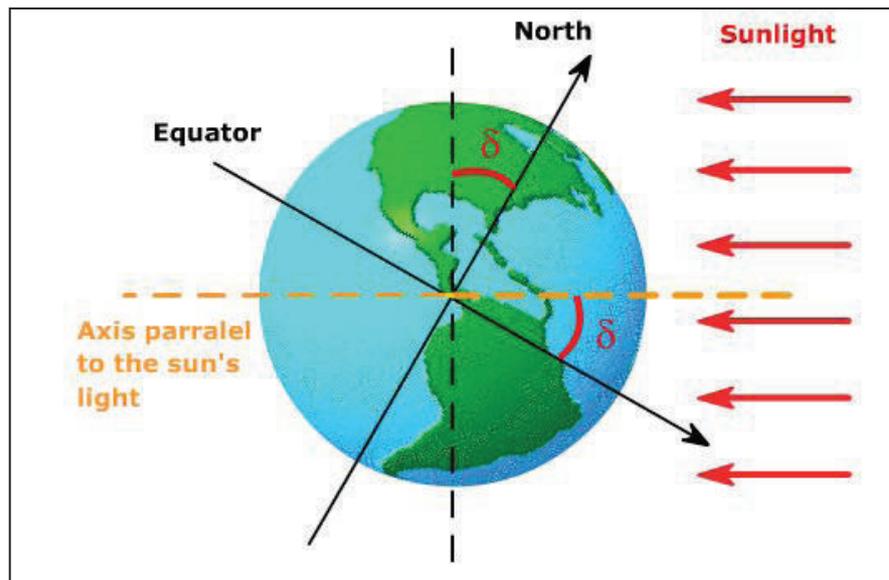


Figura 20 - Elevação Solar

Fonte: PVCDROM, 2012

10.4 ALBEDO

É o índice de refletância da radiação solar em uma determinada superfície, de acordo com as características desta. Exemplo: albedo em locais com o solo coberto de neve fica em torno de 90%, já em um ambiente urbano, situa-se entre 20 e 30%. (PVCDROM, 2012)

10.5 DESVIO AZIMUTAL

É o ângulo formado entre o painel e o norte geográfico. Caso o painel seja posicionado na horizontal, este desvio é igual a 0. (PVCDROM, 2012)

11. ECONOMIA E ENERGIA

Sendo economia a ciência social que estuda a produção, distribuição e consumo de bens e serviços, ela está intimamente ligada à política das nações e à vida das pessoas, sendo que uma das suas principais funções é explicar como

funcionam os sistemas econômicos e as relações dos agentes econômicos, propondo soluções para os problemas existentes (FEAUSP, 2012). E é justamente a energia que torna possível a existência de toda a cadeia econômica, desde a exploração e extração das matérias-primas, transporte, transformação, até o consumo e disposição final ou reciclagem. Assim sendo a capacidade energética de uma região ou país é fator determinante do seu desenvolvimento econômico (MARTENSON,2011).

PIB x Consumo de Energia Elétrica – Brasil

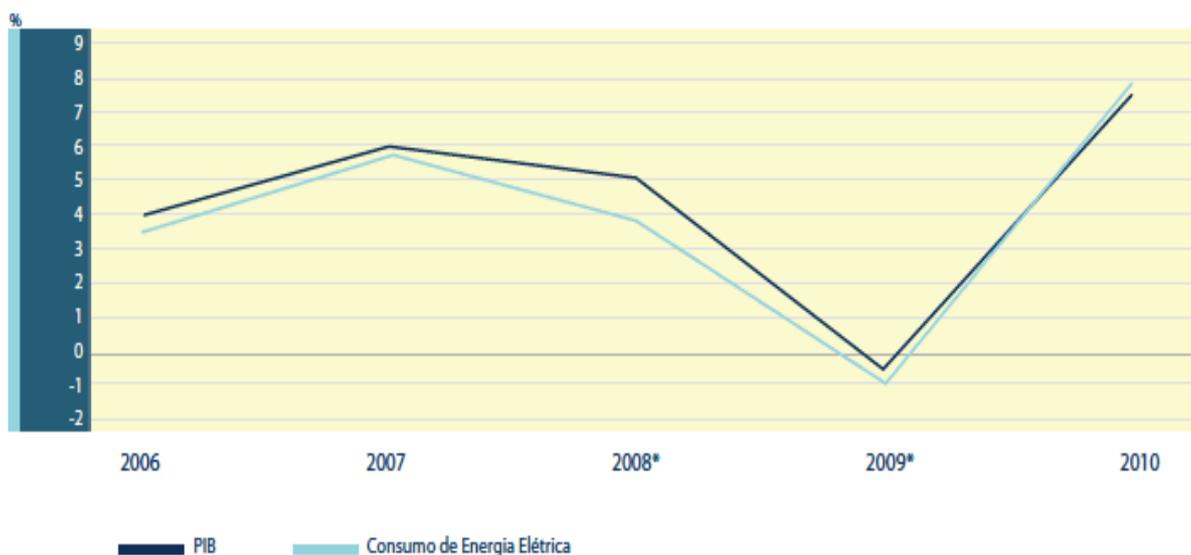


Gráfico 3 – Relação crescimento do PIB e consumo de energia elétrica

Fonte: IBGE/EPE, 2010

11.1 Economia monetária e matriz energética

Atualmente, início do século XXI, a humanidade encontra-se diante de um de seus maiores desafios: conciliar o sistema econômico e as matrizes energéticas, de forma realmente sustentável.

De acordo com Scheer (2002, p. 9-11), a atual base energética é muitas vezes considerada como sendo insubstituível por outra melhor ou equivalente. Assim sendo, as ciências econômicas acabam limitando-se a tratar a questão energética apenas do ponto de vista dos fatores que influem na formação de preços. Considera-se, em princípio, a energia e matérias primas disponíveis, independente de sua procedência e impactos ambientais. Então, quando cogita-se a substituição de um tipo de base energia por outro, tal intercâmbio é tratado como um fato isolado que, não acompanhando uma significativa mudança de custos, não afeta as estruturas econômicas, ficando assim projetado com um problema técnico e microeconômico reservado à especialistas.

A dissolução do conjunto em processos isolados que devem ser manejados por especialistas a serviço de uma única função e a partir de uma racionalidade centrada nos fins já não podem ser objeto de debates sociais sobre possíveis alternativas. São particularmente as questões tecnológicas as que tendem a ser contempladas, evitando-se valores, ideologias, interesses isolados e os conflitos que estes geram (HABERMAS, Jüngen, 1968 apud SCHEER, Hermann 2002).

A predominância de matrizes energéticas não renováveis na economia mundial, e por conseguinte, a devastação programada de todos os fundamentos da vida, tornam cada vez mais urgente a orientação global no sentido das fontes de energia solar, não apenas para complementar as energias fósseis e, deste modo, também as nucleares, mas para substituí-las. É à energia fóssil que a economia mundial deve sua prosperidade, mas é esta mesma base energética que agora a arrasta à perdição (SCHEER, 2002).

Em uma situação hipotética na qual fosse considerado um sistema econômico diferente do monetário (economia baseada em recursos, por exemplo), adotar-se-ia largamente as energias renováveis, uma vez que a mesma atende à trílice: eficiência, abundância e sustentabilidade. Pesquisas tem aumentado cada vez mais a eficiência da conversão da energia solar em eletricidade, tanto em laboratório quanto para uso comum. O silício, principalmente matéria prima dos painéis solares, é o segundo elemento mais disponível no planeta ficando atrás somente do oxigênio, bem como a radiação solar incidente no planeta que é suficiente para atender à demanda energética da população mundial algumas centenas de vezes. Além disso, a energia solar aproveitada diretamente (fotovoltaica) ou indiretamente (eólica, marés, etc) constitui a forma de energia menos impactante ao meio ambiente conhecida até então. (MOREIRA,2011)

12.A INDÚSTRIA FOTOVOLTAICA

12.1 Cenário europeu

De acordo com relatório da European Photovoltaic Industry Association - EPIA, para a Europa alcançar as metas em relação ao ambiente será necessária uma quase que completa “descarbonização” do setor de energia até 2050, uma vez que é neste setor que se pode ser mais facilmente interferido. Estudos estimam um crescimento neste setor da indústria de tal forma que até o ano de 2030 a energia fotovoltaica seria responsável por suprir entre 15 e 25% da demanda de toda a Europa.

Segundo a EPIA, energia fotovoltaica tem enorme potencial para atuar de maneira complementar na matriz energética europeia, garantindo fornecimento ininterrupto e seguro mesmo sob condições climáticas adversas. Ainda de acordo com o relatório, há perspectivas de diminuição gradativa do preço do kWh devido à disseminação da tecnologia fotovoltaica.

Para atingir estes objetivos a indústria vem apostando na aplicação da tecnologia fotovoltaica em sistemas interconectados (on grid) e na produção descentralizada

(próximas dos locais de consumo), que segundo a Associação seria a única maneira de tornar a energia solar competitiva no atual cenário econômico. (EPIA,2012)

Atualmente a tarifa residencial de energia elétrica em países onde a tecnologia fotovoltaica já é bastante disseminada é bastante similar à praticada no Brasil, como mostra a tabela abaixo:

País	US\$	R\$
Itália	0,2023	0,4086
Alemanha	0,1515	0,3060
Portugal	0,1363	0,2753
Espanha	0,1352	0,2731
Reino Unido	0,1245	0,2515
Brasil	0,1202	0,2427
Bélgica	0,1192	0,2408

Figura 21 - Tarifas de energia elétrica ao redor do mundo, por kWh

Fonte: NUS Consulting Group, 2012

12.2 Cenário nacional

No Brasil, no ano de 2013, o valor das tarifas residenciais de energia elétrica está entre R\$ 0,19729 / kWh (Companhia de Eletricidade do Amapá) e R\$ 0,37060 / kWh (Companhia de Eletricidade do Acre), desconsiderados os valores de uso do sistema de distribuição. Esses valores são bastante parecidos com o cobrado em outros países. (ANEEL, 2013)

Com relação à questão ambiental, a energia fotovoltaica não possui a larga vantagem que têm em outros países, pois no Brasil grande parte da produção de

energia elétrica tem como origem usinas hidroelétricas que não causam tanto impacto ao meio ambiente quanto usinas termoelétricas movidas à combustíveis fósseis.

