



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS,
AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

RODRIGO ANTUNES DE ALMEIDA

**ENERGIA SOLAR: O APROVEITAMENTO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA
PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE NO BRASIL**

SÃO FRANCISCO DO CONDE

2018

RODRIGO ANTUNES DE ALMEIDA

**ENERGIA SOLAR: O APROVEITAMENTO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA
PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE NO BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídrico, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientador: Prof. Cícero de Souza Lima.

SÃO FRANCISCO DO CONDE

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da Unilab
Catalogação de Publicação na Fonte

A45e

Almeida, Rodrigo Antunes de.

Energia solar : o aproveitamento da radiação solar para produção de eletricidade no Brasil / Rodrigo Antunes de Almeida. - 2018.

39 f. : il. color.

Monografia (especialização) - Instituto de Educação a Distância, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Cícero de Souza Lima.

1. Energia - Fontes alternativas - Brasil. 2. Energia solar - Brasil. 3. Geração de energia fotovoltaica - Brasil. 4. Investimento em energia limpa - Brasil. I. Título.

BA/UF/BSCM

CDD 621.47081

RODRIGO ANTUNES DE ALMEIDA

**ENERGIA SOLAR: O APROVEITAMENTO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA
PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE NO BRASIL**

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: 10/11/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cícero de Souza Lima (Orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof.^a Me.^a Malena Gomes Martins

Associação WorIFund Brasil, STEM, Brasil

Prof. Francisco Alberto Saraiva

Secretaria de Educação Básica, EEM Ana Bezerra de Sá

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus,
À minha mãe e irmã, ao meu pai,
Aos meus amigos, sempre presentes,
Aos meus professores da graduação,
Aos colegas de trabalho, os quais sempre tiveram boa vontade em ajudar.
Muito obrigado!

RESUMO

Esta monografia apresenta uma reflexão sobre o grande potencial brasileiro para a produção de energia elétrica através da energia solar (sistema fotovoltaico), fonte a qual é de extrema abundância no território brasileiro. Comparado à países com menores índices de radiação solar, o Brasil ainda não conseguiu expandir significadamente a exploração desta fonte de energia limpa. A Alemanha, por exemplo, apresenta um índice de radiação menor que o da região sul brasileira e tem menor espaço territorial quando comparado com o nordeste brasileiro, onde ocorre um dos maiores índices de radiação solar no mundo. Hoje a Alemanha é o maior produtor de energia solar do mundo. As vantagens desta fonte de energia para um suporte ao sistema elétrico brasileiro são notáveis. O que limita o crescimento dessa fonte energética no país é o alto custo comparada com outras fontes de energia renovável existentes e a falta de incentivo direto do governo para o seu desenvolvimento. Com o crescimento da indústria fotovoltaica além de melhorar a matriz energética brasileira, ajudaria a economia do país gerando vários empregos de forma direta e indireta. A energia solar produzida pelo sistema fotovoltaico é uma fonte de energia que contém baixo ou nenhum impacto ambiental e de fonte inesgotável.

Palavras-chave: Energia - Fontes alternativas - Brasil. Energia solar - Brasil. Geração de energia fotovoltaica - Brasil. Investimento em energia limpa - Brasil.

ABSTRACT

This monograph presents the great Brazilian potential to produce electricity from solar energy (photovoltaic system) source which is extremely abundant in Brazil and that the lowest rate of solar radiation in Brazil is equal to the largest energy producer electricity through solar power with photovoltaic system in Germany. The German territory has an index lower than that of the south and smaller territorial space when compared to the northeast, which is one of the highest solar radiation in the world region radiation. It also demonstrates the advantages of this source of energy for a support to the Brazilian electric system which is greatly affected during periods of prolonged drought, because their main source of hydroelectric power are even having a diversified energy matrix. What still does not influence the growth of this energy source in the country is the high cost compared to other existing sources of renewable energy and the lack of direct government incentives for the development of this energy source. With the growth of the photovoltaic industry in addition to improving the Brazilian energy matrix, helps the economy by generating multiple jobs directly and indirectly. The solar energy produced by the photovoltaic system is an energy source that contains low or no environmental impact and inexhaustible source.

Keywords: Energy - Alternative sources - Brazil. Generation of photovoltaic energy - Brazil. Investment in clean energy - Brazil. Solar energy - Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Matriz de produção de energia elétrica – Out/2013	16
Figura 2	Consumo de energia elétrica em 12 meses	17
Figura 3	Composição do espectro da radiação solar	19
Figura 4	Tabela de escolha do ângulo de inclinação do módulo	22
Figura 5	Célula fotovoltaica	23
Figura 6	Componentes dos sistemas de geração fotovoltaicos	24
Figura 7	Componentes do painel fotovoltaico	26
Figura 8	Tecnologia tipo filme	26
Figura 9	Concentrador fotovoltaico	27
Figura 10	Evolução do preço de sistemas fotovoltaicos	28
Figura 11	Evolução de preço de painéis fotovoltaicos em 2011	29
Figura 12	Capacidade solar fotovoltaica global de 10 países em 2012	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C. - antes de Cristo

ABMM - Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

ANEEL - Agência Nacional de Energia

ANP - Agência Nacional do Petróleo

BEN - Balanço Energético Nacional

BP - Bristish Petroleum

CA - corrente alternada

CC - corrente contínua

Cesp - Companhia Energética de São Paulo

Chesf - Companhia Hidroelétrica do São Francisco

CNTP - Condições Normais de Temperatura e Pressão cm^2 - centímetro quadrados

CO_2 - dióxido de carbono

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

EVA - Etileno Acetato de Vinila

FV - fotovoltaico

GA - gás associado

GNA - gás não associado

Gw - gigawatts

GWh - gigawatts-hora

ICMS - Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviço

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

IMPA - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

kW/m^2 - quilowatts por metro quadrado kv - quilo volts kw - quilowatts

kwh/m^2 - quilowatts-hora por metro quadrado

$\text{KWh/m}^2/\text{ano}$ - quilowatts por metro quadrado por ano

KW/h/kg - quilowatts por hora por quilograma

Kw_p - quilowatts de potência

m^3/dia - metro cúbico por dia

MMm^3/dia - milhões de metros cúbicos por dia mW – megawatts

MWh - megawatts-hora

Mtep - milhões de toneladas equivalente de petróleo

NASA - National Aeronautics and Space Administration

ONS - Operador nacional do sistema elétrico

OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo

PCH - Pequenas centrais hidroelétricas;

Proácool - Programa Nacional do Álcool;

SFCR - Sistema Fotovoltaico Conectados a Rede;

SFI - Sistema Fotovoltaico Isolado

W- watts

W/h - watts por hora

W/m² - watts por metro quadrado

W/m²/(dia, mês ou ano) – watts por metro quadrado por (dia, mês ou ano)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
2	DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	15
2.1	MATRIZ ENERGÉTICA	15
2.2	MATRIZ ENERGÉTICA ELÉTRICA BRASILEIRA	16
2.3	ENERGIA SOLAR	18
2.3.1	Funcionamento da célula fotovoltaica	22
2.3.2	Baterias	25
2.3.3	Tipos de tecnologias Fotovoltaicas (Painel, Filme e Concentrador Solar)	26
2.3.4	Custos	28
2.3.5	Potencial	29
2.3.6	Situação atual do Sistema Fotovoltaico no Brasil	31
2.4	PROBLEMAS NO SETOR	32
2.4.1	Linhas de transmissão no Brasil	32
3	METODOLOGIA	33
4	RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento na produção industrial e agrícola, cidades cada vez maiores e a crescente utilização de aparelhos eletrônicos, o que proporciona a necessidade crescente de energia para atender esta demanda. Países vêm pesquisando formas de suprir esta possível falta de energia e substituir as que são de origens poluentes por uma energia a qual seja obtida de forma mais limpa, ou seja, livre de poluentes de forma sustentável e economicamente viável para a situação atualmente encontrada.

Em busca de uma melhoria para a matriz energética, cada país está procurando a melhor forma possível de aproveitar os recursos naturais e minimizando o impacto ambiental para a produção de uma energia limpa utilizando a força hidráulica, força dos ventos e a radiação solar, sendo essas umas das principais energias renováveis utilizadas no mundo atualmente.

De acordo com os dados retirados do Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro de outubro de 2013, o Brasil tem como sua principal fonte de energia para o setor elétrico as hidroelétricas, de toda a energia elétrica produzida no país 76% são produzidas pelas hidroelétricas, 22,5 % através das térmicas e 1,5% através das energias renováveis com eólica e solar sendo esta última menor de 0,01% de participação na matriz de produção de energia elétrica em 2013.

