

RONILDA APARECIDA BRANDÃO SOUZA

**ENERGIA SOLAR: VANTAGENS DO INVESTIMENTO DESTA
FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA NA REGIÃO DO
NORDESTE**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia, Educação da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Fontes Alternativas de Energia, para a obtenção do título de especialista em Fontes Alternativas de Energia

Orientador Carlos Alberto Alvarenga
Prof.

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

RONILDA APARECIDA BRANDÃO SOUZA

**ENERGIA SOLAR: VANTAGENS DO INVESTIMENTO DESTA
FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA NA REGIÃO DO
NORDESTE**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia, Educação da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Fontes Alternativas de Energia, para a obtenção do título de especialista em Fontes Alternativas de Energia

Aprovada em ___ de _____ de _____

Prof. Gilmar Tavares

Prof. _____

Prof. Carlos Alberto Alvarenga
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

DEDICATÓRIA

Dedico esse projeto a toda a população nordestina, que foi fonte inspiradora para o desenvolvimento do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me ter dado coragem e determinação, às minhas sobrinhas, Kallyne e Suelen, pela colaboração e demais familiares.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	6
RESUMO	7
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 Energia Solar.....	9
2.2 A história da energia solar.....	10
2.3 Tipos de Energia Solar	13
2.3.1 Energia Térmica	13
2.3.2 Energia Fotovoltaica	17
2.3.3 Energia Fotovoltaica	33
2.4 Atuais programas desenvolvidos no Nordeste que envolvem a energia solar	34
2.5 Vantagens do investimento da energia solar no Nordeste	37
2.5.1 Energia Solar X Meio Ambiente	38
2.5.2 Energia Solar X Inclusão Social	39
2.5.3 Energia Solar X Economia	42
2.5.4 Energia Solar X Energia elétrica convencional	44
2.5.5 Energia Solar X Investimento.....	45
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Radiação global e seus componentes.....	10
Figura 2 - Programa de Desenvolvimento Energético para Estados e Municípios.....	13
Figura 3 - Coletor Solar	14
Figura 4 - Aquecimento da água com coletor solar.....	15
Figura 5 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica.....	18
Figura 6 - . Efeito fotovoltaico na junção pn.....	19
Figura 7 - Célula de silício monocristalino	21
Figura 8 - Célula de silício policristalino.....	22
Figura 9 - Conexão de células em paralelo.....	24
Figura 10 – Arranjo das células em paralelo	24
Figura 11 - Possível ligação para um diodo bypass entre células.....	25
Figura 12 - Diodo de bloqueio.....	26
Figura 13 - Curva característica IxV mostrando a corrente Isc e a tensão Voc	27
Figura 14 - Curva típica de potência versus tensão.....	27
Figura 15 - Parâmetros de potência máxima	28
Figura 16 - Efeito causado pela variação de intensidade luminosa	29
Figura 17 – Efeito causado pela temperatura na célula.....	29
Figura 18 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico	30
Figura 19 - Diagrama de sistemas fotovoltaicos em função da carga utilizada.....	31
Figura 20 - Exemplo de sistema híbrido.....	32
Figura 21 - Sistema conectado à rede.....	33
Figura 22 – Fotossíntese.....	34
Figura 23 - Eletrificação das comunidades rurais.....	36
Figura 24 - Instalação de um painel fotovoltaico nas comunidades ribeirinhas.....	40
Figura 25 - Iluminação pública a partir de um painel fotovoltaico.....	41
Figura 26 - Vantagens da economia na energia solar.....	43

RESUMO

No início dos tempos o sol já era aproveitado, mas de uma forma primitiva. Hoje, as radiações solares provenientes do mesmo vêm sendo utilizadas para a geração da energia solar, que é uma fonte inesgotável, renovável, limpa e gratuita. Dentre os tipos de aproveitamento desta, tem-se a energia térmica, fotovoltaica e química.

No Nordeste já existem programas que visam a utilização da energia solar para o benefício da região, porém a falta de investimento retém a evolução destes programas. Entre as diversas vantagens do investimento nessa região verifica-se: a alta incidência de radiação solar, a solução para escassez de água que implica no desemprego e saúde de má qualidade e a inexistência de danos para o meio ambiente. Então, a partir do momento que se investe nesta fonte renovável de energia, a mesma torna-se conveniente para atual crise energética.

1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo, os meios de comunicação vêm mostrando o sofrimento da população nordestina, devido a alta incidência de raios solares em seu território, sendo assim e atentando para o dever de cidadão, este trabalho visa a inversão dessa realidade, ou seja, mostrar que esse sol que tanto castiga a região do Nordeste, pode com o devido investimento beneficiá-la em questões sociais, culturais e econômicas.

As vantagens do investimento da energia solar nesta região são animadoras, pois ela apresenta-se como uma fonte permanente, limpa, não trazendo prejuízos para a saúde da população é economicamente viável e capaz de promover o desenvolvimento de sua cultura.

Tudo isso deixa claro que sol, fonte de vida e origem das demais formas de energia que o homem já utilizou desde o começo da vida, pode satisfazer todas as necessidades se aproveitá-lo de forma racional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Energia Solar

A energia solar é a energia que vem do sol. Todo o calor da terra, exceto o obtido no interior dos átomos, vem, em última análise, deste astro. Esse fenômeno pode ser observado quando se verifica que a energia recebida na terra por ano vinda do sol, representa mais que 15.000 vezes o consumo mundial anual de toda forma de energia utilizada na terra.

Para se ter uma idéia, a energia solar viaja no espaço à velocidade da luz que é de 300.000 km/s, levando cerca de oito minutos para chegar ao planeta terra, que está a quase 150 milhões de quilômetros de distância da mesma. Este processo já ocorre a milhões de anos no núcleo do sol, porém, apenas uma pequena parte desta energia chega até a terra, ainda assim, é uma quantidade gigantesca, por exemplo, toda energia consumida na América em um ano e meio equivale a um único dia de insolação nos Estados Unidos.

Toda essa energia vem de dentro do próprio sol, que como outras estrelas, é uma grande bola de gás feita basicamente de hidrogênio e hélio. O sol gera energia em seu núcleo por um processo conhecido como fusão nuclear. Durante a fusão, sob temperaturas e pressões extremamente altas, os átomos de hidrogênio são fundidos ou combinados. Quatro núcleos de hidrogênio fundem-se tornando um átomo de hélio, mas o peso atômico do elemento hélio é menor que os quatro núcleos combinados na sua formação, fazendo então que a matéria perdida seja emitida para o espaço na forma de radiação.

Cerca de quarenta e cinco por cento da energia que a terra recebe, quinze por cento é refletida de volta para o espaço, o restante, trinta por cento, é perdido na evaporação da água, a qual, sobe para a atmosfera produzindo chuva. A energia solar é também absorvida pelas plantas, pela terra e oceanos, para

manter o equilíbrio energético do planeta, deve-se então ser emitida sob a forma de radiação térmica.

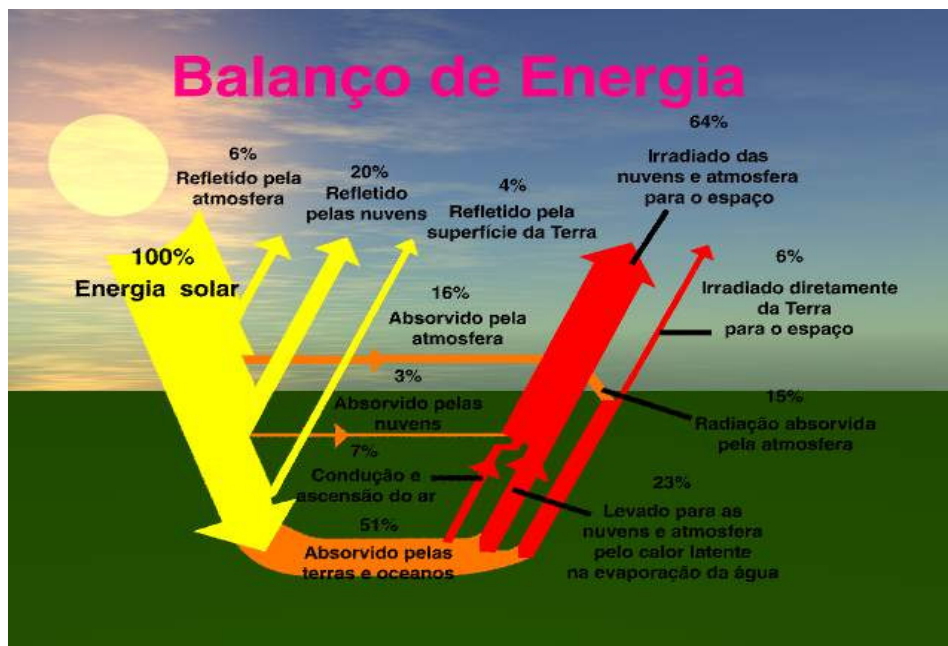


Figura 1 - Radiação global e seus componentes

2.2 A história da energia solar

A humanidade está ligada à energia solar desde muitos séculos, quando se utilizava o sol para secar peles e alimentos. Achados históricos de arqueólogos comprovam que, já no século VII a.C se utilizavam simples lentes de vidro para concentrar a luz do sol e desta forma queimar pequenos pedaços de madeira e assim obter fogo. Na Grécia antiga buscando a economia de lenha e carvão já se fazia uso de conhecimento da arquitetura visando melhorar o aquecimento natural das residências.

A aplicação da energia solar para produção de energia mecânica, se realizou no período posterior da Revolução Industrial, e em meados do século passado, vários motores solares foram desenvolvidos por Augusto Mouchot (Francês, atuação entre 1864/1878). Na mesma época, outros pesquisadores na Europa como também nos Estados Unidos realizaram experiências no campo solar basicamente em aquecimento da água e motorização.

A invenção de uma caldeira solar foi uma importante criação do astrofísico americano Greclay Abbot em 1936. No início do ano de 1920 a indústria começou a alcançar seu auge, o qual, se estendeu até as vésperas da II Guerra Mundial, entretanto, seu crescimento declinou-se em meados do ano de 1950, quando o baixo custo do gás natural do petróleo o tornou principal meio de aquecimento dos lares norte-americanos. O mundo permaneceu indiferente em relação as possibilidades da energia solar até a crise do petróleo no ano 1970, hoje em dia, as pessoas vem utilizando a energia solar para gerar eletricidade e outras finalidades.

Em 1839, Edmond Becquerel realizou experiências que objetivavam a geração de eletricidade pelo efeito fotovoltaico, ou seja, a transformação da luz em energia elétrica, sua evolução foi lenta, sendo que a primeira fotocélula de silício monocristalino foi fabricada somente em 1941 e aperfeiçoou-se ao longo do tempo. Nesta época, não havia interesse por tal tecnologia, pois gerava pouca quantidade de energia e tinha um alto custo.

Os programas espaciais iniciaram no fim da década de 1950 e marcaram uma nova aplicação da energia solar que praticamente não encontrava concorrentes, onde os altos custos dos painéis fotovoltaicos não impediam sua utilização. Assim sendo, a partir do ano de 1960 em diante as naves e satélites espaciais proporcionaram um desenvolvimento da tecnologia fotovoltaico, melhorando-a quanto ao rendimento, a forma de fabricação e menores custos. Sem dúvida, tecnologicamente, a partir dos programas espaciais americano e

russo, houve uma melhora significativa na qualidade das células, seu peso e outros avanços foram obtidos, mais ainda a um custo extremamente elevado, quando comparado com outras fontes energéticas disponíveis. No entanto, para o fim espacial, o custo não era relevante, e sim a possibilidade de geração de energia elétrica no espaço para alimentar todos os equipamentos elétricos de uma nave ou satélite.

A crise do petróleo em 1973 foi um outro importante marco dentro da análise das fontes energéticas mundiais, pois repentinamente os preços do petróleo foram majorados, além de ser feito um boicote temporário. O mundo percebeu que os combustíveis fósseis eram finitos, e sujeito a grandes perturbações. Houve desde então um despertar do mundo para as limitações impostas pelas fontes tradicionais de energia e a necessidade de se buscar fontes alternativas aquelas já existentes. Vale afirmar que houve graves variações nos preços do petróleo, repercutindo sempre sobre a pesquisa e utilização de outras fontes de energia, como a energia solar. No entanto, hoje em dia após longa maturação, a energia solar se firma respaldada por todo o potencial que representa e pela tecnologia para o seu aproveitamento já existente e disponível, com custos cada vez mais competitivos quando comparados às fontes convencionais. Ressalta-se que, durante a crise do petróleo, todas as outras fontes de energia foram elevadas em sua importância (hidráulica, nuclear, eólica, álcool, metanol, etc).

O que se espera é que a energia solar não mais altere períodos de auge e falta de interesse, como se observou até os anos de 80 e 90, e se afirme com os resultados nos inúmeros projetos já instalados em todo mundo, como uma energia plenamente viável e eficiente. No Brasil, um arrojado programa está em curso, o PRODEEM, Programa de Desenvolvimento Energético para Estados e Municípios, atendendo com a energia solar comunidades isoladas, especialmente no Nordeste. Algumas milhares de localidades no Brasil têm sistema

fotovoltaico, quer para fins energéticos de iluminação ou mesmo para bombeamento de água.



Figura 2 - Programa de Desenvolvimento Energético para Estados e Municípios

2.3 Tipos de Energia Solar

A energia solar é proveniente da radiação solar e pode ser aproveitada basicamente por três tipos de processos que seriam: Térmico, fotovoltaico e químico. No processo térmico temos o aproveitamento em baixa, média e alta temperatura. O processo fotovoltaico parte do princípio que determinados materiais são sensíveis a luz, transformando-a em eletricidade. O processo fotoquímico é o que ocorre na natureza com a maioria dos vegetais, o qual conhecemos como a fotossíntese.

2.3.1 Energia Térmica

A energia solar térmica é uma velha conhecida da humanidade, porém o aquecimento com energia solar não é tão fácil como se imagina, pois receber a

luz do sol e dela obter trabalho, tem suas dificuldades, visto que, a energia incidente na Terra se dá de forma espalhada e sua utilização implica em saber captá-la e armazená-la. Além disso, seu aproveitamento dependerá de muitos fatores climatológicos da região, onde se inclui a hora do dia, a estação do ano, a latitude do local e se o céu está limpo ou nublado.



Figura 3 – Coletor Solar

O coletor solar é uma das maneiras de obter calor do sol, por exemplo, um carro fechado em um dia, limpo, funciona como um coletor. A luz do sol passa através dos vidros do carro e é absorvida pelo seu interior, no estofamento, painel, peso, etc. a luz é então transformada em calor, os vidros do carro funcionarão como um isolante não deixando o calor sair, é o princípio da estufa, pode-se dizer portanto, que o vetor termosolar tem três funções básicas, sendo elas:

- Permite que a luz do sol passe através do vidro (ou plástico);
- Absorver a luz e transformá-la em calor;
- Aprisionar o calor em seu interior;

Outra importante aplicação do calor solar é o aquecimento da água que é um dos grandes consumidores de energia. Há uma demanda considerável de energia elétrica devido a sua utilização em chuveiros elétricos que faz com que em determinados horários façam uma grande diferença no sistema de geração e distribuição, tendo, portanto um grande campo para disseminação do aquecimento solar doméstico desde que haja incentivos.

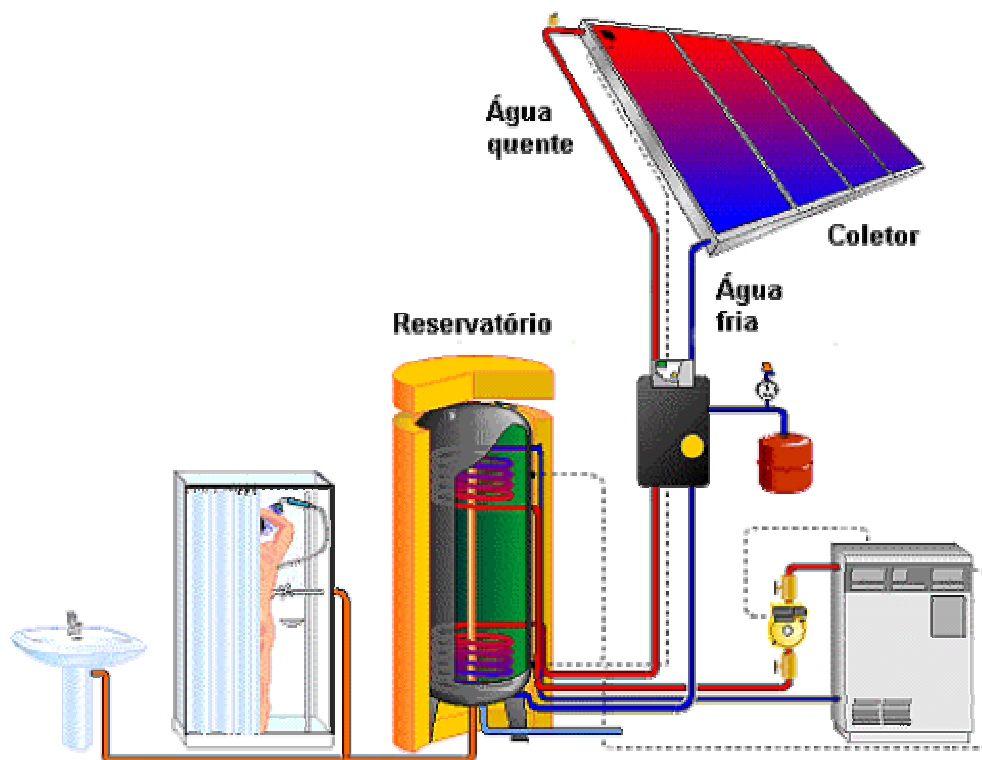


Figura 4 - Aquecimento da água com coletor solar.

O aquecimento solar da água se faz da mesma forma que o aquecimento ativo de interiores. Um coletor é montado no telhado ou no chão devidamente orientado e livre. Tem a mesma forma do descrito anteriormente, onde os raios solares penetram em seu interior convertendo em calor. Uma bomba faz circular a água dentro de uma tubulação inserida no interior do coletor onde a mesma pode ser aproveitada (A água pode ser substituída por um fluido térmico).

Existem diversos tipos de coletores solares, estando divididos em dois tipos: Planos e com concentração. O coletor solar plano é o sistema mais simples e de fácil construção, consistindo de caixa de alumínio com tampa de vidro e fundo negro plano. Esta camada de cobertura negra pode utilizar o que chamamos de superfície seletiva especial de forma a maximizar a absorção da energia na faixa do infravermelho e minimizar sua emissão, aumentando o aproveitamento da energia térmica. Em outras palavras, são materiais especiais com alta absorvência e baixa emissividade. Conforme se observa no coletor plano não há processos de intensificação dos raios solares.

Nos sistemas de coletores solares com concentração, como o próprio nome já diz, se terá uma ampliação da quantidade de raios que alcançarão o absorvedor, que é o elemento receptor de energia. Este absorvedor por sua vez pode também apresentar-se sob diversos formatos como cilíndrico (o mais comum), em forma de afeta, plano no fundo do coletor, entre outros. Os módulos concentradores apresentam diversos aspectos, normalmente derivado da forma de um parabolóide. Os mais conhecidos são em forma de calha e perfil parabólico simples ou composto. O absorvedor pode ter sua estrutura externa recoberta com uma camada conseguirá atingir temperaturas muito superior a conseguida por coletores planos, sendo, portanto de uso recomendável para certas aplicações industriais onde se busque temperaturas mais elevadas.

Hoje em dia apenas nos Estados Unidos mais de 1,5 milhões de residências utilizam a energia solar para aquecimento interno ou de água para banho e piscinas.

2.3.2 Energia Fotovoltaica

O nome Fotovoltaico vem da palavra Foto que quer dizer luz e Volt que é uma grandeza da eletricidade. Você provavelmente já deve ter entrado em contato com equipamentos que a utilizam como calculadoras, relógios e brinquedos que usam células solares para converter luz em eletricidade, e desta forma gerar energia elétrica para seu funcionamento independentemente de outras fontes.

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (efeito fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond, Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão.

O painel fotovoltaico é formado por um conjunto de células fotovoltaicas de silício, que transformam a luz diretamente em eletricidade, seria a fotossíntese eletrônica. A transformação é feita sem qualquer desgaste de material, assegurando portanto a placa solar uma durabilidade praticamente ilimitada da ordem de dezenas de anos.

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos vêm sendo utilizados em instalações remotas possibilitando vários projetos sociais, agropastoris, de irrigação e comunicações. As facilidades de um sistema fotovoltaico, tais como: modularidade, baixos custos de manutenção e vida útil longa, fazem com que sejam de grande importância para instalações em lugares desprovidos da rede elétrica.