Mesmo com esse cenário mais adverso em relação a outros países, a energia fotovoltaica pode ter grande penetração em nosso sistema elétrico, visto que com o desenvolvimento da tecnologia e a não necessidade de se manter grandes linhas de transmissão, pois o sistema fotovoltaico pode ser instalado no mesmo lugar onde a energia é consumida, o preço por kWh, antes um adversário feroz da energia fotovoltaica pode tornar-se seu principal colaborador para que a indústria fotovoltaica se desenvolva com maior facilidade.

Hoje no Brasil existem alguns “pioneiros” na implantação de sistemas interligados a rede, como a biblioteca pública do Rio de Janeiro que está instalando um sistema de geração fotovoltaica com capacidade de fornecer 50 MWh por ano, este sistema irá gerar uma economia de 15% nos gastos energéticos da biblioteca. Outra obra importante que contará com geração de energia fotovoltaica é o Maracanã, nele serão instalados painéis fotovoltaicos com potência de 400 KWp na cobertura do estádio. (PUC-RIO - PORTAL DIGITAL, 2013).

Com relação ao cenário brasileiro de produção de painéis fotovoltaicos, este é ainda muito reduzido, sendo a Tecnometal a única empresa que produz este componente em escala comercial no Brasil. Existem projetos de construção de novas fábricas especializadas na produção deste tipo de produto, sendo uma delas no Ceará, o grupo alemão Arina/Asunim está investindo cerca de 20 milhões de reais numa planta que está em fase final de construção, a capacidade desta fábrica pode chegar a 60 MWpico/ano num ritmo pleno de produção. Os painéis produzidos na fábrica terão como destino tanto o mercado interno que está em crescimento, quanto o mercado externo, sendo os países da América Latina seu principal alvo. (O POVO, 2013)

13.VENDA E COMPENSAÇÃO DO EXCEDENTE DE ENERGIA

Em alguns países como Alemanha, é possível que o proprietário venda o excedente da eletricidade produzida por seu sistema fotovoltaico para a concessionária de energia, e o preço de venda é, por lei, maior que o preço cobrado pelas concessionárias, o que tem sido um grande incentivo para o uso desta tecnologia. Mesmo contando com irradiação solar bastante inferior à do Brasil, o uso de placas fotovoltaicas na Alemanha não para de crescer.

Somente no ano de 2012, cerca de 1,3 milhões de sistemas fotovoltaicos produziram 28 milhões de kWh fornecendo energia elétrica para cerca de 8 milhões de residências, um aumento de 45% em relação à 2011 segundo a Associação da Indústria Solar Alemã (BSW, na sigla em alemão). Ainda de acordo com a BSW, atualmente 5% (32.059 MW) de toda a energia elétrica consumida na Alemanha provem da energia solar. (DEUTSCHE WELLE, 2012).

No Brasil, a ANEEL publicou em abril de 2012 a resolução normativa nº 482, a qual estabelece as condições para interligação entre sistemas de micro e minigeração de energia e a rede elétrica existente. De acordo com o documento o sistema adotado será o de compensação de energia, ou seja, o consumo a ser faturado é a diferença, em kWh, entre a energia consumida e a produzida, sendo que em caso da energia produzida ser superior à consumida serão gerados créditos para abatimento nas próximas faturas os quais poderão ser utilizados em até 36 meses.(ANEEL,2012)

Especialistas acreditam que esta medida é o início de uma série de mudanças e incentivos que podem vir a ocorrer no Brasil para a disseminação do uso da energia fotovoltaica. Um exemplo é o projeto de lei 2562/11 que tramita na Câmara Federal, que propõe que os contribuintes possam deduzir do imposto de renda devido, até o ano de 2020, parte das despesas com a aquisição de bens e serviços necessários ao uso da energia solar. (OBSERVATORIO ECO, 2012)

14. ESTUDO DE CASO

14.1 Definição do modelo a ser utilizado

No estudo de caso proposto, será utilizada uma residência uni familiar onde residem quatro pessoas com as seguintes características:

- Consumo médio mensal de 250 kWh;
- Coordenadas: latitude 25° 25' sul e longitude 49° 16' oeste (Curitiba);
- Sistema integrado a rede, sem a utilização de baterias;
- Objetivo de suprir toda a energia média demandada pela casa, com exceção de chuveiros elétricos;
- Família de hábitos diurnos, sendo o pico do consumo entre 18 e 21 hrs;
- Residência abastecida por tensão de 127V.
- Área onde serão colocados os painéis sem interferência.
- Desvio azimutal de 15°.
- Albedo local de 20%.

Este modelo será utilizado, pois representa uma parcela em torno de 10% da população da região em que o estudo está sendo feito. (IBGE,2010)

14.2 Dimensionamento do sistema (Software RadiaSol)

Para o dimensionamento do sistema foi utilizado o software RadiaSol 2, cedido gratuitamente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os dados necessários para entrada no software são a localização do sistema, o desvio azimutal da área que irá receber os painéis e o albedo local que depende da superfície do terreno. Com estes dados associados ao banco de dados do software, o RadiaSol 2 fornece as irradiações médias diárias global, inclinada, difusa inclinada e direta inclinada. Para o cálculo do sistema será utilizada a média diária anual de radiação total inclinada que foi de 4,47 kWh/m²/dia.

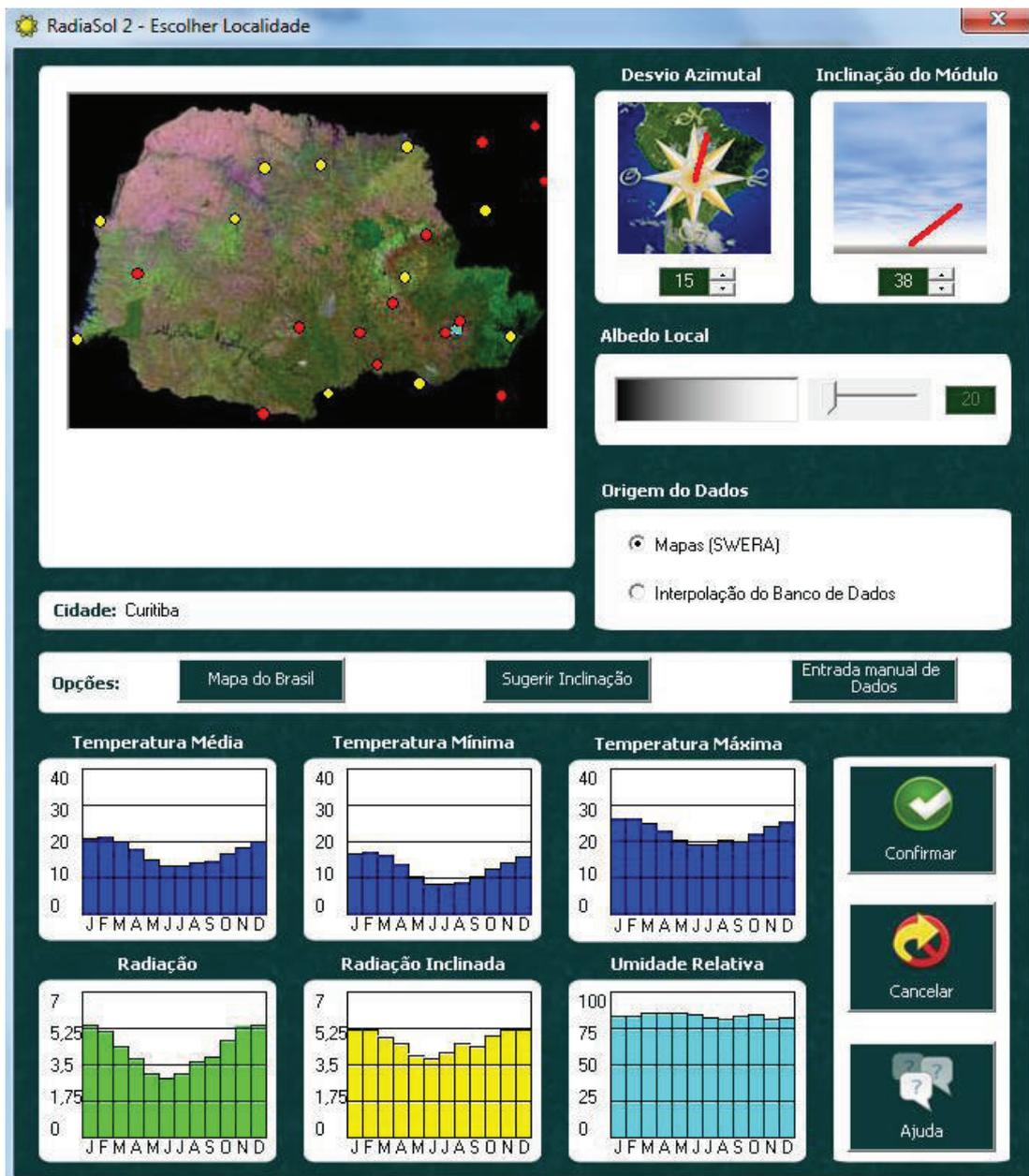


Figura 22 - Software RadiaSol-2, inserção de dados

Fonte: Laboratório de energia solar da UFRGS

Irradiação média (kWh/m ² /dia)				
Mês	Global	Direta	Difusa	Inclinada
1	5,4	1,95	2,59	4,65
2	5,11	4,38	2,39	4,72
3	4,4	6,16	2,37	4,67
4	3,79	8,51	2,27	4,48
5	3,11	10,42	1,83	4,08
6	2,86	12,98	1,74	4
7	3,08	14,95	1,76	4,21
8	3,68	17,54	1,88	4,55
9	3,87	19,98	2,36	4,29
10	4,65	21,33	2,51	4,6
11	5,3	23,91	2,76	4,74
12	5,43	24,87	2,83	4,67
Média diária anual	4,22	13,92	2,27	4,47

Tabela 1 - Software RadiaSol 2, irradiação média

Fonte: Laboratório de energia solar da UFRGS.