Sendo as hidroelétricas o principal mecanismo para a produção de energia elétrica do Brasil, o país fica a mercê das chuvas em localidades favoráveis para encher as represas ou barragem proporcionadas pela construção das usinas hidroelétricas. Ocorrendo a falta de chuvas em regiões estratégicas para que estas barragens encham, a produção de energia diminui devido ao baixo nível dos reservatórios, que posteriormente aumenta a quantidade de usinas termoelétricas acionadas para preencher a demanda da energia elétrica as quais influênciam no aumento da tarifa de energia por ser uma forma de produção com maior custo, cerca de 8 vezes mais cara do que as hidroelétricas, sem contar na emissão de poluentes para atmosfera após a queima do combustível utilizado.

Segundo dados do IPEA, entre o ano de 2013 até o primeiro trimestre de 2014 a estiagem prolongada em algumas localidades, fez com que os principais reservatórios do país chegassem a um ponto crítico. Houve quedas significativas no volume de água, fazendo com que as geradoras de energia gastassem mais para atender as distribuidoras de energia.

No entanto, o alto custo da energia não é passado para o consumidor devido às concessões de geração que são contratos formulados através da Lei 12.783 a qual relata sobre a redução de encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária (tarifa acessível para todo cidadão) fazendo com que o aumento na taxa de energia fique sempre baixo para o consumidor final, porém para que essa taxa não aumente muito o governo repassa quantias dos cofres do tesouro nacional para amortecer o prejuízo tomado pelas distribuidoras que compram energia mais cara e repassa mais barata para o consumidor nas épocas de estiagem, que de acordo com dados retirados da revista Brasil Energia (2014), o custo desta produção já chega a R\$ 25 bilhões dos quais R\$ 10 bilhões saíram dos cofres do tesouro nacional após a criação da lei em 12 de setembro de 2012, mas não demora muito estes aumentos ser repassado para o consumidor final.

O mercado regulado é um mercado que vende energia elétrica com tarifas razoáveis por causa dos contratos feitos nas concessões de geração de energia os quais governo federal realiza a contratação da energia com o preço mais acessível com as geradoras e faz o leilão para as distribuidoras, denominados de leilões do governo, já no mercado livre as empresas disponibilizam o que tem para venda e estipula seu preço desde que não ultrapasse o teto máximo que é de R\$ 822/MWh, segundo dados do Ministério da Energia.

1.1 JUSTIFICATIVA

A tendência da matriz energética mundial é a diversidade das energias renováveis para a geração de energia elétrica entre elas a energia hídrica, biomassa, geotérmica, e as intermitentes (eólica, térmica solar e fotovoltaicas). Pesquisas por novas tecnologias as quais viabilizem a adesão de fontes renováveis e causem menos impactos ambientais como, por exemplo, a energia solar fonte limpa e renovável é a qual vem adquirindo maior evidência no mercado energético mundial com as tecnologias fototérmicas e fotovoltaicas.

Segundo dados do EPE, o Brasil hoje só utiliza 0,05% do seu potencial energético solar, a falta de aproveitamento dessa energia em larga escala no Brasil como, por exemplo, através de usinas solares fotovoltaicas decorrem pela falta de incentivo fiscal do governo federal e o alto custo do equipamento fotovoltaico. O que

o torna menos competitivo com outras fontes de energia limpa já implantada no país como exemplo delas a energia eólica e hidroelétrica atualmente.

Através desta pesquisa bibliográfica sobre energia solar será demonstrado o grande potencial brasileiro para a geração de energia elétrica através do sol e a utilização de tecnologias para a produção de energia elétrica através do sol dando um suporte ao sistema elétrico brasileiro assim diminuindo a sobrecarga das usinas hidroelétricas no período da manhã e que leva a um elevado nível de água nos reservatórios por mais tempo em período de estiagem e os problemas que causam a falta de crescimento desta forma de produção de energia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Demonstrar o potencial energético que o Brasil tem para a geração de energia elétrica através da energia solar (tecnologia fotovoltaico), com a utilização de mapa de radiação e comparar com países de menor radiação e maior capacidade aproveitada.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar o potencial da energia solar no Brasil;
- Mostrar a vantagem da tecnologia fotovoltaica para o sistema elétrico brasileiro e para o desenvolvimento econômico do país;
 - Apresentar problemas que ainda afetam a não inserção desta matriz energética no Brasil.

2 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

2.1 MATRIZ ENERGÉTICA

Segundo Bandeira (2012), o conceito de matriz é originado da matemática e refere-se basicamente a uma tabela formada por um número determinado de linhas e de colunas. Como é usual listar as fontes de energia de um país ou de uma região e as quantidades de energia disponível por fontes, por ano, ou por mês, em tabelas, os técnicos do setor de energia, a maioria com formação em engenharia e grande vivência na realização de cálculos matemáticos empregando matrizes, passaram a denominar as tabelas que representam a oferta de energia de um país como a matriz energética daquele país.

De acordo com Reis; et. al. (2005), a matriz energética procura representar, ao longo do tempo, quantitativa e ordenadamente, todas as relações entre os energéticos com sua cadeia energética, desde a utilização dos recursos naturais até os usos finais da energia.

As matrizes energéticas podem ser classificadas por energias renováveis e não renováveis.

As fontes renováveis de energia são aquelas consideradas inesgotáveis para os padrões humanos de utilização. Podemos utilizá-las continuamente e nunca se acabam, pois sempre se renovam. Alguns exemplos são as energias solar, aproveitada diretamente para aquecimento ou geração de eletricidade, hidroelétrica, eólica, oceânica, geotérmica e da biomassa (VILLALVA e GAZOLI, 2012, p. 16).

Segundo o mesmo livro, as fontes de energia não renováveis são baseadas em combustíveis fósseis ou outros recursos minerais que vão se esgotando com o uso, os exemplos mais conhecidos de fontes não renováveis são o petróleo, o carvão mineral, o gás natural e o urânio e são causadoras de diversos danos ambientais, dentre os quais a emissão de poluentes através da queima.

De acordo com Lopez (2012), a diversificação da matriz energética, contemplando o uso das demais energias renováveis, é uma estratégia de alto valor no cenário de desenvolvimento projetado.

A economia de qualquer região não pode se desenvolver completamente se não possuir fonte de energia garantida e de custo aceitável. A energia elétrica é a porta de acesso aos serviços essenciais e ao aumento da qualidade de vida (LOPEZ, 2012 p.15, 16).

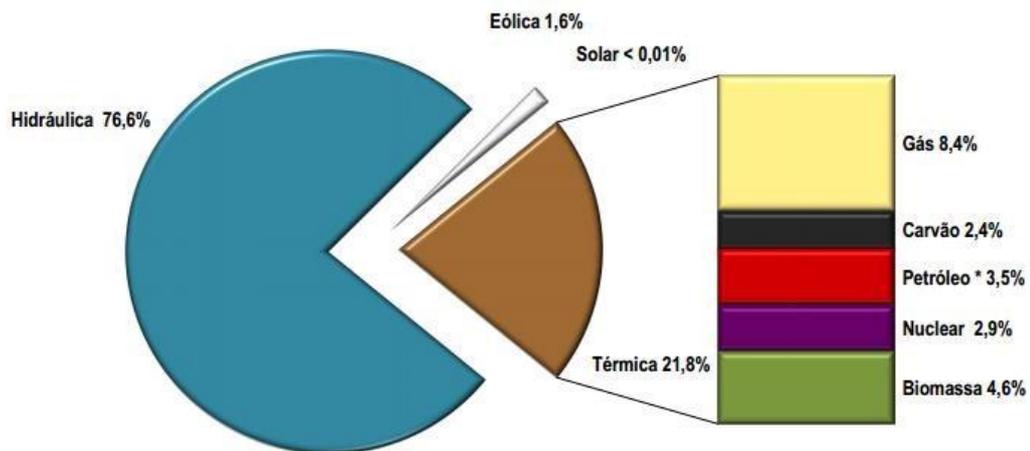
A energia, é mais que um fator produtivo, é também insumo básico para um progresso de maior igualdade social e desenvolvimento humano.

Fica claro que a matriz energética é oferta de energia, produzida por fontes renováveis ou não renováveis de um país ou região as quais contribuem para o desenvolvimento econômico, qualidade de vida e a construção de um modelo sustentável de desenvolvimento, a qual é uma ferramenta fundamental para elaboração de estratégias para produção e o consumo em cenários futuros.

2.2 MATRIZ ENERGÉTICA ELÉTRICA BRASILEIRA

Fontes de energia que compõe a matriz elétrica brasileira são: hidráulica, eólica, solar e térmica (biomassa, carvão, gás natural, nuclear, petróleo e derivados). A matriz energética elétrica brasileira é uma das mais limpas do mundo, como mostra o gráfico abaixo com mais de 80% de produção de energia elétrica é através das fontes renováveis.