Para o cálculo da potência nominal do sistema necessária para atender a demanda da residência, será utilizada a seguinte fórmula:

$$P_{cc} = \frac{E / G_{poa}}{R}$$

Onde:

P_{cc} = Potência média necessária (kW_{pcc});

E = Consumo médio diário durante o ano que é de 8,33 kWh/dia;

G_{poa} = Ganho por radiação solar: média mensal do total diário que é 4,47 kWh/m²/dia;

R = Rendimento do sistema que depende modelo do inversor de corrente, e nesse estudo será assumido como 90%.

$$P_{cc} = 2,07 \text{ kWpcc}$$

Para cálculo da área necessária de painéis a serem utilizados no sistema, iremos adotar a eficiência dos painéis em torno de 12%.

$$A_{total} = \frac{P_{cc}}{E_{ff}}$$

A_{total} = Área de painéis (m²);

P_{cc} = Potência média necessária igual a 2,07 kWpcc;

E_{ff} = Eficiência do painel adotada igual a 12%.

$$A_{total} = 17,25 \text{ m}^2$$

Itens considerados para dimensionamento do sistema

- Painéis monocristalinos com eficiência em torno de 12%. Quantidade 17,25 m².
- Inversor de corrente de marcas reconhecidas no mercado, com rendimento em torno de 90%.
- Medidor bidirecional ou dois medidores unidirecionais trifásicos.

14.3 Orçamentos

Foram solicitados orçamentos a algumas empresas que fornecem os sistemas de geração de energia fotovoltaica ligada a rede. Estes servirão de base para o estudo econômico do tempo de retorno do sistema instalado em uma residência com as características deste estudo de caso.

14.3.1 Orçamento Jovic engenharia

A Jovic Engenharia fornece os sistemas de geração fotovoltaica em kits fechados, sem a possibilidade da compra dos diferentes componentes separadamente. O pacote utilizado foi o que mais se aproximava da necessidade de consumo da residência do estudo de caso. Este sistema poderá fornecer 250kWh/mês. Segue abaixo descrição e quantidade dos componentes principais como painéis e inversor.

Item	Descrição	Quantidade
Painéis	Marca não especificada, aprovada pelo Inmetro (Monocristalino).	8 painéis de 235Wp
Inversor	Marca Eltek	1 inversor com potência de 2500W

Tabela 2 - Descrição itens orçados Jovic Engenharia

Fonte: Jovic Engenharia, 2013

Este pacote da Jovic Engenharia também inclui um quadro de interligação e suportes de alumínio para instalação dos módulos solares.

Preço dos itens descritos acima: R\$ 17.600,00

Preço sugerido para instalação do sistema: R\$ 1.100,00

Preço Total: R\$ 18.700,00

14.3.2 Orçamento Brasil Solar

A Brasil Solar também fornece os sistemas de geração fotovoltaica em kits fechados, sem a possibilidade da compra dos diferentes componentes separadamente. O pacote utilizado foi o que mais se aproximava da necessidade de consumo da residência do estudo de caso. Este sistema poderá fornecer 319kWh/mês, um valor quase 30% acima do previamente considerado no estudo de caso que era de 250kWh/mês. Segue abaixo descrição e quantidade dos componentes principais como painéis e inversor.

Item	Descrição	Quantidade
Painéis	Marca Kyocera, modelo KD 140 (Monocristalino).	16 painéis de 140Wp Área Total = 16,00m ²
Inversor	Marca Xantrex, modelo GT 2.8	1 inversor com potência de 2800W

Tabela 3 - Descrição itens orçados Brasil Solar

Fonte: Brasil Solar, 2013

Neste pacote da Brasil Solar não estão inclusos frete e instalação do sistema. Para efeito de cálculo será utilizado o valor de R\$ 1100,00 para instalação.

Preço dos painéis: R\$ 12.800,00

Preço do inversor: R\$ 10.143,00

Preço sugerido para instalação do sistema: R\$ 1.100,00

Preço Total: R\$ 24.043,00

14.3.3 Orçamento Neosolar

O orçamento da NeoSolar foi retirado do site da empresa. O sistema também é vendido na forma de kits fechados, sendo a produção estimada mensal para a região Sul de 260kWh/mês.(NEOSOLAR)

Item	Descrição	Quantidade
Painéis	Marca Jetion, modelo JT235PC (Monocristalino)	10 painéis de 235Wp Área Total = 16,40m ²
Inversor	Marca SMA, modelo Sunny Boy 2500	1 inversor com potência de 2500W

Tabela 4 - Descrição itens orçados Neosolar

Fonte: Neosolar, 2013

Neste pacote da NeoSolar está incluso os suportes de alumínio para instalação dos módulos solares. Para efeito de cálculo será utilizado o valor de R\$ 1100,00 para instalação.

Preço dos itens descritos acima: R\$ 23.490,00

Preço sugerido para instalação do sistema: R\$ 1.100,00

Preço Total: R\$ 24.590,00

Jovic Engenharia	Solar Brasil	NeoSolar
R\$ 18.700,00	R\$ 24.043,00	R\$ 24.590,00

Tabela 5 - Resumo dos orçamentos obtidos

Fonte: Autoria própria

14.4 Comparação entre o dimensionamento do sistema apresentado no trabalho e os orçamentos enviados pelas empresas.

O dimensionamento apresentado no trabalho utilizou os parâmetros do local da instalação e teve como resultado uma área de painéis igual a 17,25m². Com relação aos dois orçamentos que especificaram os painéis, o orçamento da Brasil Solar que utilizou 16 painéis de 140 Wp da marca Kyocera, modelo KD 140 com área total de painéis de 16,00m² e o orçamento da Neosolar que utilizou 10 painéis de 235Wp da marca Jetion, modelo JT235PC com área total de 16,40m². Sendo assim, os orçamentos enviados vão de encontro ao que foi dimensionado.

Com relação aos inversores, o cálculo desses é mais simples, sendo a potência a principal variável, está que obrigatoriamente tem de ser maior do que somatório das potências de pico dos painéis. Todos os orçamentos apresentados atenderam a este requisito.

14.5 Estudo do tempo de retorno

Este estudo tem o objetivo de encontrar o tempo de retorno do investimento no sistema de geração fotovoltaica ligada à rede. Para isso foram utilizados os orçamentos obtidos junto às empresas, tarifas cobradas no setor de energia elétrica e índices de inflação.

- Tarifa de energia (TE), cobrada pela COPEL: R\$ 0,24258 / kWh. (ANEEL,2013)
- Tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD), cobrada pela Copel: R\$ 0,1788 / kWh
- Taxa de inflação média anual nos últimos cinco anos: 5,68% (BANCO CENTRAL)
- Fórmula para cálculo do tempo de retorno:

$$PV = PMT \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right]$$

Sendo:

- PV: Valor presente = valor investido no sistema.
- PMT: Valor pago atualmente na conta de energia elétrica. 250 kWh x (0,2425+0,1788) R\$/kWh = R\$ 105,33.
- i: Provável taxa de inflação no período.
- n: número de meses de retorno do investimento.

	Jovic Engenharia	Solar Brasil	NeoSolar
Preço final do sistema	R\$ 18.700,00	R\$ 24.043,00	R\$ 24.590,00
Tempo de retorno	10 anos e 10 meses	12 anos e 7 meses	12 anos e 9 meses

Tabela 6 - Resultados obtidos com a análise do tempo de retorno.

Fonte: Autoria própria

14.6 Discussão dos resultados:

Na obtenção dos resultados considerou-se que o consumidor estaria mensalmente equiparando a energia produzida à energia consumida, sendo que desta forma nenhum valor seria devido à concessionária de energia elétrica.

Para todos os orçamentos considerados o tempo de retorno ficou em torno de 10 e 13 anos, não parecendo inicialmente uma alternativa economicamente viável.

No entanto existem alguns fatores que podem influenciar na diminuição deste período de retorno, dentre os quais destacam-se:

- A diminuição dos preços dos componentes do sistema decorrentes da disseminação da tecnologia e consequente aumento da concorrência;
- O aumento dos preços de outras fontes energéticas devido à eminente escassez e restrições de caráter ambiental.

Existe ainda a possibilidade de que seja adotado no Brasil um sistema de venda do excedente da energia gerada, tal como acontece em países como a Alemanha. Assim o tempo de retorno do investimento inicial poderia ser ainda menor, uma vez que, geralmente, o preço da energia vendida à concessionária de energia elétrica é superior àquela cobrado pela mesma.

Mesmo que o tempo necessário para se recuperar o investimento pareça longo, deve-se lembrar que a vida útil dos componentes do sistema, com a atual tecnologia, é aproximadamente 20 anos, de acordo com alguns fabricantes, ou seja, aproximadamente o dobro do tempo de retorno médio.

15. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisas recentes têm colaborado para a consolidação da tecnologia fotovoltaica, buscando novos materiais para fabricação de coletores solares, como as células orgânicas, bem como investigando maneiras de aumentar a eficiência dos materiais já conhecidos.

Um importante enfoque das pesquisas está na interação dos painéis e filmes fotovoltaicos com as edificações. Filmes finos têm sido instalados em vidros com a dupla função de gerar energia e de ser um regulador quanto à luminosidade que entra na edificação proveniente do Sol. Sendo assim têm-se boas perspectivas quanto a evolução da exploração desta fonte energética, que em relação a outras não tem limites de expansão, pois sua fonte primária de energia é abundante, constante e não está sujeita a domínio por determinado grupo.

Essa forma de se obter energia elétrica já é muito difundida em vários países, principalmente na Europa onde a adoção se deu principalmente pela escassez de outras fontes de energia e a instabilidade gerada pela falta de autossuficiência energética.

No Brasil a situação é mais estável, visto que sua base energética é predominantemente hidráulica, no entanto a expansão deste tipo de fonte tem sido refutada por diversos setores da sociedade, baseadas no alto impacto ambiental gerado pela construção de usinas hidrelétricas. A difusão da tecnologia fotovoltaica no país pode ser argumentada pelo seu extenso território, sua posição privilegiada com relação a incidência de radiação solar e abundância de matéria prima para produção dos coletores solares.

O estudo realizado mostra que o período de retorno para um sistema residencial on grid com demanda em torno de 250 kWh varia entre 10 e 13 anos, podendo ocorrer a redução deste valor num curto prazo devido ao aumento da produção, concorrência e custos das fontes energéticas convencionais.

Observa-se que os fatores econômicos são os principais empecilhos para a imediata adoção desta fonte energética, pois as características técnicas e ambientais demonstram inúmeras vantagens quando comparadas às fontes convencionais. No entanto num futuro próximo deve ocorrer reduções contínuas dos custos tornando esta nova tecnologia cada vez mais competitiva.

16. REFERÊNCIAS

ACERVO DIGITAL DA REVISTA VEJA. “**Eike inaugura primeira usina de energia solar do país**”. Disponível em <<http://veja.abril.com.br/noticia/economia/eike-inaugura-primeira-usina-solar-comercial-do-pais>> Acesso em:18/05/2012.

AERBRAX POWER. **Energia Solar**. Disponível em <http://www.aerbraxpower.com.br/energia_solar.html>. Acesso em 27 abr. 2012

AMBIENTE ENERGIA. “**2012 será o ano da energia solar fotovoltaica no Brasil?**” Disponível em <<http://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2012/04/2012-sera-o-ano-da-energia-solar-fotovoltaica-no-brasil/18636> > Acesso 20/05/2012.

AMÉRICA DO SOL. Disponível em <www.americadosol.org>. Acesso em 30/10/2012.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – **Tarifas residenciais vigentes**. Disponível em : <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idarea=493>>. Acesso em : 19/02/2013.

ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 ago. 2012. Disponível em www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf. Acesso em : 19/02/2013.

ANICETO, José M. Antunes. **Conversor DC-DC com busca de ponto de potência máxima (MPPT) para painéis solares**. Dissertação de mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/4977/1/Aniceto_2010.pdf> Acesso em: 06 fev. 2013.

ARLEY REIS. – Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=energia-solar-no-brasil-pode-ser-vantajosa-a-partir-de-2013&id=010115081002>> Acesso em: 25 mai. 2012

BRAGA, Renata P. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações** – Trabalho de conclusão de curso – UFRJ – Rio de Janeiro – Novembro de 2008. <http://www.renewableenergyfocus.com/view/13547/sunbelt-countries-could-have-1-1-tw-solar-pv-by-2030/> Acesso em 05 fev. 2013.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 1563 de 10 de julho de 2007**. Dispõe sobre fontes renováveis de energia, com o objetivo de promover a universalização, a geração distribuída e a racionalização energética, e altera a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, para modificar o Proinfa e aumentar a participação de fontes alternativas na matriz energética nacional. Disponível em <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/481976.pdf>>. Acesso em 23 mai 2012.

BUTZ, Stephen D. **SCIENCE OF EARTH SYSTEMS**. [S.l.]: Cengage Learning, 2002.

CASTRO, Rui M.G. **INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA**. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2002.

CEPEL. Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/apresentacoes/20090428_CEPPEL_Energia_Solar_e_Eolica.pdf> Acesso em :18/05/2012.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito.
CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Disponível em
<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=tutorial_solar>. Acesso em 27 abr.
2012

DEUTSCHE WELLE – **Produção de energia solar na Alemanha bate recorde em 2012.** Disponível em < <http://noticias.terra.com.br/ciencia/producao-de-energia-solar-na-alemanha-bate-recorde-em-2012,7672471cd26fb310VgnCLD2000000dc6eb0aRCRD.html>> . Acesso em 08
mar. 2013

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2011.**
Disponível em: http://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf>. Acesso em
24 mai. 2012

EUDORA SOLAR – Transformando a energia do Sol em eletricidade> Disponível
em: <<http://www.eudorasolar.com.br/index.php/produtos/modulos-fotovoltaicos>>
Acesso em: 05/02/2013.

EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (EPIA). “**Sunny future ahead.**” Disponível em <<http://www.epia.org/solar-pv/sunny-future-ahead.html>> Acesso em: 20/05/2012 .

FEAUSP – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da
Universidade de São Paulo. “**O que é economia?**”. Disponível em:
<<http://www.fea.usp.br/conteudo.php?i=202>>. Acesso em 13/03/2013.

FOLHA.COM. “**Primeiros painéis solares ameaçam ideia de serem ecologicamente corretos.**” Disponível em:
<<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/814450-primeiros-paineis-solares->

ameacam-ideia-de-serem-ecologicamente-corretos.shtml> Acesso em : 22/05/2012.

GALDINO, M. A. & LIMA, J. H. G. **PRODEEM - O Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica**. CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Congresso Brasileiro de Energia 2002.

GTES - GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2004.

HONSBURG, Christiana; BOWDEN, Stuart. **PV CDROM**. Disponível em <<http://www.pveducation.org/pvcdrom>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1272>. Acesso em 23 mai. 2012

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=410690>>. Acesso em 17. Mar. 2013.

INEO – Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica. **Pesquisas de eletrônica orgânica no Brasil mostram primeiros resultados**. Disponível em: <http://www.ifsc.usp.br/~ineo/workshop/2011/>. Acesso em: 11 dez. 2012.

JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO. **“Brasil é o 10º país que mais investe em energia limpa, diz relatório”**. Disponível em <<http://m.estadao.com.br/noticias/vidae,brasil-e-o-10-pais-que-mais-investe-em-energia-limpa-diz-relatorio,860145.htm> > Acesso em: 21/05/2012.

MARTENSON, Christopher. **The three EEE’s – The relationship between Economy, Energy and Environment**. Disponível em <

<http://ecolsandra.wordpress.com/2011/11/23/the-three-ees-the-relationship-between-economy-energy-and-the-environment/> > Acesso em 15 fev 2013.

MINHA CASA SOLAR. - Disponível em:
<<http://www.minhacasasolar.com.br/duvidas.php> > - Acesso em: 28 mai. 2012

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA.** Disponível em <
<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa>>. Acesso em 20 mai. 2012.

MOREIRA, Juliano. **Sua vida é uma porcaria e a culpa é minha.** Pará de Minas, MG: Editora VirtualBooks, 2011.

NOTA TÉCNICA nº 0129/2012–SRD/ANEEL, de 27/08/2012. Disponível em:
http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Nota_Tecnica_0129_SRD.pdf. Acesso em: 11 fev. 2013.

OBSERVATORIO ECO – **Utilização de energia solar pode ter incentivo fiscal.** Disponível em www.observatorioeco.com.br/utilizacao-de-energia-pode-ter-incentivo-fiscal/. Acesso em 05 mar. 2013.

PUC-RIO PORTAL DIGITAL. – **“Microgeração de energia deve ser realidade em uma década”.** Disponível em <http://puc-riodigital.com.puc-rio.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=15538&sid=149>. Acesso em 13 mar. 2013.

PUC-RS - **Núcleo de Tecnologia em Energia Solar.** Disponível em <
<http://www.pucrs.br/cbsolar>>. Acesso em 02 mai. 2012.

PVCDROM . Disponível em: < <http://www.pveducation.org/pvcdrom>>. Acesso em 12 dez. 2012.

RADIASOL 2 – **Software para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.**
Disponível em <http://www.solar.ufrgs.br/#radiasol>. Acesso em 17 mar. 2013.

REIS, Arley. – Disponível em
<<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=energia-solar-no-brasil-pode-ser-vantajosa-a-partir-de-2013&id=010115081002>> Acesso em: 25 mai. 2012

REVISTA TÈCHNE. “Força Solar - A primeira usina, os editais de compra, as pesquisas acadêmicas e a chegada de fabricantes aquecem a tecnologia fotovoltaica no País” Disponível em:
<[http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arg_urbanismo/disciplinas/aut0221/Material de Apoio/Energia e Agua/Forca Solar - Materia Techne.pdf](http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arg_urbanismo/disciplinas/aut0221/Material%20de%20Apoio/Energia%20e%20Agua/Forca%20Solar%20-%20Materia%20Techne.pdf)> Acesso em: 22 mai. 2012.

RÜTHER, Ricardo; MARINOSKI, Davies L.; SALAMONI, Isabel Tourinho. **PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO: ESTUDO DE CASO DO EDIFÍCIO SEDE DO CREA-SC.** Disponível em:
http://www.labee.ufsc.br/antigo/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/pre_dimensionamento.pdf. Acesso em: 17 mar. 2013

SCHEER, HERMANN. **Economia Solar Global:** Estratégias para a modernidade ecológica. Rio de Janeiro: CRESESB-CEPEL, 2002.

O POVO. “**Ceará terá primeira fábrica de painéis solares**”. – Jornal on-line -
<<http://www.opovo.com.br/app/opovo/economia/2012/04/11/noticiasjornaleconomia,2818417/ceara-tera-primeira-fabrica-de-paineis-solares.shtml>>

U.S. Energy Information Administration – U.S. E.I.A. Disponível em
<<http://www.eia.gov/>> Acesso em 20 mai. 2012.

UNITED NATIONS - **World Population Prospects: The 2006 Revision.**

Disponível

em:

<http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/WPP2006_Highlights_rev.pdf>. Acesso em 23 mai. 2012

VALLÊRA, António m., “Meio século de História Fotovoltaica”, (2006).

VARELLA, Fabiana Karla de Oliveira Martins;CAVALIERO, Carla Kazue Nakao;SILVA, Ennio Peres da. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL:INCENTIVOS REGULATÓRIOS**. Revista Brasileira de Energia, Vol. 14, 1º Sem. 2008, pp. 9-22.

WORLD ENERGY COUNCIL. Disponível em : <<http://www.worldenergy.org>>.

Acesso em 24 mai. 2012

ANEXO A
PAINÉIS SOLARES CERTIFICADOS PELO INMENTRO

Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - MODULOS - Edição 07/12

Nº Modelos 270

Nº Marcas: 41

20/11/12

CLASSES	INDICE MÓDULO		SILICIO CRISTALINO		FILMES FINOS		EE
	SILICIO CRISTALINO (MONO-Si / MULTI-Si)	FILMES FINOS	TOTAL	%	TOTAL	%	
A	EE >13,5	EE > 9,5	148	56,7	1	11,1	Mais eficiente
B	13,5 >= EE > 13,0	9,5 >= EE > 7,5	29	11,1	3	33,3	
C	13,0 >= EE > 12,0	7,5 >= EE > 6,5	41	15,7	1	11,1	
D	12,0 >= EE > 11,0	6,5 >= EE > 5,5	13	5,0	4	44,4	
E	EE < 11,0	EE < 5,5	30	11,5	0	0,0	
			261	100,0	9	100,0	

A) SILICIO CRISTALINO (mono-Si ou multi-Si)

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	ÁREA EXTERNA (m ²)	POTENCIA NA CONDIÇÃO PADRÃO (W)	CORRENTE NO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (A)	PRODUÇÃO MENSAL DE ENERGIA	EFICIENCIA ENERGETICA (%)	PESO (kg)	CLASSIFICAÇÃO
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP48-190Wp	1,330	190	7,46	23,75	14,4	16,0	A
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP60-235Wp	1,630	235	7,61	29,38	14,4	21,0	A
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP60-240Wp	1,630	240	7,74	30,00	14,7	21,0	A
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP72-285Wp	1,960	285	8,04	35,63	14,5	26,0	A
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP72-290Wp	1,960	290	8,06	36,25	14,8	26,0	A
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP48M-195Wp	1,330	195	8,09	24,38	14,7	16,0	A
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP60M-245Wp	1,630	245	8,09	30,63	15,0	21,0	A
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP60M-250Wp	1,630	250	8,20	31,25	15,3	21,0	A
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP72M-295Wp	1,960	295	8,17	36,88	15,1	26,0	A
AERBRAX POWER	AVPROJECT	AVP72M-300Wp	1,960	300	8,15	37,50	15,3	26,0	A
ANAUGER	SUNOWE	SF125X125-72-M(L)	1,280	175	4,9	21,88	13,6	16,0	A
AVS	ASP	AP 240PK	1,640	240	8,48	30,00	14,6	18,5	A
BLUE SOL	BLUE SOL	STP010D-12/KEA	0,110	10	0,57	1,25	8,8	1,5	E
BLUE SOL	BLUE SOL	STP030D-12/LEA	0,290	30	1,74	3,75	10,4	3,2	E
BLUE SOL	BLUE SOL	STP050D-12/MEA	0,420	50	2,93	6,25	11,9	5,3	D
BLUE SOL	BLUE SOL	STP065D-12/SEA	0,510	65	3,69	8,12	12,7	6,2	C
BLUE SOL	BLUE SOL	STP135D-12/TEA	1,000	135	7,71	16,88	13,5	12,0	B
BLUE SOL	BLUE SOL	STP240-20/Wde	1,640	240	8,11	30,00	14,6	19,8	A
BLUE SOL	BLUE SOL	STP020B-12/CEA	0,200	20	1,14	2,50	10,0	2,5	E
BLUE SOL	BLUE SOL	STP085B-12/BEA	0,650	85	4,80	10,63	13,1	8,0	B
BLUE SOL	BYD	BYD 140P6-18	1,000	140	8,15	17,50	14,0	13,0	A
BLUE SOL	BYD	BYD 240 P6-30	1,620	240	8,1	30,00	14,8	19,6	A

Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - MODULOS - Edição 07/12

BOSCH	BOSCH	M220 3BB	1,633	220	7,55	,	13,5	21,0	B
BOSCH	BOSCH	M225 3BB	1,633	225	7,65	28,13	13,8	21,0	A
BOSCH	BOSCH	M235 3BB	1,634	235	7,85	29,38	14,4	21,0	A
BOSCH	BOSCH	M240 3BB	1,640	240	8,10	30,00	14,6	21,0	A

Valores de referência medidos em laboratórios, conforme procedimentos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica

Nº Modelos **270**
Nº Marcas: **41**
A) SILICIO CRISTALINO (mono-Si ou multi-Si)

20/11/12

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	ÁREA EXTERNA (m ²)	POTENCIA NA CONDIÇÃO PADRÃO (W)	CORRENTE NO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (A)	PRODUÇÃO MENSAL DE ENERGIA (kWh/mês)	EFICIENCIA ENERGETICA (%)	PESO (kg)	CLASSIFICAÇÃO
CONERGIA	SUNCO	SSM 40	0,354	40	2,20	5,00	11,3	5,8	D
CONERGIA	SUNCO	SSM 80	0,660	80	4,58	10,00	12,1	9,2	C
CONERGIA	SUNCO	SSM 120	0,971	120	3,43	15,00	12,4	14,0	C
CONERGIA	SUNCO	SSM 175	1,277	175	4,64	21,88	13,7	17,0	A
CEMI TECNOLOGIA	SANDI	SSP 180W	1,280	180	5,00	22,50	14,0	15,5	A
CEMI TECNOLOGIA	SANDI	SSP 210W	1,640	210	7,41	26,25	12,8	22,5	C
CEMI TECNOLOGIA	SANDI	SSP 230W	1,640	230	7,83	28,75	14,0	22,5	A
CTC	TNS SOLAR	TN-36-5M45	0,345	45	2,39	5,63	13,0	3,9	C
CTC	TNS SOLAR	TN-36-5M90	0,648	90	4,97	11,25	13,9	7,8	A
CTC	TNS SOLAR	TN-60-6M240	1,626	240	7,92	30,00	14,8	23,5	A
CTC	TNS SOLAR	TN-60-6P230	1,626	230	7,84	28,75	14,1	23,5	A
CTC	TNS SOLAR	TN-72-5M190	1,277	190	5,11	23,75	14,9	15,5	A
DONAUER	CNPV	CNPV 245P	1,640	245	7,90	30,63	14,9	20,0	A
DONAUER	CNPV	CNPV 295P	1,950	295	7,90	36,88	15,1	25,0	A
ELTEK	SUN-EARTH	TPB156x156x60-P	1,630	235	8,05	29,38	14,4	20,0	A
ENERGIA PURA	W.SOLAR	YZM5P-20	0,063	5	0,57	0,63	8,0	0,9	E
ENERGIA PURA	W.SOLAR	YZM50P-36	0,422	50	2,94	6,25	11,8	5,6	D
ENERGIA PURA	W.SOLAR	YZM130P-36	0,990	130	7,42	16,25	13,1	12,0	B
ENERGIA PURA	W.SOLAR	YZM230M-60	1,650	230	7,69	28,75	13,9	19,5	A
EXXA GLOBAL	EXXA SOLAR	CSUN 50M	0,356	50	2,67	6,25	13,9	5,1	A
EXXA GLOBAL	EXXA SOLAR	CSUN 60M	0,440	60	3,21	7,50	13,7	6,0	A
EXXA GLOBAL	EXXA SOLAR	CSUN 75M	0,509	75	4,03	9,38	14,7	6,8	A
EXXA GLOBAL	EXXA SOLAR	CSUN 100M	0,662	100	5,35	12,50	15,0	8,5	A
EXXA GLOBAL	EXXA SOLAR	CSUN 150M	0,992	150	8,03	18,75	15,1	12,5	A
EXXA GLOBAL	EXXA SOLAR	CSUN 220M	1,465	220	8,04	27,50	15,0	17,8	A
EXXA GLOBAL	EXXA SOLAR	CSUN 290M	1,936	290	8,11	36,25	14,9	23,8	A
EXXA GLOBAL	EXXA SOLAR	CSUN 135-36P	0,992	135	7,72	16,88	13,6	13,0	A
FC SOLAR	FC SOLAR	MDP-215	1,468	215	7,88	26,88	14,6	17,2	A
FC SOLAR	FC SOLAR	MDP-05	0,060	5	0,29	0,63	8,4	0,7	E

Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - MODULOS - Edição 07/12

GCE TECH	ISOFOTON	ISF 250	1,660	250	8,17	31,25	15,0	19,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM185M-72	1,280	185	5,09	23,13	14,5	14,5	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM190M-72	1,280	190	5,19	23,75	14,9	14,5	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM195M-72	1,280	195	5,30	24,38	15,3	14,5	A