Figura 1 - Matriz de produção de energia elétrica – Out/2013



Fonte: Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – novembro de 2013.

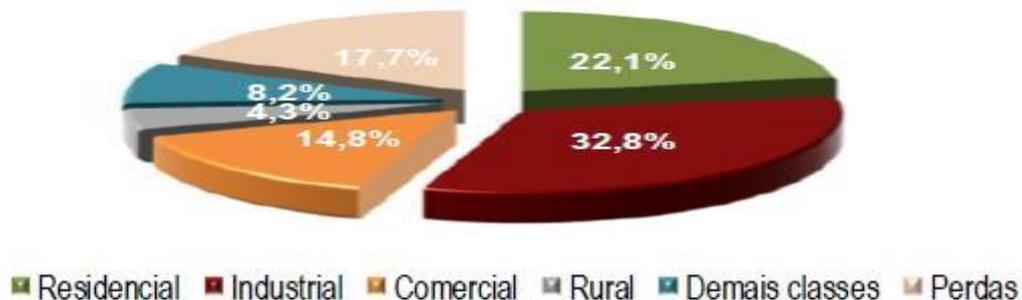
O Brasil apresenta uma predominância de energias renováveis para a geração de energia elétrica das quais a hidráulica corresponde em 76%, segundo dados retirados do Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro de novembro de

2013 a produção acumulada de energia elétrica no Brasil no período de novembro de 2012 a outubro de 2013 atingiu 535.508 GWh (Gigawatts-hora), mas o consumo de energia ficou entorno de 559.579 GWh, o qual foi influenciado pelo aumento da demanda de energia nos setores residencial, industrial, comercial, rural e demais classes (Poder Público, iluminação pública, serviço público, e consumo das próprias distribuidoras e perdas).

Esta característica da forte presença de fontes renováveis na matriz energética, bastante particular do Brasil, resulta do grande desenvolvimento do parque gerador de energia hidroelétrica desde a década de 1950 e de políticas públicas adotadas após a segunda crise do petróleo, ocorrida em 1979, visando a redução do consumo de combustíveis oriundos desta fonte e dos custos correspondentes à sua importação, na época responsáveis por quase 50% das importações totais do país (BEN, *apud* GEHLING, 2007, p.20).

Como mostra a figura 2, a diferença de 4,3% entre a oferta e demanda de energia é suprida pelas importações de fontes de energia renováveis ou não renováveis.

Figura 2 - Consumo de energia elétrica em 12 meses



Fonte: Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – novembro de 2013.

O gráfico acima mostra o consumo de energia em doze meses e de acordo com os dados do Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro (2013), mesmo com a maior taxa de consumo de energia elétrica as indústrias aumentaram o seu consumo de novembro de 2012 a outubro de 2013 em 1,3% quando comparado ao mesmo período anterior, com destaque no aumento do consumo de energia elétrica veio o residencial com 6,7%, comercial com 6,5% e o rural com 5,7% em relação ao mesmo período anterior.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) afirma que só as hidrelétricas fornecem cerca de 76% da eletricidade consumida no país, mas a nossa capacidade atual não atende a demanda necessária para o crescimento econômico do país. (BEN *apud* CASTRO, 2013, p. 13, 14).

A diversificação da matriz energética brasileira para a produção de eletricidade é de fundamental importância para o crescimento econômico do país, porque aumenta a sua oferta de energia. Por isso o aproveitamento da energia solar em larga escala através do sistema fotovoltaico ou fototérmico é e será de grande importância para a matriz energética brasileira, por ser uma fonte de energia limpa e em abundância no Brasil.

2.3 ENERGIA SOLAR

Esta fonte de energia é proveniente do Sol, sendo a principal fonte de energia do nosso planeta. A quantidade de energia solar recebida na superfície terrestre anualmente é suficiente para suprir as necessidades mundiais em várias vezes durante o mesmo período.

A energia solar incidente sobre a Terra a cada dia é equivalente a toda a energia consumida no mundo por 27 anos e a quantidade de radiação solar sobre a Terra a cada período de três dias é equivalente a energia armazenada em todas as fontes conhecidas de energia fóssil (petróleo, gás natural, carvão) (LOPEZ, 2012 p. 26).

A energia solar tem participação na formação de quase todas as fontes de energia renováveis e não renováveis. Para melhor ressaltar essa idéia recorreremos a Villalva e Gazoli que afirmam:

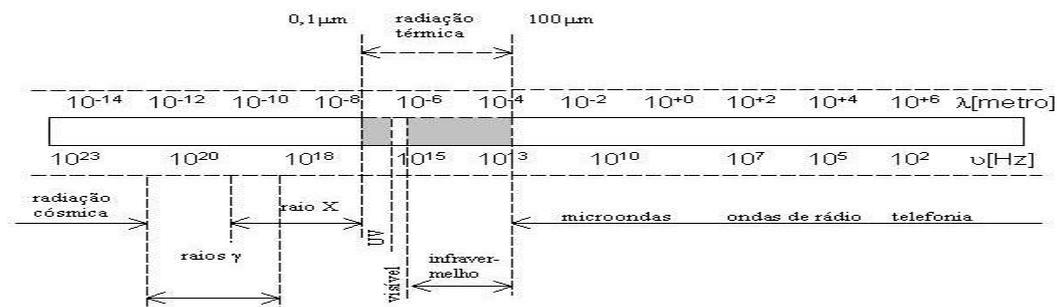
A energia da biomassa, ou da matéria orgânica, tem origem na energia captada do sol através da fotossíntese, que é a conversão da energia da luz solar em energia química. A energia da água dos rios, usada para mover turbinas de usinas hidroelétricas, tem origem na evaporação, nas chuvas e nos degelos provocados pelo calor do Sol. A energia dos ventos tem origem nas diferenças de temperatura e pressão atmosférica ocasionadas pelo aquecimento solar. Os combustíveis fósseis como carvão, o gás natural e o petróleo também têm origem na energia solar, pois são resultados da decomposição da matéria orgânica produzida há muitos milhões de anos (VILLALVA e GAZOLI, 2012,p 15).

O Sol transmite sua energia através de ondas eletromagnéticas a qual é denominada de radiação eletromagnética, esta energia solar pode ser captada na forma de calor ou energia elétrica, como pode ser compreendido pelo autor a seguir.

Chama-se de espectro de radiação solar o conjunto de todas as frequências de ondas eletromagnéticas emitidas pelo sol. De todo o espectro de radiação, incluindo as ondas visíveis ao olho humano e as não visíveis, transportam energia que pode ser captada na forma de calor ou energia elétrica (VILLALVA e GAZOLI, 2012, p. 40).

A radiação emitida pelo Sol é composta pela sua maior parte de radiação invisível e o espectro de radiação de maior interesse para a produção de energia elétrica ou térmica esta entre a radiação ultravioleta e a infravermelho. Abaixo uma figura que mostra a composição do espectro da radiação solar.

Figura 3 - Composição do espectro da radiação solar



Fonte: Passos (2011).

A radiação térmica é usualmente representada pela faixa do espectro compreendida entre 0,1 a 100 μm . Essa faixa compreende a radiação infravermelha, a luz visível e ultravioleta (MENDES, *apud* PASSOS, 2011, p. 9).

Segundo Villalva e Gazoli (2012), a energia captada na forma de calor é a conversão da energia eletromagnética em energia térmica pelos corpos e materiais que recebem sua radiação, ou seja, esta energia eletromagnética é convertida em energia cinética (energia de movimentação de um corpo) a partir do momento que a radiação atinge um corpo a qual é transmitida para as moléculas e átomos que compõem esse corpo, quanto maior o estado da agitação das moléculas ou átomos, maior é a temperatura do corpo. Implica que sua temperatura vai depender do índice da radiação solar de maior ou de menor intensidade.

Já a energia captada na forma de energia elétrica, as ondas eletromagnéticas ao atingir certos materiais, em vez de transmitir calor, podem originar tensões e correntes elétricas como, por exemplo, o efeito fotovoltaico.

Ainda de acordo com Villalva e Gazoli (2012), o efeito fotovoltaico consiste na transformação da radiação eletromagnética do Sol em energia elétrica através da criação de uma diferença de potencial, ou uma tensão elétrica, sobre uma célula formada por um sanduíche de matérias semicondutores. Se houver um caminho elétrico entre os dois eletrodos surgirá uma corrente elétrica.

A radiação solar sofre alterações ao passar pela atmosfera terrestre durante seu percurso ao solo, essas mudanças são causadas pelas reflexões, dispersões e absorções as quais vai depender da composição da camada atmosférica, vapor de água, poeira, camada de ar, nuvens e o dióxido de carbono da atmosfera que absorve a luz e com isso existindo três tipos de radiação de encontro ao solo, radiação direta, radiação difusa e refletida.

A radiação direta é a que não sofre mudança de direção além da provocada pela refração atmosférica. A radiação difusa é aquela recebida por um corpo, após a direção dos raios solares ter sido modificada por reflexão na atmosfera. A radiação refletida depende das características do solo e da posição do elemento receptor (LOPEZ; 2012 p. 22).

A radiação solar pode ser medida por diversos instrumentos entre eles o piranômetro que mede a radiação solar em todas as direções e o piroheliômetro que contém um dispositivo que acompanha o Sol e mede a radiação direta. Segundo Lopes (2012), Villalva e Gazoli (2012), a irradiação solar sobre a Terra é em média 1.367 W/m^2 , porém a irradiação que chega ao solo terrestre é em torno de 1 kW/m^2 .

Ainda assim, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial (CRESESB, *apud* PASSOS 2011, p. 10). De acordo com Lopez (2012), a quantidade de energia incidente sobre uma superfície plana de um metro quadrado, no período de um dia, é em torno de $0,2 \text{ kWh/m}^2$.

Mas esta quantidade de energia média de radiação solar não é igual em todo o planeta, ela foi constatada nos países do hemisfério norte, principalmente na Europa e nos Estados Unidos os quais foram os primeiros a desenvolver a tecnologia para a produção de energia elétrica através da energia solar e com isso as primeiras medições de radiação solar. Esta medida da radiação solar leva em conta a espessura

da camada de ar a qual a radiação vai atravessar e as localidades com menor espessura estão localizadas entre os Trópico de Câncer e Trópico de Capricórnio, quanto mais se aproximar da Linha do Equador menor a camada de ar.

Villalva e Gazoli (2012), consideram que irradiação é a medida de potência por metro quadrado, ou seja, uma grandeza para quantificar a radiação solar W/m^2 (watt por metro quadrado) e quando a energia solar incide sobre uma determinada área de superfície plana ao longo de um determinado intervalo de tempo é denominado de insolação, expressa em Wh/m^2 (dia, mês ou ano). A principal radiação incidente em uma área estudada para o aproveitamento da energia solar é a radiação direta, quanto maior melhor.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar de 2006, a região do nordeste brasileiro é a que apresentou menor variabilidade inter-anual na irradiação solar (entre 5,7 e 6,1 kWh/m^2), em seguida pela região norte do país (entre 5,2 e 5,8 kWh/m^2) e com a maior variabilidade inter-anual na região sul (entre 4,6 e 6,0 kWh/m^2).

A eficiência para a obtenção de maior radiação solar pelas tecnologias para o aproveitamento solar vai depender do ângulo de inclinação do aparelho ou material em relação ao Sol, quando esta tecnologia não tiver o dispositivo de rastreamento automático da posição do Sol vai precisar de uma série de tarefas para maximizar a captação da energia solar. A primeira dessas tarefas é direcionar o material ou aparelho em localidades que estão abaixo da Linha do Equador para o norte geográfico e em localidades que estão acima, para o sul geográfico. O norte geográfico é descoberto através da bússola, mas a agulha da bússola não aponta o norte real, para maior entendimento recorremos a Villalva e Gazoli.

A agulha da bússola sempre fica alinhada no sentido das linhas do campo magnético da terra. Essas linhas distribuem-se pelo globo terrestre de maneira irregular, de modo que nem sempre a agulha aponta para o norte geográfico (VILLAVA e GAZOLI, 2012, p. 52).

Então para a descoberta do norte geográfico utiliza-se um ângulo de correção o qual é subtraído do ângulo norte apresentado pela bússola, este ângulo de correção é apresentado por um mapa de ângulos de correção para cada região. No Brasil este ângulo correção varia em torno de 5° a 22° . A segunda tarefa é a inclinação do material ou aparelho em relação ao solo para uma melhor média de aproveitamento da energia solar durante o ano todo, sendo possível determinar pela latitude geográfica de cada região. De acordo com Villalva e Gazoli (2012), existe uma regra para a escolha do

ângulo de instalação a partir da latitude geográfica de cada região ou cidade utilizada por muitos fabricantes a qual é apresentada na tabela abaixo.

Figura 4 - Tabela de escolha do ângulo de inclinação do módulo

Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: VILLALVA e GAZOLI (2012)

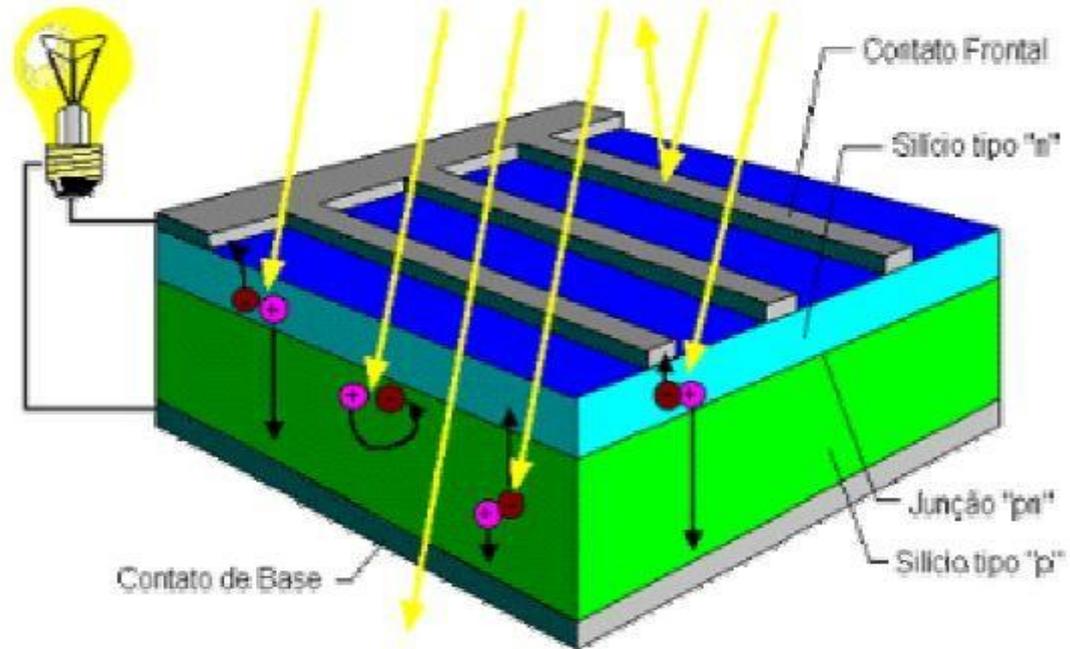
A utilização de sistema de rastreamento automático solar nos equipamentos para o aproveitamento da energia solar faz com que o sistema receba sempre os raios solares com o melhor ângulo de incidência possível ao longo do dia, porém esta tecnologia só se torna viável economicamente em projetos grandes como, por exemplo, em usinas solares.

2.3.1 Funcionamento da célula fotovoltaica

Segundo Lopes (2012), a transformação direta da luz ou radiação eletromagnética originada do Sol em energia elétrica ocorre quando esta radiação atinge uma célula composta de matérias semicondutores com composições específicas. A célula ou módulo possui pelo menos duas camadas de semicondutores denominadas de P e N, uma grade de coletores metálicos na parte superior a qual é um conjunto de finos condutores ligados a três condutores principais e uma base metálica na parte inferior.

De acordo com Villalva e Gazoli (2012), a célula fotovoltaica é basicamente a junção de dois semicondutores N e P, sendo que o semicondutor N é um material que apresenta um excedente de elétrons e o material P apresenta falta de elétrons, com esta junção ocorre uma migração de elétrons da camada N para a camada P criando um campo elétrico dentro de uma zona de depleção, também denominada de barreira de potencial.

Figura 5 - Célula fotovoltaica



Fonte: Nascimento (2004).

Esta barreira de potencial criada entre os dois semicondutores no momento de sua junção é quebrada pelos elétrons do material N quando a luz incide sobre estes aumentando sua quantidade de energia a ponto de romper esta barreira criando uma corrente elétrica. A corrente elétrica é produzida pela circulação de elétrons livres feita por um condutor elétrico formando um circuito entre duas camadas.

Por meio de um condutor externo, ligado a camada negativa à positiva, gera-se um fluxo de elétrons (corrente elétrica). Enquanto a luz incide na célula, manter-se á este fluxo. A intensidade da corrente elétrica gerada variará na mesma proporção conforme a intensidade da luz incidente (NASCIMENTO, 2004, p 15).

Os semicondutores N e P são produzidos através do processo de dopagem o qual é a introdução de impurezas em uma parte por milhões nos semicondutores utilizados nesse processo, no semicondutor N é a introdução de elemento químico os quais o caracterize um semicondutor positivo, já o semicondutor P é a introdução de elementos químicos os quais caracterize um semicondutor negativo.

De acordo com Análise de Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira de 2012, atualmente cerca de 90% dos painéis fotovoltaico produzidos no

mundo são compostos por células de silício monocristalino ou policristalino, sendo que as células de monocristalino são mais eficientes e caras comparadas com a de policristalino. As células monocristalino são adquiridas de um pedaço de silício derivado de um cristal uniforme e único, já o policristalino usa células que são cortadas de cristais de silício multifacetados os quais são um aglomerado de cristais.

O silício empregado na fabricação de células fotovoltaicas é extraído do mineral quartzo. O Brasil é um dos principais produtores mundiais desse minério, mas a purificação do silício não é feita em nosso país, assim como a fabricação de células (VILLALVA e GAZOLI, 2012, p. 69).

O silício utilizado para a produção de painéis fotovoltaicos necessita de um alto grau de pureza para melhor eficiência na conversão de energia solar para elétrica. Segundo a Análise de Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira de 2012, o Brasil possui um grande potencial para o estabelecimento de uma indústria de fotovoltaica. O primeiro fator é que uma das maiores reserva de quartzo de qualidade do mundo esta no território brasileiro e o segundo fator é que o país já trabalha com este mineral, porém para grau metalúrgico e não para grau solar. Na figura abaixo pode-se conferir os componentes básicos para geração de energia fotovoltaica em sistema residencial, isolado e central (usinas de grande porte).

Figura 6 - Componentes dos sistemas de geração fotovoltaicos



Fonte: Análise de Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira (2012).

2.3.2 Baterias

Existem várias baterias das quais as mais utilizadas são: as baterias de chumbo ácido, o ácido em forma líquida ou em gel e as baterias de níquel, sendo que esta segunda é mais cara e mais durável indicada para lugares de difíceis acessos e manutenção.

A bateria de chumbo ácido é classificada em automotiva e estacionária: a automotiva é adequada para aplicações que necessitem de corrente elétrica em um curto intervalo de tempo, já a estacionária é utilizada em situações que necessitem de corrente elétrica em um longo período de tempo. A vida útil da bateria vai depender de quantos ciclos irá fazer, ciclo é o período em que a carga da bateria foi utilizada e posteriormente recarregada como, por exemplo, a produção de energia em uma determinada área residencial através dos painéis fotovoltaicos produzindo energia a qual uma parte é armazenada na bateria durante o dia para sua utilização à noite.

Quanto maior a porcentagem de descarga realizada na bateria durante o ciclo de uso, menor será sua quantidade de ciclos e menor será sua vida útil, o que pode controlar sua vida útil é a instalação do controlador de carga assim determinado o quanto de carga deseja consumir da bateria, quando ela for acionada. O controlador de carga serve para não deixar a bateria sofrer descargas muito profundas e nem causar uma sobrecarga. A sobrecarga também afeta a vida útil da bateria.

De acordo com Villalva e Gazoli (2012), se a bateria de chumbo ácido eletrólito em (líquido ou gel) for descarregada acima de 80% de sua carga total, a quantidade de ciclos será reduzida drasticamente e o tempo de vida útil será muito pequena.

A taxa de descarga apropriada vai depender da bateria a ser utilizada, no caso da bateria de chumbo ácido eletrólito em (gel ou líquido) podem atingir até 50% ou 80%, porém possuem baterias as quais atingem taxas maiores de descarga sem perde sua capacidade de recarga e ainda suportam um maior número de ciclos, mas como foi citada acima são muito caras sendo viável a utilização em localidade de difícil acesso.

Para maior capacidade de armazenamento de energia, pode existir um banco de baterias instaladas em série ou em paralelo ou em série e paralelo, ou seja, várias baterias instaladas para uma maior armazenagem de energia elétrica, estas instalações vão depender da quantidade de energia a qual vai ser armazenada e pela

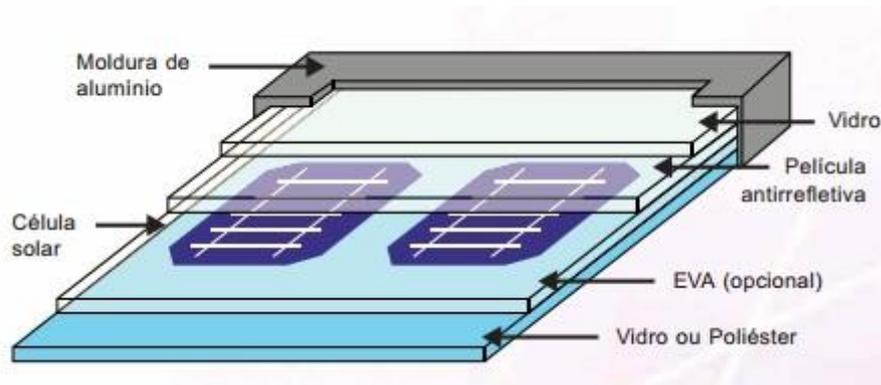
quantidade de horas que essas baterias podem continuar distribuindo energia elétrica, na falta da luz solar.

A utilização de baterias para o armazenamento de energia elétrica torna mais caro a utilização da tecnologia fotovoltaica e só é utilizada em sistemas isolados, onde não possui linhas de distribuição de energia.

2.3.3 Tipos de tecnologias Fotovoltaicas (Painel, Filme e Concentrador Solar)

A tecnologia que utiliza um painel ou modulo fotovoltaico é composta por cinco componentes básicos: moldura de alumínio, vidro, película anti-refletiva (para minimizar a luz refletida pelo vidro, que não pode ser aproveitada), célula solar, Etileno Acetato de Vinila (EVA) utilizada para proteção e vedação do sistema (opcional) e vidro ou poliéster. A figura abaixo mostra os lugares dos matérias citados.

Figura 7 - Componentes do painel fotovoltaico



Fonte: Revista Vidro Plano (2009)

Figura 8 - Tecnologia tipo filme



Fonte: Análise de Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira (2012).

A tecnologia tipo filme é outra tecnologia que utiliza como parte da sua composição o material silício, porém em pouca quantidade com forma de uma fina camada ou uma folha de silício amorfo (forma não cristalina do silício), outros semicondutores podem ser utilizados como, por exemplo, o telureto de cádmio (CdTe) e o disseleneto de cobre índio e gálio (Cu(In,Ga)Se₂), entretanto vai depender da viabilidade econômica e o impacto ambiental produzido pela produção destes filmes fino. O processo de fabricação do módulo fotovoltaico de filme é a deposição de camadas extremamente finas de material semicondutor em diversos tipos de materiais (vidros, plásticos e metais). Essa tecnologia é mais barata comparada com a tecnologia cristalina, por gastar menos energia e matéria prima para a produção dos módulos.

O módulo de filmes finos de silício amorfo, os mais utilizados, possui uma eficiência muito baixa em torno de 5 a 8%, comparada com a tecnologia silício cristalino e sua eficiência diminui drasticamente nos primeiros 12 meses de funcionamento por causa da degradação influenciada pela luz. A vantagem desta tecnologia é um melhor aproveitamento da luz solar em locais de baixa radiação, melhor absorção da radiação difusa e apresenta uma única célula por módulo, diferente da fotovoltaica que apresenta várias células por módulo a qual ocorrendo um sombreamento em uma única célula a produção de energia diminui.

Também existe a tecnologia concentrador fotovoltaico, tecnologia nova a qual utiliza espelhos parabólicos para concentração da à irradiação solar em uma área menor, área essa formada por células fotovoltaicas. Permitido assim uma menor quantidade de células e sua eficiência pode chegar a 25%.

Figura 9 - Concentrador fotovoltaico

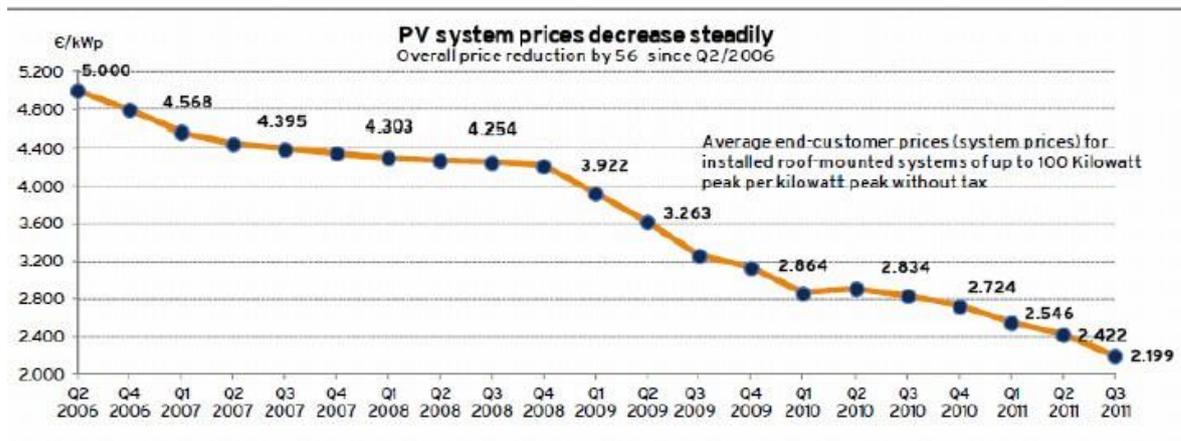


Fonte: Análise de Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira (2012).

2.3.4 Custos

Os preços do conjunto de geração fotovoltaica têm reduzido acentuadamente, onde os painéis solares correspondem a cerca de 60% do custo total dos sistemas, o inversor cerca de 10% e o restante é atribuído as estruturas mecânicas de sustentação, equipamentos elétricos auxiliares, cabos e conexões. E estima-se que após uma década os custos com os painéis corresponderão de 35 a 40%. Segundo a Análise de Inserção da Geração Solar na Matriz Energética Brasileira (2012), o preço dos sistemas fotovoltaicos instalados em telhados de até 100 kW_p na Alemanha, reduziu em agosto de 2011, como mostra a figura abaixo. Pais este que deu o pontapé inicial para os incentivos na utilização da tecnologia solar fotovoltaica.

Figura 10 - Evolução do preço de sistemas fotovoltaicos



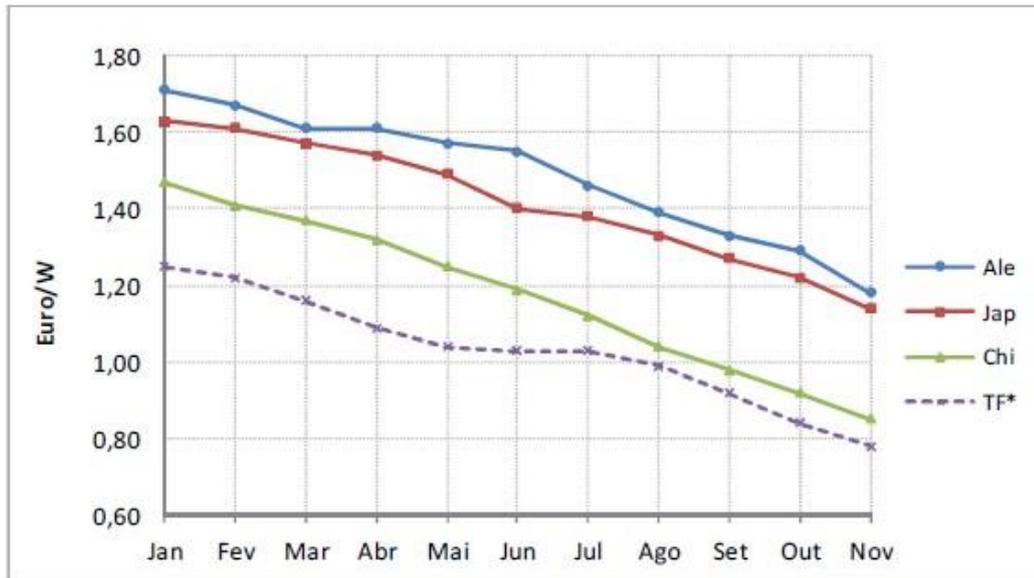
Fonte: Análise de Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira (2012).

O declínio no valor dos sistemas tem sido influenciado pelo forte crescimento na indústria fotovoltaica, como exemplo disso tem a China, que atualmente é a maior produtora de painéis fotovoltaicos, como afirma os autores a seguir:

Entretanto, a nação asiática, que hoje é a grande concorrente não só da Alemanha como também da União Européia, tem sido alvo de questionamentos e criticada por promover dumping neste mercado – venda de produto por preço abaixo do custo – e subsidiar a sua indústria, visando eliminar seus concorrentes neste segmento (GREENSAVERS, 2013). Tal fato tem favorecido um ambiente de disputas com inclusão de barreiras tarifárias no mercado internacional entre a Europa e a China (CABRAL; et. al., 2013, p.8).

A figura abaixo mostra a redução de preços de módulos de silício cristalino as vendas em atacado na Alemanha, China e Japão no período de janeiro a novembro de 2011 e que a tecnologia tipo filme também vem mostrando uma queda de preços.

Figura 11 - Evolução de preço de painéis fotovoltaicos em 2011



Fonte: Análise de Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira (2012).

Apesar de já investir a muito tempo na energia solar a Alemanha ainda não conseguiu atingir a paridade tarifária (igualdade tarifária), mas países que ainda não possui uma participação expressiva neste tipo de tecnologia, como é o caso do Brasil, devido ao elevado preço tecnológico, porém os avanços do setor criam boas estimativas.

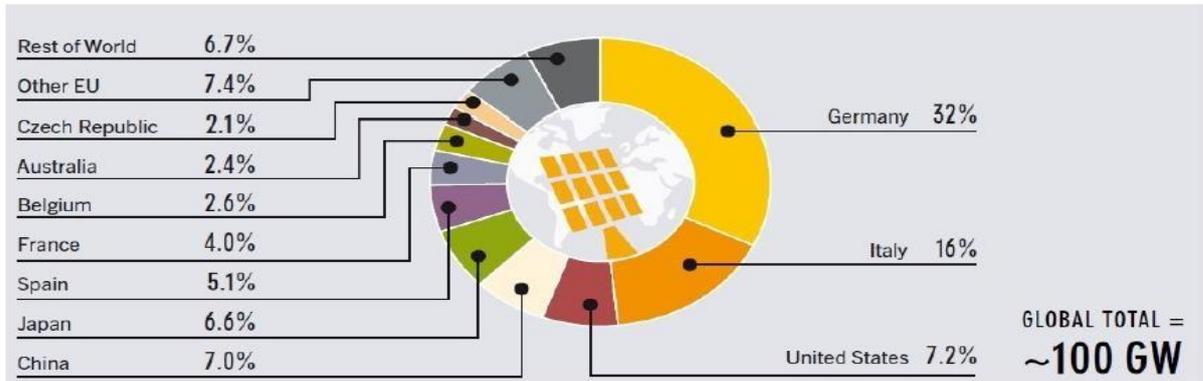
2.3.5 Potencial

O potencial brasileiro de radiação é uns dos melhores do mundo pode ser demonstrado na pesquisa e abaixo tem uma figura comparando o potencial brasileiro com o potencial alemão o qual é mais baixo do que a mínima radiação recebida pelo Brasil.

Porém mesmo com a radiação ou irradiação solar menor que a do Brasil, a Alemanha é o maior produtor de energia elétrica através da fonte solar com a tecnologia fotovoltaica e aplica o programa tarifa prêmio com sucesso. Com este incentivo o país aumentou muito sua capacidade de geração de energia solar através

das minigeração ou microgeradores e usinas solares de pequeno porte instalados nos telhados das casas, prédios e terrenos, a figura abaixo demonstra o ranking mundial de produção de energia elétrica através da tecnologia fotovoltaica.

Figura 12 - Capacidade solar Fotovoltaica global de 10 países em 2012



Fonte: CABRAL; et. al. (2013).

Segundo dados retirados da revista Brasil Energia em fevereiro de 2014, no Brasil, no estado de Pernambuco foi divulgado a instalação de seis usinas solares duas em torno de 5 MW_p e as outras quatro em torno de 23 a 30 MW_p totalizando cerca de 122 MW_p de potência, dando iniciativa para o crescimento do mercado solar no país totalizando um investimento inicial das empresas as quais assumiram os projetos de construção destas usinas em torno de 593 milhões de reais.

Mesmo com estas usinas instaladas e supondo que nenhum outro país vá investir mais em geração energia solar o Brasil nem entraria no ranking mundial de geração de energia elétrica através da tecnologia fotovoltaica.

Como ordem de grandeza do potencial energético solar pode-se estimar que o consumo do sistema interligado – SIN verificado em 2011 seria totalmente atendido com o recobrimento de uma área de 2.400km², pouco mais que a metade da área do município de Salvador-Ba, com painéis fotovoltaicos numa região com isolamento média da ordem de 1.400 kWh/m²/ano (BRASIL, 2012, p.21).

Segundo o Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico de dezembro de 2013, o consumo do sistema interligado de energia elétrica, foi em média 69 GW no ano de 2011. O sistema interligado consistiu na interligação das cinco regiões do Brasil e quando uma dessas regiões produz energia a mais que a necessária é lançado um comunicado para preservar os recursos das demais regiões que não conseguiram

atingir a meta de produção de energia, a figura abaixo mostra a demanda de energia no Sistema Interligado Nacional de 2011 a 2013.

2.3.6 Situação atual do Sistema Fotovoltaico no Brasil

A tecnologia fotovoltaica ainda não está segregada ao sistema elétrico brasileiro em larga escala por ser uma tecnologia de implementação mais onerosa. O governo federal não dar suporte fiscal e nem financeiro para o crescimento da indústria solar no país o qual crie o interesse do cliente em adquirir um equipamento deste e em até investir, para pequeno ou médio porte, já que em grande porte esta tecnologia ainda é inviável comparada com outras que funcionam até 24 horas por dia e são mais baratas, como exemplo as usinas hidroelétricas no Brasil.

Programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica (Proinfa), conforme descrito no Decreto nº5.025, de 2004, foi instituído com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidroelétricas (PCH) no Sistema Interligado Nacional (SIN).(BRASIL, 2014).

O Brasil comparado com outros países os quais já investem pesado no aproveitamento da energia solar para a produção de energia elétrica é um novato e só entre 2011 e 2012, órgãos responsáveis pela criação de normas técnicas e regulamentação criou e aprovou uma norma autorizando a microgeração e a minigeração de energia elétrica a partir das fontes renováveis e alternativas com os sistemas de geração distribuída conectados as redes elétrica de baixa tensão, assim abrindo espaço para o pequeno produtor de energia elétrica fotovoltaica e tornandom pouco viável a instalação dos painéis fotovoltaicos, ocorrendo à comercialização do excedente de energia produzido durante o dia a qual é mais utilizada pelos produtores no período noturno assim diminuindo o tempo de retorno financeiro o qual atualmente já é grande, como já foi citado acima.

O excedente gerado pela microusina é contabilizado e convertido em forma de credito na concessionária a qual é responsável pela distribuição de energia elétrica da região, mas em outros países estes produtores podem receber este crédito em dinheiro.

No Brasil, de acordo com a resolução da ANEEL nº 482/2012, o microprodutor de energia tem o prazo de 36 meses para utilizar os créditos gerados. Ao final deste período os créditos serão perdidos, sem remuneração pela energia produzida (VILLALVA e GAZOLI, 2012 p. 156).

A minigeração fotovoltaica é classificada para consumidores industriais e comerciais, é a instalação para supri parcialmente ou totalmente a necessidade energética desses consumidores ocorrendo também à economia na conta de luz e a imunidade contra a elevação do preço da energia elétrica.

No Brasil, no entanto, a maior parte da produção fotovoltaica conectada à rede elétrica está basicamente restrita aos laboratórios e centros de pesquisas, não tendo um maior número de aplicações devido à falta de políticas de incentivo ao uso desse recurso, já que a implementação da tecnologia se encontra tecnicamente bem difundida (FUSANO, 2013, p.11).

2.4 PROBLEMAS NO SETOR

2.4.1 Linhas de transmissão no Brasil

Segundo dados do Portal Brasil em 2013, o Brasil possuía uma rede de transmissão em torno de 107, 4 mil quilômetros de extensão, distância equivalente a mais de duas voltas e meia a circunferência na Terra a qual se explica pela dimensão territorial do país e pela forte presença das usinas hidroelétricas na matriz energética a quais ficam muito distantes do centro de consumo.

De acordo com a revista Brasil Energia de março de 2014, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), definiu um conjunto de procedimentos e medidas para os planos das concessionárias das cidades sedes da copa, que visava principalmente à qualidade no fornecimento de energia e a segurança deste setor, onde essas concessionárias tiveram que realizar 150 obras, entre reformas, modernização e construção de subestações, linhas de transmissão seccionadores de linha, conjunto de capacitores e disjuntores, a fim de garantir que não falte energia nas cidades sede durante o evento.

“Além de atender às necessidades da Copa, esses projetos são estruturantes para o sistema”, destaca Anderson Oliveira, diretor da área de Engenharia e Serviço da AES Eletropaulo (BRASIL ENERGIA, 2014, p. 30).

O secretário executivo do Ministério de Minas e Energia, Márcio Zimmermann, afirmou em entrevista ao Jornal Nacional:

Quando eu planejo uma linha de transmissão, eu planejo uma usina, já trabalho com todas as características técnicas das usinas que vão entrar, de forma que um grande sistema de transmissão, como o Brasil tem, permite que qualquer tipo de fonte entre. Um país continental que tem mais de cem mil quilômetros de linha de transmissão, isso na verdade é um sonho de países que são basicamente térmicos, como os Estados Unidos, por exemplo, eles sonham em ter grandes interligações que permitem um livre trânsito de energia e troca de energia entre regiões. Isso é uma otimização, na verdade, que nós temos no Brasil e que é muito bom” declarou Márcio Zimmermann, secretário executivo do Ministério de Minas e energia (TRIGUEIRO, 2014).

O maior problema que as linhas de transmissão podem causar a produção de energia elétrica fotovoltaica é a mesma que ocorreu com a energia eólica. Usinas de grande porte precisam de linhas de transmissão para transportar a energia gerada para o sistema elétrico ou para centros consumidores. O que ocorreu com o sistema eólico foi à construção dos parques eólicos no Brasil e termino dos mesmos, antes que as linhas de transmissão destes parques para o sistema elétrico ou os centros consumidores estivessem prontas.

Segundo a reportagem do Bom Dia Brasil de fevereiro de 2014, 48 parque eólicos não funcionam por falta de linhas de transmissão, que é de responsabilidade da Chesf e não da empresa que administra esses parques.

3 METODOLOGIA

Este estudo constitui-se de uma pesquisa que pode ser classificada como exploratória e descritiva. Pois dentro do caráter exploratório a pesquisa tem como objetivo obter uma maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou auxiliar na construção das hipóteses.

A pesquisa também pode ser descritiva uma vez que o objetivo da mesma é a descrição das características de um fenômeno, bem como estabelecer as devidas relações entre suas variáveis, segundo Gil, (2002, p. 41, 42).

Também se caracteriza como uma pesquisa bibliográfica, uma vez que os procedimentos técnicos de sua elaboração, são feitos a partir de levantamento de

material já publicado, como livros, revistas, artigos, bem como material disponibilizado na internet por centros de pesquisas, universidades, empresas etc.

Este trabalho tem a base de pesquisa bibliográfica e trata de assuntos como, a análise da matriz energética brasileira, e a análise do sistema de geração de energia fotovoltaica. Além de estudos relacionados ao clima e potencial de energia e radiação solar no território brasileiro, e estudos da viabilidade econômica. Onde também são identificadas as vantagens e desvantagens da utilização desta matriz energética.

4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescimento da indústria fotovoltaica no século XXI, a maior quantidade de painéis fotovoltaicos no mercado, fez com que o custo de geração de energia através da energia solar tornasse mais viável que outras fontes de energia no Brasil desde 2011. O país apresenta um vasto território áreas de recepção da radiação solar, possui também uma das maiores reservas da principal matéria prima para produção de painéis ou células fotovoltaicas e indústrias que trabalham com este mineral, porém para grau metalúrgico. Com a instalação das indústrias fotovoltaicas no Brasil ocorrerá à geração de empregos, um menor custo do painel e com isso um menor custo de geração de energia, maior oferta de energia elétrica e movimentação da economia do país.

Atualmente a energia solar apresenta um menor custo de geração de energia elétrica no Brasil comparando com outras fontes de energia existente como mostra a tabela abaixo, sem impostos, taxas de distribuição e transmissão de energia.

Com a tendência de uma maior participação de energias renováveis na matriz energética mundial, e com a intenção de poluir cada vez menos e de forma sustentável, a energia solar vêm ganhando espaço, por possuir tecnologias de fácil instalação em diversas áreas aproveitando a radiação solar, de fonte inesgotável onde a mínima radiação solar em dias nublados podem produzir energia elétrica. Tecnologia esta, a qual o impacto ambiental maior é causado na extração do silício para produção dos painéis fotovoltaicos. Esta tecnologia ajudaria a diminuir a sobrecarga da produção de eletricidade de outras fontes de energia. No Brasil a sua principal fonte de energia é as hidrelétricas com cerca 76% da matriz elétrica, quais são prejudicadas pela estiagem prolongada e havendo a necessidade de acionar as

usinas termoeletricas para atender a demanda energetica, ocorrendo assim uma emissão de gases poluentes.

Esta pesquisa demonstrou que a participação da energia solar (tecnologia fotovoltaica) para a produção de eletricidade no mundo é pequena, por ser uma tecnologia que começa a crescer sua utilização no mundo a partir do início do século 21, por causa de investimentos feitos no setor de desenvolvimento de tecnologia, como construção de fábricas para a produção de painéis fotovoltaicos, normas regulamentando o uso desta fonte e programas de financiamento.

Os estudos realizados mostraram que o Brasil tem um grande potencial na produção de energia elétrica utilizando a fonte de energia solar, pois é um país que possui um dos maiores e melhores níveis de radiação solar do mundo. Localizados principalmente no Nordeste brasileiro, onde possui grandes áreas de possível instalação de usinas solares.

Até o ano de 2012 o Brasil não possuía nenhuma norma regulamentando a utilização para o setor fotovoltaica o que inibia o surgimento de uma indústria e de um mercado para a tecnologia fotovoltaica. Outro obstáculo forte para a implementação desta tecnologia no país e o custo elevado para produção de eletricidade comparada com a sua principal fonte de energia elétrica as hidroelétricas, mas este cenário esta mudando. Países como, por exemplo, Alemanha e China vêm desenvolvendo a indústria fotovoltaica no mundo produzindo painéis cada vez mais baratos e distribuindo no mercado mundial proporcionando o crescimento da indústria fotovoltaica através da construção de fábricas, usinas solares e programas de incentivo para obtenção de um sistema de produção de energia elétrica através da energia solar em seus países.

Estes programas de incentivos aplicados no Brasil poderiam ajudar a desenvolver a economia, pois com a aplicação das indústrias solares geraria trabalho, ajudaria o sistema elétrico brasileiro em épocas de estiagem e o custo da energia elétrica para o consumidor final ficaria menor ou até nulo. Tornando o custo de produção de energia solar mais competitivo com outras fontes de energia atualmente.

Porém o que ainda impede a inserção da energia solar na matriz elétrica brasileira é a falta de incentivos do governo federal, como, por exemplo, este tipo de energia esta fora do Proinfa e do Plano Decenal de 2011 a 2020, programas os quais incentivam a utilização de fontes alternativas de energia e ampliação dessas.

Conclui-se que o Brasil tem uns dos principais requisitos para inserção da indústria solar, porém ainda não é inserida no país, por falta de investimento, para que haja redução nos custos e seja de fácil aquisição e atrativa para os brasileiros.

REFERÊNCIAS

ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, *Proposta para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira*. 2012

ABRADEE, Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica, *Leilões de energia*. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/leiloes-deenergia>>. Acesso em: 19 out. 2018

ASSIS, André Koch Torres, ***Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca***. Apeiron Montreal, 2008

BANDEIRA, Fausto de Paula Menezes, *Desenvolvimento sustentável, matriz energética e tarifas de energia elétrica*. Artigos & Ensaios, 2012

BARBOSA, Vanessa, *As 20 maiores reservas de petróleo do mundo*. Revista Info, 2013. Disponível em: <<http://info.abril.com.br/noticias/tecnologias-verdes/fotonoticias/as-20-maiores-reservas-de-petroleo-do-mundo.shtml>>. Acesso em: 5 abr. 2014

BRASIL, Instituto Brasileiro de Mineração – Informações e Análise da Economia Mineral Brasileira 7ª edição, 2012

BRASIL, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia – Qual é a contribuição do Brasil nas emissões de gases de efeito estufa via desmatamento? 2013. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/Qual-e-acontribuicao-do-Brasil-nas-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-via-desmatamento/30/20>>. Acesso em: 30 mar. 2018

BRASIL, Ministério de Minas e Energia – Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira, 2012

BRASIL, Ministério de Minas e Energia – Balanço Energético Nacional, 2013

BRASIL, Ministério de Minas e Energia – Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, outubro de 2018

BRASIL, Ministério de Minas e Energia – Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, julho de 2018

BRASIL, Ministério de Minas e Energia – Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, janeiro de 2018

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – Energia Eólica, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-eolica>>. Acesso em: 18 out. 2018

BRASIL, Ministério de Minas e Energia – Leilões de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/leiloes_de_energia/menu/inicio.html>. Acesso em: 25 mai. 2014

BRASIL, Ministério de Minas e Energia – Proinfa, 2014. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>>. Acesso em: 12 jun. 2018

BRASIL, Ministério de Minas e Energia - Resenha Energética Brasileira, 2013

BRASIL, Rede Brasil de Organismos e Bacias Hidrográficas – Aprendendo com a Água, 2013

Boletim Mensal de Acompanhamento da Indústria de Gás Natural. Ministério de Minas e Energia; Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis; Departamento de Gás Natural. ed. 76 – jul/13. Disponível em: <http://www.cogen.com.br/paper/2013/Boletim_Gas_Natural_nr_76_jul_13.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2014

BOM DIA BRASIL, Brasil paga R\$ 285 milhões por energia eólica que não é produzida. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2014/02/brasil-paga-r-285-milhoes-por-energia-eolica-que-nao-eproduzida.html>>. Acesso em: 25 out. 2018

BUENO, Júlio, *A matriz energética brasileira: situação atual e perspectivas*. 2013. Disponível em: <<http://www.riocapitaldaenergia.rj.gov.br/Publico/MostrarArquivo.aspx?C=gH1eLtuxziw%3d>>. Acesso em: 09 mar. 2018

CABRAL, Isabelle de Souza; TORRES, Adriana Cazalgrandi; SENNA, Pedro Rocha, *Energia Solar – Análise comparativa entre Brasil e Alemanha*. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador, 2013

CARVALHO, Cecília; COSTA, Larissa; GUIMARÃES, Luciana; BACELAR, Marina; GOMES, Sandro, ***Energia solar: uma alternativa sustentável***. Disponível em: <<http://energiasolar2012.wordpress.com/historico-do-uso-do-so/>>. Acesso em: 19 de mai. 2014

CASTRO, Felipe S.P S. ***Fontes alternativas de energia: Energia eólica no Brasil e os problemas do setor***. 2013, p.59. Monografia. Curso de Engenharia de Petróleo e Gás – Centro Universitário Jorge Amado – UNIJORGE, Bahia: Salvador, 2013

CRAIDE Sabrina, *Agência faz leilão de energia para socorrer distribuidoras*. 2014. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-04/aneel-fazleilao-de-energia-para-socorrer-distribuidoras>>. Acesso em: 25 mai. 2014

Acesso em: 25 mai. 2018

PASSOS, Luigi Antonio de Araujo, ***Cenário de impactos da energia solar para aquecimento de água doméstico no contexto de usuários de chuveiros***

elétricos no Brasil. 110f. Dissertação (Pós-Graduação) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011

PEREIRA, Enio Bueno; MARTINS, Fernando Ramos; ABREU, Samuel Luna de; RÜTHER, Ricardo, Atlas Brasileiro de Energia Solar. Swera, 2006
PORTAL BRASIL, *Rede de transmissão supera 107 mil quilômetros.* 2013
Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/rede-de-transmissaosupera-107-mil-quilometros>>. Acesso em: 25 mai. 2014

REIS, Lineu Belico dos; FADIGAS, Eliane A. Amaral; CARVALHO, Cláudio Elias, ***Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável.*** – Barueri, SP: Manole, 2005

Revista Vidro Plano, Os fotovoltaicos vieram para ficar. ed. 440. 2009. Disponível em: <www.andiv.com.br/downloads/rep-esp/ovidroplano_440_ago09fotovoltaicos.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2014

SANTOS, Júlio, *Aos 45 minutos do segundo tempo.* Revista Brasil Energia. ed. Brasil Energia, n°400 mar/2014

Schlumberger Excellencein Educational Development – SEED, *Fontes alternativas de energia solar: energia solar.* 2014. Disponível em: <<http://www.planetseed.com/ptbr/relatedarticle/fontes-alternativas-de-energia-energia-solar>>. Acesso em: 19 mai. 2018

SILVA JR., Paulo, *Renovar pra que?* Revista Brasil Energia. ed. Brasil Energia, n°399 fev/2017

TRIGUEIRO, André, *Brasil ocupa o 6º lugar no ranking mundial de coletores solares.* 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2012/08/brasilocupa-o-6-lugar-no-ranking-mundial-de-coletores-solares.html>>. Acesso em: 2 abr. 2018

TRIGUEIRO, André, *Brasil possui apenas 83 microgeradores de energia solar.* 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2014/03/brasil-possuiapenas-83-microgeradores-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 7 mar. 2014

TRIGUEIRO, André, *Dos 167 parque eólicos do Brasil, 36 estão sem linhas de transmissão.* 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2014/03/dos-167-parques-eolicos-do-brasil-36-estao-sem-linhas-detransmissao.html>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael, ***Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações.*** 1. ed. São Paulo: Érica, 2012.