Valores de referencia medidos em laboratórios, conforme procedimentos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica

Nº Modelos **270**
Nº Marcas: **41**
A) SILICIO CRISTALINO (mono-Si ou multi-Si)

20/11/12

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	ÁREA EXTERNA (m2)	POTENCIA NA CONDIÇÃO PADRÃO (W)	CORRENTE NO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (A)	PRODUÇÃO MEDIA MENSAL DE ENERGIA (kWh/mês)	EFICIENCIA ENERGETICA (%)	PESO (kg)	CLASSIFICAÇÃO
GEHRLICHER	JINKO	JKM250M-96	1,700	250	5,05	31,25	14,7	20,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM255M-96	1,700	255	5,10	31,88	15,0	20,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM260M-96	1,700	260	5,15	32,50	15,3	20,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM235M-60	1,640	235	7,83	29,38	14,4	19,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM240M-60	1,640	240	7,95	30,00	14,7	19,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM275M-72	1,940	275	7,61	34,38	14,2	27,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM225P-60	1,640	225	7,65	28,13	13,7	19,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM230P-60	1,640	230	7,78	28,75	14,1	19,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM235P-60	1,640	235	7,86	29,38	14,4	19,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM280P-72	1,940	280	7,89	35,00	14,4	27,0	A
GEHRLICHER	JINKO	JKM135P-36	1,000	135	7,55	16,88	13,5	11,5	B
GEHRLICHER	JINKO	JKM140P-36	1,000	140	7,78	17,50	14,0	11,5	A
GUASCOR	SUNTECH	STP075S-12Bb	0,646	75	4,35	9,37	11,6	8,0	D
GUASCOR	SUNTECH	STP085S-12/Bb	0,646	85	4,80	10,63	13,1	8,0	B
GUASCOR	SUNTECH	STP130-12/Tb	1,002	130	7,47	16,25	13,0	12,0	C
GUASCOR	SUNTECH	STP135-12/Tb	1,002	135	7,71	16,88	13,5	12,0	B
GUASCOR	SUNTECH	PLUTO 245 WDE	1,650	245	8,23	30,63	14,8	19,8	A
HELIOTEK	SUNWATT	SW 50H	0,356	50	2,67	6,25	13,9	5,1	A
HELIOTEK	SUNWATT	SW 60H	0,440	60	3,21	7,50	13,7	6,0	A
HELIOTEK	SUNWATT	SW 75H	0,509	75	4,03	9,38	14,7	6,8	A
HELIOTEK	SUNWATT	SW 100H	0,662	100	5,35	12,50	15,0	8,5	A
HELIOTEK	SUNWATT	SW 150H	0,992	150	8,03	18,75	15,1	12,5	A
HELIOTEK	SUNWATT	SW 220H	1,465	220	8,04	27,50	15,0	17,8	A
HELIOTEK	SUNWATT	SW 290H	1,936	290	8,11	36,25	14,9	23,8	A
HELIOTEK	SUNWATT	SW 135HT	0,992	135	7,72	16,88	13,6	13,0	A
KYOCERA	KYOCERA	KC 50T	0,417	54	3,11	6,25	12,9	5,0	C
KYOCERA	KYOCERA	KC 65T	0,490	65	3,75	8,45	13,2	6,0	B



Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - **Componentes Fotovoltaicos - MODULOS** - Edição 07/12

KYOCERA	KYOCERA	KC 85T	0,656	87	5,02	10,62	13,3	8,3	B
KYOCERA	KYOCERA	KC 130TM	0,920	130	7,39	17,00	13,9	11,9	A
KYOCERA	KYOCERA	KS5T	0,072	5	0,29	0,63	6,9	1,2	E
KYOCERA	KYOCERA	KS10T	0,107	10	0,58	1,25	9,4	1,6	E
KYOCERA	KYOCERA	KS20T	0,183	20	1,16	2,50	10,9	2,5	E
KYOCERA	KYOCERA	KC40T	0,343	43	2,48	5,38	12,5	4,5	C
KYOCERA	KYOCERA	KD205GX-LP	1,500	205	7,71	25,63	13,7	18,5	A
KYOCERA	KYOCERA	KS20-652	0,231	20	1,16	2,50	8,7	3,5	E
KYOCERA	KYOCERA	KD135SXUPU	1,002	135	7,63	16,88	13,5	13,0	B
KYOCERA	KYOCERA	KD140SX-UPU	1,000	140	7,91	17,50	14,0	12,5	A
KYOCERA	KYOCERA	KS20T668	0,237	20	1,16	2,56	8,4	3,5	E

Valores de referencia medidos em laboratórios, conforme procedimentos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica

Nº Modelos **270**

Nº Marcas: **41**

A) SILICIO CRISTALINO (mono-Si ou multi-Si)

20/11/12

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	ÁREA EXTERNA (m ²)	POTENCIA NA CONDIÇÃO PADRÃO (W)	CORRENTE NO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (A)	PRODUÇÃO MEDIA MENSAL DE ENERGIA (kWh/mês)	EFICIENCIA ENERGETICA (%)	PESO (kg)	CLASSIFICAÇÃO
KYOCERA	KYOCERA	KD185GX-LPU	1,325	185	7,84	23,13	14,0	16,0	A
KYOCERA	KYOCERA	KD210GX-LPU	1,485	210	7,90	26,25	14,1	18,0	A
KYOCERA	KYOCERA	KD215GX-LPU	1,485	215	8,09	26,88	14,5	18,0	A
KYOCERA	KYOCERA	KD235GX-LPB	1,645	235	7,89	29,38	14,3	21,0	A
KYOCERA	KYOCERA	SM40-KSM	0,381	40	2,25	5,00	10,5	4,2	E
KYOCERA	KYOCERA	SM42-KSM	0,343	42	2,55	5,25	12,2	4,2	C
KYOCERA	KYOCERA	SM48-KSM	0,381	48	2,56	6,00	12,6	4,5	C
KYOCERA	KYOCERA	SM63-KSM	0,486	63	3,82	7,88	13,0	6,2	C
KYOCERA	KYOCERA	SM70-KSM	0,541	70	3,80	8,75	12,9	8,4	C
KYOCERA	KYOCERA	SM83-KSM	0,626	83	5,07	10,38	13,3	8,4	B
KYOCERA	KYOCERA	SM85-KSM	0,700	85	4,78	10,63	12,1	8,4	C
KYOCERA	KYOCERA	KD240GH-2PB	1,640	240	8,06	30,00	14,6	21,0	A
KYOCERA	KYOCERA	KD240GX-LPB	1,650	240	8,06	30,00	14,6	21,0	A
KYOCERA	KYOCERA	KD245GX-LPB	1,650	245	8,23	30,63	14,9	21,0	A
KYOCERA	KYOCERA	KD140SX-UFBS	1,000	140	7,91	17,50	14	12,9	A
LG ELECTRONICS	LG ELECTRONICS	LD130R9W-G2	0,980	130	7,77	16,25	13,2	12,4	B
LG ELECTRONICS	LG ELECTRONICS	LG240M1C-G2	1,610	240	8,10	30,00	14,9	18,9	A
LG ELECTRONICS	LG ELECTRONICS	255S1C-G2	1,610	255	8,5	31,88	15,8	19,0	A
MARTIFER	MPRIME	APL 235P	1,650	235	7,81	29,38	14,2	21,0	A
MARTIFER	MPRIME	M230P	1,610	230	8,20	28,75	14,2	20,0	A
MARTIFER	MPRIME	M80M	0,700	80	4,54	10,00	11,4	8,2	D

Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - MODULOS - Edição 07/12

MARTIFER	MPRIME	M140P-12	0,990	140	8,21	17,50	14,1	13,0	A
MARTIFER	MPRIME	M70P-12	0,560	70	3,96	8,75	12,5	7,5	C
MARTIFER	MPRIME	M235P	1,610	235	8,17	29,38	14,5	20,0	A
MARTIFER	MPRIME	M240P	1,610	240	8,28	30,00	14,9	20,0	A
MARTIFER	MPRIME	M135P-12	0,990	135	8,28	16,88	13,6	13,0	A
MARTIFER	MPRIME	M220P	1,610	220	7,92	27,50	13,6	20,0	A
MINHA CASA SOLAR	ET SOLAR ENERGY	ET -P636135	1,000	135	7,67	16,86	13,5	13,2	B
MES ENERGIA	TALESUN	TP672M-285	1,940	285	7,99	36,63	14,7	26,2	A
MES ENERGIA	TALESUN	TP672M-295	1,940	295	8,22	36,88	15,2	26,2	A
NEOSOLAR	JETION	JT090SFb	0,650	90	4,86	11,25	13,9	8,0	A
NEOSOLAR	JETION	JT030SH	0,24	30	1,69	3,75	12,5	3,3	C
NEOSOLAR	JETION	JT050SG	0,460	50	2,90	6,25	10,8	5,8	E
NEOSOLAR	JETION	JT235PCe	1,640	235	7,71	29,38	14,3	22,5	A
NEOSOLAR	JETION	JT140PFe	1,000	140	7,65	17,50	14	12,0	A
PRESERVA	SOLARA	SM 340S	0,688	85	4,72	10,63	12,4	7,9	C
PRESERVA	SOLARA	SM 500S	1,017	125	7,14	15,63	12,3	12,1	C
PRESERVA	SOLARA	SM 520S	1,020	130	7,65	16,25	12,8	12,1	C
PRESERVA	SOLARA	S520P36ULTRA	1,020	130	7,30	16,25	12,7	12,1	C
RIOSOLAR	RIOSOLAR	156p-270	1,840	270	7,70	33,75	14,6	28,0	A
SOLAR ENERGY	CONERGY	POWERPLUS 235P	1,630	235	8,06	29,37	14,4	19,6	A
SOLAR ENERGY	CONERGY	POWERPLUS 240P	1,630	240	8,15	30,00	14,7	19,6	A
SOLARIA	SOLARIA	S5M175	1,251	175	4,84	21,88	14,0	14,3	A
SOLARIA	SOLARIA	S6M225	1,609	225	7,74	28,13	14,0	21,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6M230	1,609	230	7,86	28,75	14,3	21,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6P225	1,609	225	7,74	28,13	14,0	21,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6P230	1,609	230	7,86	28,75	14,3	21,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6M235	1,608	235	7,94	29,38	14,6	21,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6P220	1,608	220	7,63	27,50	13,7	21,0	A

Valores de referencia medidos em laboratórios, conforme procedimentos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica

Nº Modelos **270**

Nº Marcas: **41**

A) SILICIO CRISTALINO (mono-Si ou multi-Si)
20/11/12

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	ÁREA EXTERNA (m ²)	POTENCIA NA CONDIÇÃO PADRÃO (W)	CORRENTE NO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (A)	PRODUÇÃO MENSAL MENSAL DE ENERGIA (kWh/mês)	EFICIENCIA ENERGETICA (%)	PESO (kg)	CLASSIFICAÇÃO
SOLARIA	SOLARIA	S6P235	1,608	235	7,94	29,38	14,6	21,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6P205	1,608	205	6,88	25,63	12,8	21,0	C
SOLARIA	SOLARIA	S6P217	1,608	217	7,23	27,13	13,5	21,0	B



Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - MODULOS - Edição 07/12

SOLARIA	SOLARIA	S6M217	1,608	217	7,23	27,13	13,5	21,0	B
SOLARIA	SOLARIA	S6M220	1,608	220	7,63	27,50	13,7	21,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6P215	1,608	215	7,51	26,88	13,4	21,0	B
SOLARIA	SOLARIA	S6M215	1,608	215	7,51	26,88	13,4	21,0	B
SOLARIA	SOLARIA	S5M170	1,251	170	4,77	21,25	13,6	13,6	A
SOLARIA	SOLARIA	S5M174	1,251	174	4,85	21,75	13,9	13,9	A
SOLARIA	SOLARIA	S5M165	1,251	165	4,68	20,63	13,2	13,2	B
SOLARIA	SOLARIA	S5Ms90	0,662	90	4,93	11,25	13,6	13,6	A
SOLARIA	SOLARIA	S6Ps130	0,996	130	7,50	16,25	13,0	13,0	C
SOLARIA	SOLARIA	S6Ps135	0,996	135	7,74	16,88	13,5	13,5	B
SOLARIA	SOLARIA	S6P2G215	1,630	215	7,35	26,88	13,2	19,0	B
SOLARIA	SOLARIA	S6P2G217	1,630	217	7,23	27,13	13,3	19,0	B
SOLARIA	SOLARIA	S6P2G220	1,630	220	7,44	27,50	13,5	19,0	B
SOLARIA	SOLARIA	S6P2G225	1,630	225	7,53	28,13	13,8	19,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6P2G230	1,634	230	7,62	28,75	14,1	19,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6P2G235	1,630	235	7,71	29,38	14,4	19,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6P2G240	1,630	240	7,80	30,00	14,7	19,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6M2G225	1,630	225	7,72	28,13	13,8	19,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6M2G230	1,634	230	7,81	28,75	14,1	19,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6M2G235	1,634	235	7,90	29,38	14,4	19,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6M2G240	1,634	240	7,99	30,00	14,7	19,0	A
SOLARIA	SOLARIA	S6M2G245	1,634	245	8,08	30,63	15,0	19,0	A
SOLARIS	SOLARIS	S 30P	0,281	30	1,71	3,75	10,7	3,5	E
SOLARIS	SOLARIS	S 55P	0,440	55	3,04	6,88	12,5	5,7	C
SOLARIS	SOLARIS	S 80P	0,659	80	4,98	10,00	12,1	8,1	C
SOLARIS	SOLARIS	S 85P	0,659	85	5,08	10,63	12,9	8,1	C
SOLARIS	SOLARIS	S 130P	1,006	130	7,26	16,25	12,9	9,6	C
SOLARIS	SOLARIS	S 135P	1,006	137	7,47	17,13	13,6	11,6	A
SOLARIS	SOLARIS	S 140P	1,006	140	7,65	17,50	13,9	11,6	A
SOLARIS	SOLARIS	S 82M	0,666	82	4,65	10,25	12,3	8,1	C
SOLARIS	SOLARIS	S 87M	0,666	87	4,85	10,88	13,1	8,1	B

Valores de referencia medidos em laboratórios, conforme procedimentos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica

Nº Modelos 270

Nº Marcas: 41

A) SILICIO CRISTALINO (mono-Si ou multi-Si)

20/11/12

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	ÁREA EXTERNA (m2)	POTENCIA NA CONDIÇÃO PADRÃO (W)	CORRENTE NO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (A)	PRODUÇÃO MEDIA MENSAL DE ENERGIA (kWh/mês)	EFICIENCIA ENERGETICA (%)	PESO (kg)	CLASSIFICAÇÃO
SOLAR TERRA	SOLAR TERRA	HG 10	0,110	10	0,60	1,25	9,0	1,5	E



Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - MODULOS - Edição 07/12

SOLAR TERRA	SOLAR TERRA	HG 25	0,210	25	1,42	3,13	11,9	3,1	D
SOLAR TERRA	SOLAR TERRA	HG 50	0,360	50	2,84	6,25	13,8	5,2	A
SOLAR TERRA	SOLAR TERRA	HG 90	0,670	90	4,92	11,25	13,4	8,0	B
SOLAR TERRA	SOLAR TERRA	HG 135	0,964	135	7,45	16,88	14,0	11,5	A
SOLAR TERRA	SOLAR TERRA	HG 190	1,280	190	11,80	23,75	14,8	15,7	A
SOLAR TERRA	SOLAR TERRA	HD210	1,465	210	7,64	26,26	14,3	17,0	A
SOLBRATEC	SOLBRATEC	KS 5T	0,072	5	0,29	0,63	6,9	1,2	E
SOLBRATEC	SOLBRATEC	KS 10T	0,107	10	0,58	1,25	9,3	1,6	E
SOLBRATEC	SOLBRATEC	KS 20T	0,183	20	1,16	2,50	10,9	2,6	E
SOLBRATEC	SOLBRATEC	KS 35GT	0,316	35	2,33	4,38	11,1	4,5	D
SOLBRATEC	SOLBRATEC	KS 50TA	0,439	50	3,33	6,25	11,4	6,3	D
SOLBRATEC	SOLBRATEC	KS 60T	0,491	60	3,45	7,50	12,2	7,1	C
SOLBRATEC	SOLBRATEC	KS 85GT	0,687	85	4,89	10,63	12,4	9,1	C
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW50 MONO/R5C	0,460	50	3,10	6,25	10,9	5,5	E
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW85 MONO	0,683	85	4,78	10,63	12,5	7,6	C
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW75 MONO	0,683	75	4,34	9,38	10,9	7,6	E
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW85 POLY	0,650	85	4,76	10,63	13,0	7,6	C
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW130 POLY/R6A	1,025	130	7,38	16,25	12,3	11,8	C
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW 140 poly R6A	1,020	140	7,85	17,50	13,7	11,8	A
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW175	1,300	175	4,89	21,88	13,5	15,0	B
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW225 POLY	1,680	225	7,63	28,13	13,3	21,2	B
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW230 POLY	1,680	230	7,72	28,75	13,6	21,2	A
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW235 POLY	1,680	235	7,85	29,38	13,9	21,2	A
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW240 POLY	1,680	240	7,96	30,00	14,2	21,2	A
SS SOLAR	SOLAR WORLD	SW240 MONO	1,680	245	7,96	30,63	14,5	21,2	A
SS SOLAR	KOMAES	KM5	0,059	5	0,28	0,63	8,5	1,0	E
SS SOLAR	KOMAES	KM10	0,110	10	0,57	1,25	9,1	2,0	E
SS SOLAR	KOMAES	KM20	0,187	20	1,13	2,50	10,7	2,6	E
SS SOLAR	KOMAES	KM30	0,260	30	1,71	3,75	11,5	3,7	D
SWISS WATER	TRUNZ	TSM185-72M	1,280	185	5,21	23,13	14,4	15,5	A
TECNOMETAL	TECNOMETAL	TW-40D4	0,600	43	7,55	5,38	7,2	5,8	E
TECNOMETAL	TECNOMETAL	TW-85D12	0,660	85	4,83	10,63	12,9	8,0	C
TECNOMETAL	TECNOMETAL	SV-140D12	0,980	140	7,74	17,50	14,2	11,4	A
TECNOMETAL	TECNOMETAL	SV-230D20	1,614	230	7,67	28,75	14,3	16,4	A
TOP SOLARES	AUVERSUN	AV265M60NB	1,580	265	8,34	33,13	16,7	17,0	A
UNITRON	HANWHA	SF220-30-1P235L	1,650	235	7,81	29,38	14,2	21,0	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL75(17)P1	0,594	75	4,29	9,38	12,6	7,6	C
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	130(17)P	0,997	130	7,22	16,25	13,0	13,3	C
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL260C-30b	1,630	260	8,46	32,50	15,9	19,5	A

Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - MODULOS - Edição 07/12

YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL265C-30b	1,630	265	8,55	32,12	16,2	19,5	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL65P-17b 1/2	0,508	65	3,71	8,13	12,7	6,2	C
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL070P-17b 1/2	0,508	70	4,00	8,75	13,7	6,2	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL075P-17b 3/5	0,594	75	4,29	9,38	12,6	7,3	C
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL080P-17b 3/5	0,594	80	4,57	10,00	13,4	7,3	B

Valores de referencia medidos em laboratórios, conforme procedimentos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica

Nº Modelos 270

Nº Marcas: 41

A) SILICIO CRISTALINO (mono-Si ou multi-Si)

20/11/12

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	ÁREA EXTERNA (m ²)	POTENCIA NA CONDIÇÃO PADRÃO (W)	CORRENTE NO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (A)	PRODUÇÃO MEDIA MENSAL DE ENERGIA (kWh/mês)	EFICIENCIA ENERGETICA (%)	PESO (kg)	CLASSIFICAÇÃO
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL085P-17b 2/3	0,667	85	4,86	10,63	12,7	7,9	C
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL085P-17b 3/5	0,594	85	4,86	10,63	14,3	7,3	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL090P-17b 2/3	0,667	90	5,14	11,25	13,5	7,9	B
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL095P-17b 2/3	0,667	95	4,43	11,88	14,2	7,9	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL120P-17b	1,000	120	6,90	15,00	12,0	11,8	D
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL130P-17b	1,000	130	7,38	16,25	13,0	11,8	C
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL140P-17b	1,000	140	7,77	17,50	14,0	11,8	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL010P-17b 1/12	0,100	10	0,58	1,25	10,0	1,4	E
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL020P-17b 1/6	0,180	20	1,16	2,50	10,8	1,4	E
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL030P-17b 1/4	0,270	30	1,76	3,75	10,9	3,5	E
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL050P-17b 2/5	0,420	50	2,87	6,25	12,0	5,2	D
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL055P-17b 2/5	0,420	55	3,14	6,88	13,2	5,2	B
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL060P-17b 1/2	0,510	60	3,47	7,50	11,8	6,2	D

Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - MODULOS - Edição 07/12

YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL080P-17b 2/3	0,670	80	4,71	10,00	12,0	7,9	D
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL180P-23b	1,300	180	7,83	22,50	13,8	15,8	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL185P-23b	1,300	185	7,87	23,13	14,2	15,2	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL230P-29b	1,630	230	7,80	28,75	14,0	19,8	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL235P-29b	1,630	235	7,97	29,38	14,3	19,8	A

Valores de referencia medidos em laboratórios, conforme procedimentos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica

Nº Modelos **270**
Nº Marcas: **41**
A) SILICIO CRISTALINO (mono-Si ou multi-Si)

20/11/12

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	ÁREA EXTERNA (m2)	POTENCIA NA CONDIÇÃO PADRÃO (W)	CORRENTE NO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (A)	PRODUÇÃO MENSAL MENSAL DE ENERGIA (kWh/mês)	EFICIENCIA ENERGETICA (%)	PESO (kg)	CLASSIFICAÇÃO
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL240P-29b-PC	1,630	240	8,14	30,00	14,7	19,0	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL245P-29b-PC	1,630	245	8,11	30,63	15,0	19,1	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL270C-30b	1,630	270	8,68	33,75	16,5	19,1	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL275P-35b	1,950	275	7,75	34,38	14,1	26,8	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL280P-35b	1,950	280	7,89	35,00	14,3	26,8	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL285P-35b	1,950	285	8,02	35,63	14,6	26,8	A
YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL	YINGLI	YL290P-35b	1,950	290	8,10	36,25	14,8	26,8	A
YOMACAMA	CHN	CHN5-36M	0,060	5	0,29	0,63	8,3	0,8	E
YOMACAMA	CHN	CHN10-36M	0,100	10	0,57	1,25	10,0	1,2	E
YOMACAMA	CHN	CHN20-36M	0,190	20	1,16	2,50	10,5	2,0	E
YOMACAMA	CHN	CHN30-36M	0,230	30	1,64	3,75	13,0	3,0	C
YOMACAMA	CHN	CHN40-36M	0,330	40	2,22	5,00	12,1	4,4	C
YOMACAMA	CHN	CHN50-36M	0,330	50	2,75	6,25	15,2	4,4	A
YOMACAMA	CHN	CHN60-36M	0,650	60	3,49	7,50	9,2	7,8	E
YOMACAMA	CHN	CHN80-36M	0,650	80	4,55	10,00	12,3	7,8	C
YOMACAMA	CHN	CHN100-36M	0,710	100	5,49	12,50	14,1	7,8	A
YOMACAMA	CHN	CHN180-72M	1,280	180	4,90	22,50	14,1	15,5	A



Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - MODULOS - Edição 07/12

YOMACAMA	CHN	CHN230-96M	1,680	230	4,79	28,75	13,7	20,0	A
----------	-----	------------	-------	-----	------	-------	------	------	---

B) FILMES FINOS

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	ÁREA EXTERNA (m ²)	POTENCIA NA CONDIÇÃO PADRÃO (W)	CORRENTE NO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA (A)	PRODUÇÃO MENSAL MENSAL DE ENERGIA (kWh/mês)	EFICIENCIA ENERGETICA (%)	PESO (kg)	CLASSIFICAÇÃO
BOSCH	BOSCH	EU 1510	1,430	115	1,81	14,38	8,0	25,0	B
GEHRLICHER	UNI-SOLAR	PVL-69	1,123	68	4,13	8,50	6,1	3,9	D
GEHRLICHER	UNI-SOLAR	PVL-136	2,166	136	4,13	17,00	6,3	7,7	D
GEHRLICHER	UNI-SOLAR	PVL-144	2,166	144	4,36	18,00	6,6	7,7	C
DU PONT DO BRASIL	APOLLO	DA 100 A5	1,560	100	1,34	12,50	6,4	20,0	D
DU PONT DO BRASIL	APOLLO	DA 100 B1	1,540	100	1,36	12,50	6,5	30,0	D
DU PONT DO BRASIL	APOLLO	DA121-C1	1,570	121	0,99	15,13	7,7	20,0	B
DU PONT DO BRASIL	APOLLO	DA142-C1	1,560	142	1,17	17,75	9,1	20,0	B
SAINT GOBAIN	AVANCIS	POWERMAX 120	1,090	120	2,68	15,00	10,9	19,6	A

Valores de referencia medidos em laboratórios, conforme procedimentos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica

ANEXO B
INVERSORES CERTIFICADOS PELO INMENTRO



Tabelas de Consumo / Eficiência Energética - Componentes Fotovoltaicos - INVERSORES - Edição 06/11

Nº Modelos: 22

Nº Marcas: 6

22/8/2011

FABRICANTE	MARCA	FAMÍLIA / MODELO	POTÊNCIA NOMINAL (W)	TENSÃO DE OPERAÇÃO CC (ENTRADA) (V)	TENSÃO DE OPERAÇÃO CA (SAÍDA) (V)	CORRENTE NOMINAL (A)	CORRENTE DE PICO (A)	DIMENSÕES (mm)
UNITRON	XANTREX	PROSINE 1000i	1000	24	230	4,35	11,0	115 x 280 x 390
UNITRON	XANTREX	PROSINE 1800i	1800	24	230	7,83	20,0	115 x 280 x 390
UNITRON	XANTREX	PROSINE 1000	1000	24	120	8,33	25,0	115 x 280 x 390
UNITRON	XANTREX	PROSINE 1800	1800	24	120	15,00	45,0	115 x 280 x 390
UNITRON	UNITRON	300 SP-12-127	300	12	127	2,36	3,6	62 x 120 x 285
UNITRON	UNITRON	300 SP-12-220	300	12	220	1,36	2,1	62 x 120 x 285
UNITRON	UNITRON	500 SP-12-127	500	12	127	3,94	6,3	76 x 184 x 312
UNITRON	UNITRON	500 SP-12-220	500	12	220	2,27	3,6	77 x 184 x 312
UNITRON	UNITRON	600SP-12-127	600	12	127	4,72	7,1	76 x 184 x 312
UNITRON	UNITRON	600SP-12-220	600	12	220	2,73	4,1	76 x 184 x 312
UNITRON	UNITRON	600SP-24-127	600	24	127	4,72	7,1	76 x 184 x 312
ORBE BRASIL	ORBE	ICS-300-012-127-1G03	300	12	127	2,36	3,5	167,4 x 221,8 x 90
ORBE BRASIL	ORBE	ICS-300-012-220-1G04	300	12	220	1,36	2,0	167,4 x 221,8 x 90
ORBE BRASIL	ORBE	ICS-500-012-127-1G02	500	12	127	3,94	4,7	167,4 x 241,8 x 95
ORBE BRASIL	ORBE	ICS-500-012-220-1G02	500	12	220	2,27	2,7	167,4 x 241,8 x 95
ORBE BRASIL	ORBE	ICS-350-012-127-1G01	350	12	127	2,76	4,1	167,4 x 221,8 x 90
ORBE BRASIL	ORBE	ICS-500-024-127-1G02	500	24	127	3,94	5,9	242 x 194 x 97
KYOCERA	MORNINGSTAR	SureSine300-SI300-127V-B	250	12	127	1,97	4,6	213 x 152 x 105
KYOCERA	MORNINGSTAR	SureSine300-SI300-220V-B	250	12	220	1,14	2,6	213 x 152 x 105
PRESERVA	STUDER	AJ251-12	250	12	115	2,17	3,3	142 x 240 x 84
PRESERVA	STUDER	AJ501-12	500	12	120	4,17	6,3	142 x 428 x 84
ZIGOR DO BRASIL	ZIGOR	JUPITER 12 V 1000 BR	1000	12	120	8,30	12,5	383 x 182 x 88

Valores de referencia medidos em laboratórios, conforme procedimentos estabelecidos no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica