

ÁLVARO POLIDO LOPES JÚNIOR

**A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA UTILIZADA EM
BOMBEAMENTOS DE ÁGUA – APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS**

**Monografia apresentada ao Departamento de
Engenharia 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
Prof. Carlos Alberto Alvarenga**

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005**

ÁLVARO POLIDO LOPES JÚNIOR

**A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA UTILIZADA EM
BOMBEAMENTOS DE ÁGUA – APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS**

**Monografia apresentada ao Departamento de
Engenharia 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. _____

Prof. _____

Prof. _____

UFLA

Prof. Carlos Alberto Alvarenga

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, pela vida, educação e formação básica.
À Adelaide, João, André e Isabela, pelo
companheirismo e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Carlos Alberto Alvarenga e ao colega, de longa data, Eng. Moacir Dias Filho, pela colaboração e incentivo para a execução deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	03
LISTA DE TABELAS.....	04
RESUMO.....	05
1 INTRODUÇÃO.....	06
1.1 Apresentação.....	06
1.2 Definição do problema de abastecimento de água.....	07
1.3 Objetivos.....	09
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	09
2.1 Energia solar fotovoltaica.....	09
2.2 O estágio tecnológico do bombeamento fotovoltaico.....	10
2.2.1 Gerador fotovoltaico.....	12
2.2.2 Bombas.....	14
2.2.2.1 Bombas centrífugas.....	14
2.2.2.2 Bombas volumétricas.....	14
2.2.3 Motores.....	15
2.2.3.1 Motores de CC.....	15
2.2.3.2 Motores de CA.....	16
2.2.4 Aspectos econômicos.....	16
2.3 Perspectivas futuras.....	18
2.3.1 Exigência por energia limpa.....	18

2.3.2 Oportunidades de aplicação da tecnologia.....	19
2.3.2.1 Programas de incentivo.....	20
2.3.3 Redução do preço da tecnologia.....	21
3 CONCLUSÕES FINAIS.....	23
BIBLIOGRAFIA.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Corte transversal e vista frontal de célula convencional.....	10
Figura 2.2 – Modalidades tecnológicas mais utilizadas nos sistemas de bombeamento fotovoltaico.....	11
Figura 2.3 – Configurações de sistemas de bombeamento fotovoltaico.....	12
Figura 2.4 – Curva de desempenho de bombas.....	15
Figura 2.5 – Variação do custo do bombeamento fotovoltaico.....	18
Figura 2.6 – Aquecimento global e concentração de CO₂.....	19
Figura 2.7 – Densidade de disponibilidade de energia elétrica.....	20
Figura 2.8 - Evolução da produção de módulos fotovoltaicos.....	22
Figura 2.9 – Risco para a expansão do setor.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Requerimento médio de água para consumo de água humano e de alguns animais domésticos..... 08

Tabela 2.1 - Dimensão do gerador em função da altura manométrica e da vazão.....14

RESUMO

Este trabalho procura fazer um levantamento sobre a tecnologia de bombeamento de água utilizando a energia fotovoltaica, mostrando os principais componentes de um sistema típico. Apresenta a situação atual da tecnologia e analisa as perspectivas futuras para a consolidação da mesma no cenário mundial e brasileiro.

1 Introdução

1.1 Apresentação

A eletricidade é a forma de energia mais versátil e a que melhor se adapta à sociedade tecnologicamente avançada. Não se concebe a civilização atual sem o conforto e as possibilidades permitidas pelo seu uso. Em breve, mesmo o setor de transportes, que, ainda hoje, é uma das poucas exceções de emprego da eletricidade em larga escala, estará se rendendo ao uso maciço da mesma, haja vista as perspectivas da indústria automobilística mundial para os próximos anos, quando se planeja o lançamento comercial de veículos elétricos, com célula de combustível, em 2005 pela Honda, 2010 pela GM, 2015 pela Ford. Estima-se que, em 2050, a metade da frota mundial de veículos estará utilizando esta tecnologia [1].

A obtenção da eletricidade no mundo, ainda, está fortemente vinculada à utilização de combustíveis fósseis, principalmente o carvão mineral. No Brasil, esta não é a realidade, pois a hidroeletricidade detém a maior parcela da matriz energética. No entanto, sendo um país de grande extensão territorial e de significativas diferenças geográficas, econômicas e sociais, o fornecimento de energia elétrica, da forma convencional, à totalidade da população torna-se um desafio difícil de ser superado. Nas regiões mais afastadas e carentes, as tentativas de romper o círculo vicioso da falta de energia versus o baixo desenvolvimento levam a uma série de situações atípicas de suprimento energético. Apenas com o intuito de exemplificar, em algumas regiões do estado do Amazonas gastam-se até 2 litros de combustível por litro de Diesel transportado [2] para suprir a demanda dos geradores à combustível fóssil.

Além das questões econômicas, a questão ambiental vem tomando corpo desde a década de 1980 e é possível imaginar que, a cada dia, terá um papel mais decisivo nos rumos do futuro das formas de energia. Com isto a discussão sobre

energias renováveis deixa o aspecto romântico e futurista que tinha, para encarnar o caráter prático e de solução cobrado pela sociedade.

Mesmo que, no Brasil, o impacto ambiental causado pela emissão de CO₂ na atmosfera, ocasionado pelo uso de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica, seja pequeno, tem-se que considerar os efeitos negativos advindos do sistema energético atual. Os grandes projetos hidroelétricos causam transtornos ambientais ao alagar terras e exigir a construção de linhas de transmissão cada vez mais longas, desestruturando comunidades e imputando perdas patrimoniais e culturais às populações.

De todas as facilidades proporcionadas pela energia elétrica, uma delas tem importância vital. É o fornecimento de água com regularidade, volumes expressivos e melhor qualidade.

1.2 Definição do problema de abastecimento de água

Os seres vivos necessitam de água, oxigênio e alimento para se manterem vivos. Em particular, atrelado à carência de energia, está o fornecimento deficiente de água às populações rurais isoladas. É comum encontrar-se regiões, onde as únicas fontes energéticas disponíveis para o suprimento de água à população sejam as trações humana e animal, limitando a oferta do recurso e, com isto, impedindo o avanço nas técnicas de agricultura e pecuária, prejudicando as condições de higiene e, conseqüentemente, aumentando a incidência de doenças. Tais situações acabam por incentivar o processo de migração humana, que visa buscar melhores condições de vida em outras regiões.

Suprir de água, adequadamente, comunidades carentes deste recurso ou mesmo propriedades rurais isoladas, ver tabela 1.1, é dotá-las de sistemas de bombeamento de água. No entanto, para muitas regiões, primeiro será necessário

disponibilizar rede elétrica ou combustíveis com regularidade e custo razoável. Mediante tal desafio vale pensar na possibilidade de utilização de tecnologias que possibilitem o aproveitamento dos recursos energéticos locais. Aí se abre um campo promissor para as energias renováveis e a tecnologia fotovoltaica é uma das alternativas.

Tabela 1.1 Requerimento médio de água para consumo de água humano e de alguns animais domésticos.

humano	litro/pessoa/dia
sobrevivência	5
condição em vila rural sem eletrodomésticos	70
consumo urbano país industrializado	400
animais domésticos	litro/cabeça/dia
gado leite	70
gado corte	40
ovinos/caprinos	5
suínos	15
eqüinos	40
frango corte	0,15

Fonte: Adaptado do *Manual de Energização Rural Mediante Energia Fotovoltaica*.

Para a manutenção do recurso hídrico, a extração de água não deve exceder a sua reposição natural, sob pena de uma exaustão irreversível dos mananciais, principalmente quando se trata de depósitos subterrâneos fósseis. Este deve ser o primeiro cuidado ao se dimensionar um sistema de bombeamento de água.

1.3 Objetivos

Avaliar o estágio atual da tecnologia de bombeamento de água utilizando energia fotovoltaica como fonte alternativa de energia e suas perspectivas de utilização no Mundo e no Brasil.

2 Revisão de literatura

2.1 Energia solar fotovoltaica

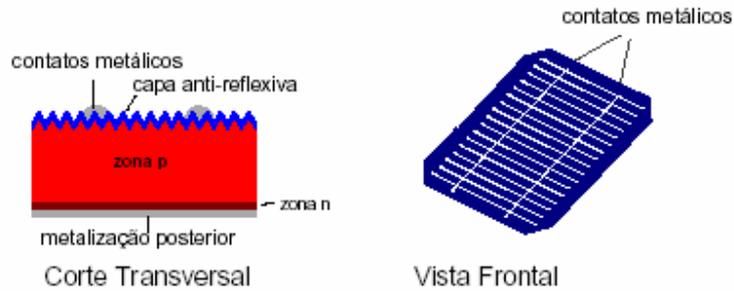
A tecnologia fotovoltaica¹ se baseia na transformação direta da radiação solar em eletricidade, usando, para tanto, características específicas de alguns semicondutores. Apesar do efeito fotovoltaico ter sido observado pela primeira vez em 1839, por Becquerel [3], a tecnologia é relativamente recente, iniciando-se com a revolução dos semicondutores, por volta de 1950. Hoje já se pode dizer que a tecnologia apresenta um alto grau de maturidade, e isto se reflete na elevada confiabilidade, eficiência e vida útil dos equipamentos.

Primeiramente incentivada pelas indústrias de telecomunicações e aeroespacial teve, posteriormente, um grande impulso devido às crises do petróleo de 1973 e 1979.

Um sistema de geração fotovoltaica tem como elemento básico o módulo, que por sua vez é composto de células conectadas em arranjos com a finalidade de obtenção de tensão e corrente em níveis adequados para utilização, pois cada célula convencional, ver figura 2.1, é capaz de gerar 30mA/cm² e de 0,46 a 0,48V, tendo uma área variando de 50 a 150cm². Atualmente a matéria prima básica para a produção de células fotovoltaicas se concentra nas lâminas de silícios mono e multicristalino, 90,9% [4].

¹ A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade.

Figura 2.1 Corte transversal e vista frontal de célula convencional



Fonte: FORNECIMENTO DE ÁGUA COM SISTEMAS DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICOS – Dissertação de Maria Cristina Fedrizzi

2.2 O estágio tecnológico do bombeamento fotovoltaico

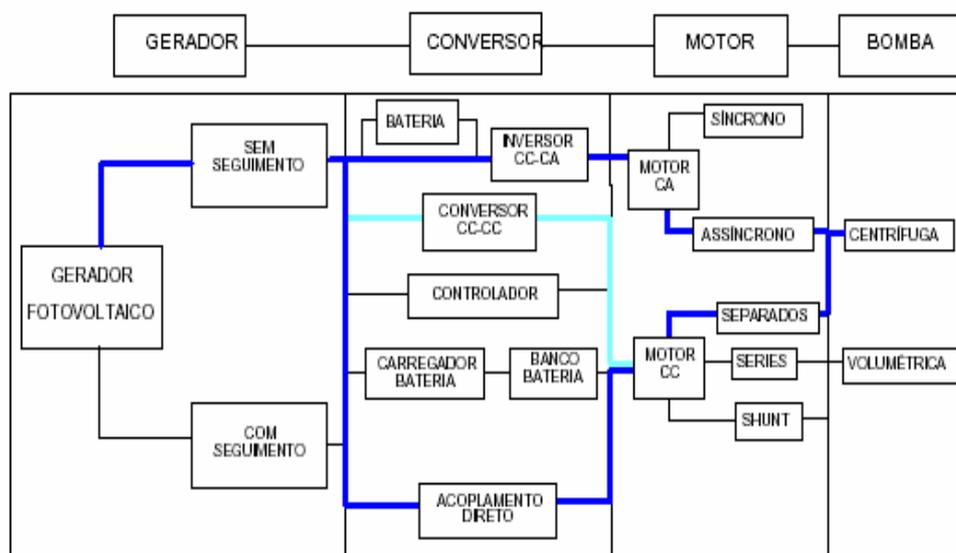
Apesar da tecnologia fotovoltaica ainda ser de custo elevado ela se aplica bem a sistemas remotos autônomos e é aí que se encontra campo para os sistemas de bombeamento de água.

Ao longo do tempo a indústria de equipamentos vem buscando otimizar seus produtos visando aumentar a eficiência dos conjuntos. Observa-se a tendência de substituição dos poços de cacimba com bombas submersas e motores em superfície por poços tubulares de pequeno diâmetro com motores e bombas submersas, de fabricação especial buscando a maior performance pela adequação às características da energia fotovoltaica.

Segundo FEDRIZZI (1997) [2] A eficiência de um bom sistema comercial situa-se acima de 4%, com a eficiência dos módulos variando entre 12% e 15% e o restante do sistema variando entre 30% e 40%.

O esquemático mostrado na figura 2.2 dá uma boa idéia das alternativas para um sistema de bombeamento de água fotovoltaico, ressaltando, em cores, as rotas mais usuais.

Figura 2.2 Modalidades tecnológicas mais utilizadas nos sistemas de bombeamento fotovoltaico.

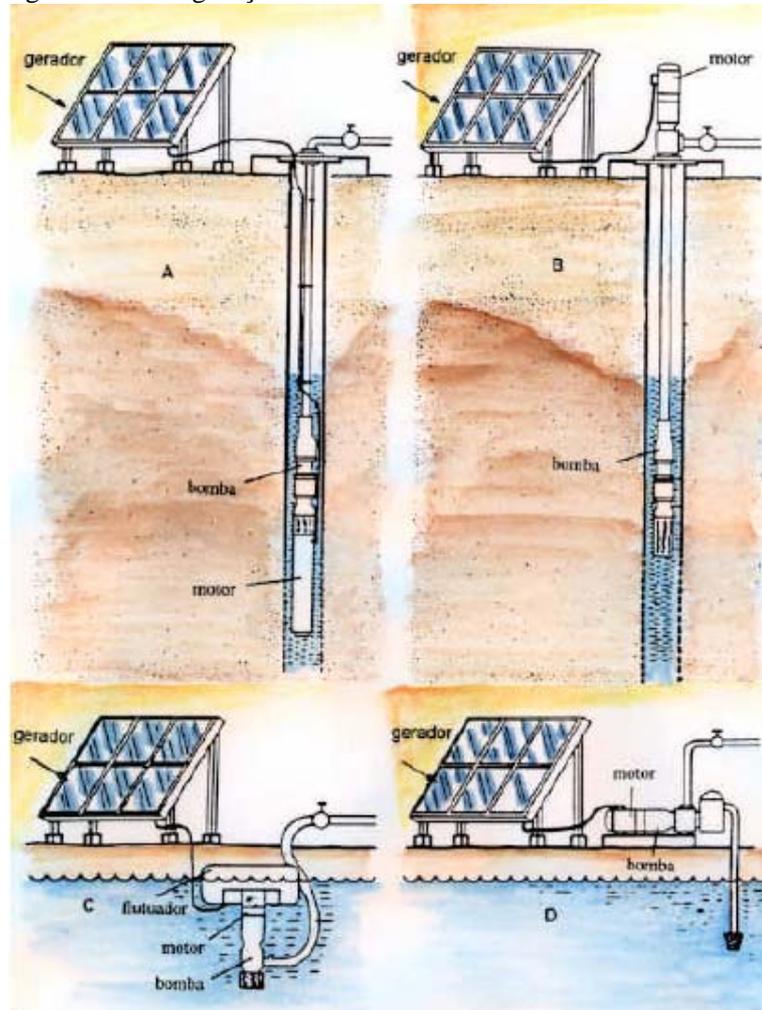


Fonte: Modificado do *Manual de Energización Rural Mediante Energía Fotovoltaica*, 1996. Extraído de apostila do curso “Energia Solar” da FUPAI

Fisicamente um sistema de bombeamento fotovoltaico consiste do painel fotovoltaico para geração de energia, dispositivos eletrônicos para controle e regulagem do sistema, conhecidos como acondicionadores de potência, conjunto motobomba e os equipamentos auxiliares, que são fiação, tubulações e outros de utilização mais restrita.

Dentre as configurações possíveis, a figura 2.3 mostra as mais usadas. O conjunto motobomba submerso (A), o motor na superfície e bomba submersa (B), o conjunto motobomba flutuante (C), o conjunto motobomba na superfície (D).

Figura 2.3 Configurações de sistemas de bombeamento fotovoltaico



Fonte: Modificado de FRAENKEL, P., *A Handbook for Users and Choosers*
Extraído de Apostila do curso “Energia Solar” da FUPAI [5]

2.2.1 Gerador fotovoltaico

O arranjo fotovoltaico é uma fonte variável de tensão, portanto a tensão de funcionamento dependerá da carga. No caso de bombeamentos isto se torna determinante na escolha do tipo de acionamento.

Apesar da característica de independência quanto ao suprimento de combustíveis, a energia radiante a ser transformada em energia elétrica depende de uma série de condições. Com isto o comportamento de uma bomba fotovoltaica será determinado não só pela irradiação total diária incidente, mas, também, por sua distribuição ao longo do dia e pela temperatura ambiente. Isto causa limitações energéticas ao sistema, que podem ser contornadas com um rigoroso planejamento do uso da água. Além disto, a preservação dos mananciais de água deve ser tratado com intenso cuidado, visto que o desrespeito ao ritmo de reposição natural acarreta uma série de problemas tanto para o ambiente como para o funcionamento das instalações e equipamentos. Isto configura uma forma diferente e nova de ver a questão água e energia.

Sendo o gerador de energia fotovoltaica o item de maior custo dentro de um sistema de bombeamento solar, também, o cuidado no dimensionamento do sistema é de importância fundamental para não inviabilizar projetos, ver tabela 2.1.

Tabela 2.1 Dimensão do gerador em função da altura manométrica e da vazão

Altura Manométrica (m)	Número de Módulos Fotovoltaicos - 100W											
	Vazão diária média (m ³ /dia)											
	1	1,5	3	4	5	7,5	10	15	20	25	30	
2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
8	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	
10	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	5	
15	1	1	2	2	2	2	3	4	5	6	7	
20	1	1	2	2	2	2	3	5	6	8	-	
25	1	2	2	2	2	3	4	6	8	-	-	
30	1	2	2	2	2	3	4	8	-	-	-	
40	2	2	2	3	3	4	5	-	-	-	-	
50	2	2	3	3	4	5	6	-	-	-	-	
60	2	2	3	4	4	5	-	-	-	-	-	
70	2	2	3	4	5	7	-	-	-	-	-	
80	2	3	4	4	6	-	-	-	-	-	-	
90	2	3	4	6	7	-	-	-	-	-	-	
100	2	3	4	7	8	-	-	-	-	-	-	
110	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
120	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fonte: Catálogo SOLENERG – Sistema de Bombeamento Solar

Em sistemas de bombeamento de água o armazenamento de energia se dá, geralmente, em um reservatório de água. Esta característica, na maioria dos casos, faz com que seja dispensado o uso de baterias, mesmo que o consumo de água se dê em períodos de baixa ou falta total de irradiação solar.

2.2.2 Bombas

Tanto as bombas centrífugas como as bombas volumétricas podem ser usadas em sistemas de bombeamento fotovoltaicos.

2.2.2.1 Bombas centrífugas

As bombas centrífugas são adequadas para grandes vazões e pequenas alturas manométricas, ver figura 2.4. São projetadas para alturas manométricas fixas e a vazão aumenta com a rotação da bomba. Por característica são equipamentos que se adequam muito bem à saída do arranjo fotovoltaico.

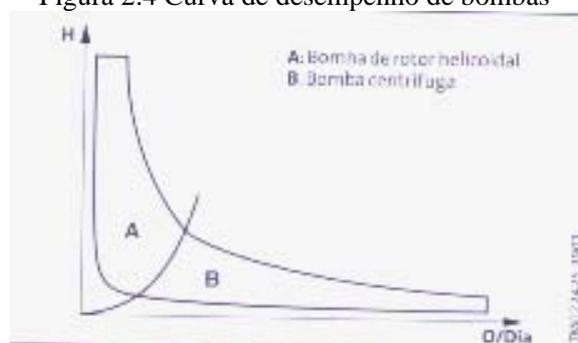
Estas bombas podem ser submersíveis ou de superfície. Em geral, se tratando de bombas de superfície é recomendada uma altura de sucção máxima de 6 metros.

2.2.2.2 Bombas volumétricas

As bombas volumétricas ou de deslocamento positivo são adequadas para grandes alturas manométricas e pequenas ou moderadas vazões, ver figura 2.4. A eficiência destas bombas aumenta com o aumento da altura manométrica, já a vazão das mesmas, praticamente, independe da altura manométrica. Como, por suas características de operação, deslocam a água com outra quantidade de água e, assim sucessivamente, uma vez atingida a altura manométrica, sempre que houver redução do nível de insolação a velocidade do motor reduzirá, mas não a capacidade de manutenção da altura manométrica necessária. Assim, diferentemente das bombas centrífugas, não se ajustam tão bem à saída do

arranjo fotovoltaico. Desta forma, geralmente, não são ligadas diretamente aos arranjos fotovoltaicos. Necessitam controladores eletrônicos para ajustar o ponto de operação do arranjo fotovoltaico para fornecer a máxima corrente para a partida do motor. Baterias também podem ser usadas entre a bomba e o arranjo fotovoltaico, fornecendo tensão estável para a partida e operação da bomba em condições de níveis de insolação baixos.

Figura 2.4 Curva de desempenho de bombas²



Fonte: Catálogo GRUNDFOS SQFlex

2.2.3 Motores

Tanto a bomba centrífuga como a volumétrica podem ser acionadas por motor de CC ou CA. A escolha dependerá da vazão, da altura manométrica, da eficiência, do custo, da instalação, se submerso ou não, da confiabilidade, da facilidade de manutenção e da disponibilidade do equipamento no mercado.

2.2.3.1 Motores de CC

Os motores de CC, geralmente, apresentam eficiência mais elevada e possuem um alto grau de compatibilidade com a fonte de energia fotovoltaica. Porém, são motores de custo maior e exigem mais manutenção periódica,

² Bomba de rotor helicoidal é um tipo de bomba volumétrica.

principalmente quando utilizam comutação por escovas. No mercado já se encontram motores de CC sem escovas, que utilizam dispositivos eletrônicos para chaveamento do fluxo de corrente. Como vantagens, estes motores trabalham com desgaste menor e, conseqüentemente, menor necessidade de manutenção. No entanto o fato de inserir dispositivos eletrônicos pode aumentar a incidência de defeitos.

2.2.3.2 Motores de CA

Os motores de CA exigem a utilização de um inversor de frequência. Esta inclusão acarretará alguma perda de energia e acrescentará um custo ao conjunto, no entanto como vantagens ocorrerão a redução do custo do motor e um motor bem menos exigente de manutenção. Atualmente o mercado já oferece motores com inversores embutidos.

Visando simplificação, os sistemas de última geração contam com o auxílio da eletrônica de potência embutindo, além do inversor CC/CA, seguidor do ponto de máxima potência, sensores de nível do poço e reservatório, dispositivos de proteção, tornando os motores compactos e, ao mesmo tempo, procurando manter a robustez dos equipamentos antigos. Todo este conjunto é acoplado à bomba submersível, que pode ser centrífuga ou helicoidal, permitindo, desta forma, cobrir uma faixa mais ampla de vazão e altura manométrica.

2.2.4 Aspectos econômicos

Para BENEDUCE, F.C.A., em Energia Solar Fotovoltaica – Banco do Nordeste, 2000 [6]. Um sistema de bombeamento solar, para que seja atrativo, deve preencher os seguintes quesitos:

- Baixa vazão;
- Baixa pressão;

- Local não eletrificado.

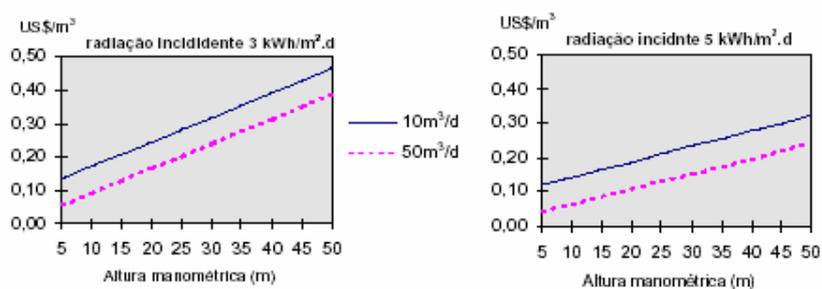
No entanto, até 1990 não havia, no mundo, mais que 10.000 instalações de bombeamento fotovoltaico e na década seguinte este número, apesar de não ter sido contabilizado, aumentou sensivelmente. Estudo da previsão de expansão realizado pela União Européia indica, para o ano de 2010, cifras da ordem de 150.000 instalações. Evidentemente, em parte, isto aconteceu devido à redução do custo da tecnologia. FEDRIZZI e SAUER, no artigo BOMBEAMENTO SOLAR FOTOVOLTAICO, HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS E PROJETOS – Coletânea de Artigos – Energias Solar e Eólica – Volume 1 – CRESESB – 2003 [7], dizem que:

“Um dos fatores que contribuiu para a disseminação da opção de bombeamento fotovoltaico foi a redução dos preços de seus componentes. A evolução do preço do módulo fotovoltaico no mercado internacional foi de US\$20.00/Wp, em 1970, para US\$3.50/Wp atualmente, e para sistema de bombeamento fotovoltaico como um todo (módulos, acondicionamento de potência e conjunto motobomba), passou de US\$50.00/Wp, em 1970, para menos de US\$9.00/Wp, atualmente. No Brasil, no entanto, estes valores estão por volta de US\$6.00/Wp, para o módulo fotovoltaico, e de US\$18.00/Wp, para o sistema de bombeamento completo.”

À medida que o custo da tecnologia se reduz, o acionamento de bombas de água por meio de geração fotovoltaica torna-se mais viável. Ao ser comparado a um sistema de bombeamento Diesel, as bombas solares mostram-se mais vantajosas para vazões menores que 50 m³/dia e alturas manométricas inferiores a 20 m [3]. A prática tem mostrado que, na realidade, a vantagem acontece quando o produto da vazão pela altura manométrica se encontra em valores até 500 m⁴/dia. No entanto é importante ressaltar que condições locais, níveis de insolação e custo de combustíveis interferem na avaliação.

Em uma simulação, feita por FEDRIZZI [2], na qual são considerados o preço de US\$7.00/Wp e vazões de 10 m³/dia e 50 m³/dia, o custo de bombeamento fotovoltaico para uma irradiação incidente no plano coletor de 3 e 5 kWh/m².dia, que se enquadra na faixa da variação média diária no Brasil, obteve-se os gráficos da figura 2.5

Figura 2.5 Variação do custo de bombeamento fotovoltaico



Fonte: FORNECIMENTO DE ÁGUA COM SISTEMAS DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICOS – Dissertação de Maria Cristina Fedrizzi

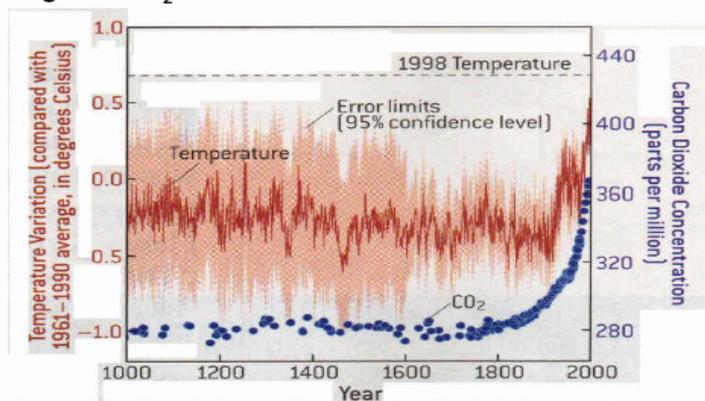
2.3 Perspectivas futuras

2.3.1 Exigência por energia limpa

As mudanças climáticas, que vêm ocorrendo no planeta terra, são o fato mais importante e de maior impacto, até hoje visto, para a tomada de consciência da humanidade com relação à preservação ambiental. O gráfico da figura 2.6 não deixa dúvidas quanto à relação entre o aumento da emissão de gases de efeito estufa, ocorrido após a revolução industrial, e o aumento da temperatura média da terra. A pressão da sociedade para a redução da queima de combustíveis fósseis tende a ser cada vez maior e com isto espera-se um aumento gradativo da utilização de fontes renováveis de energia. Neste contexto, a energia solar é a que apresenta os melhores atributos de uma energia limpa.

Figura 2.6 Aquecimento Global e concentração de CO₂

Global Warming and CO₂ Concentration

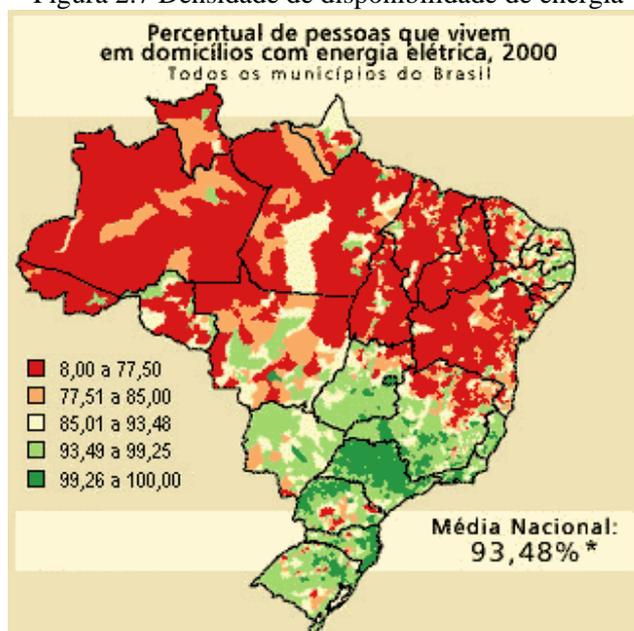


Fonte: Manual de Implementação dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL [8]

2.3.2 Oportunidades de aplicação da tecnologia

Especificamente com relação ao Brasil, o país tem um regime de insolação privilegiado e, justamente, a região mais carente de águas superficiais, o nordeste, é, também, uma das mais desprovidas de energia elétrica e MACINTYRE (1980) [9] registra que há várias regiões nordestinas em que os dias de céu claro permitem o aproveitamento de mais de 3.000 horas de sol por ano, superior ao mínimo desejável para um bom aproveitamento para fins energéticos, que é considerado como sendo de 2.500 horas. Ver figura 2.7.

Figura 2.7 Densidade de disponibilidade de energia



Fonte: Ministério de Minas e Energia

2.3.2.1 Programas de incentivo

No Brasil, o programa governamental “Luz para todos” é tido como o maior incentivo, até hoje praticado, para a aplicação da tecnologia de geração fotovoltaica. Porém, durante o II SNESF³, nos debates ocorridos após palestra proferida por integrantes do MME⁴, ficou claro que a questão do bombeamento de água utilizando a energia fotovoltaica é algo ainda indefinido dentro do “Luz para todos”. Isto se deve ao fato de que as características técnicas exigidas para um sistema de bombeamento, no qual, muitas vezes, o conjunto motobomba é ligado diretamente à saída do módulo, poderia ficar aquém das exigências técnicas para um sistema conectado à rede ou ligado através de mini rede e,

³ II Simpósio Nacional de Energia Solar Fotovoltaica, ocorrido na cidade do Rio de Janeiro em maio de 2005.

⁴ Ministério de Minas e Energia – Chegou o Programa Luz para Todos.

portanto, seria exagero configurar tais aplicações como responsabilidade das distribuidoras de energia. Tal pensamento leva a distorções que suscitam imaginar, que, apesar da tecnologia fotovoltaica estar plenamente desenvolvida, outros aspectos, como o social, devem ser melhor entendidos para que se possa otimizar a aplicação dos recursos. A preocupação é no sentido de que o “Luz para todos”, um programa social, tenha como critério de decisão apenas o aspecto técnico.

Outro ponto a ser considerado refere-se ao porte do sistema básico estabelecido pelo programa “Luz para todos” (13 kWh/mês). Tal valor se mostra inadequado para se enquadrar a bomba d’água dentre os eletrodomésticos de uma residência. Assim sendo, é lícito imaginar haver necessidade de elevação da capacidade do mesmo.

2.3.3 Redução do custo da tecnologia

O grande entrave para a disseminação da tecnologia está concentrado no seu custo. O custo elevado inibe a demanda, e a demanda reduzida mantém o custo elevado.

Observa-se, atualmente, um crescimento acentuado do mercado de células fotovoltaicas, motivado, principalmente, por políticas governamentais no Japão, Espanha e Alemanha. Estas políticas se baseiam no financiamento e implantação de sistemas de geração de energia fotovoltaica, que operam conectados à rede elétrica e o proprietário do sistema pode vender a energia excedente a preços incentivados e através de contratos de longo prazo.

Estima-se que em 2004 tenha ocorrido um aumento de 61% relativo ao ano de 2003⁵, ver figura 2.8.

Figura 2.8 Evolução da produção de módulos fotovoltaicos

⁵ Palestra ministrada por Gabriel Sala – Instituto de Energía Solar – Universidad Politécnica de Madrid, no II SNESF, ocorrido em maio/2005 no Rio de Janeiro.

Figura 2.8 Evolução da produção de módulos fotovoltaicos

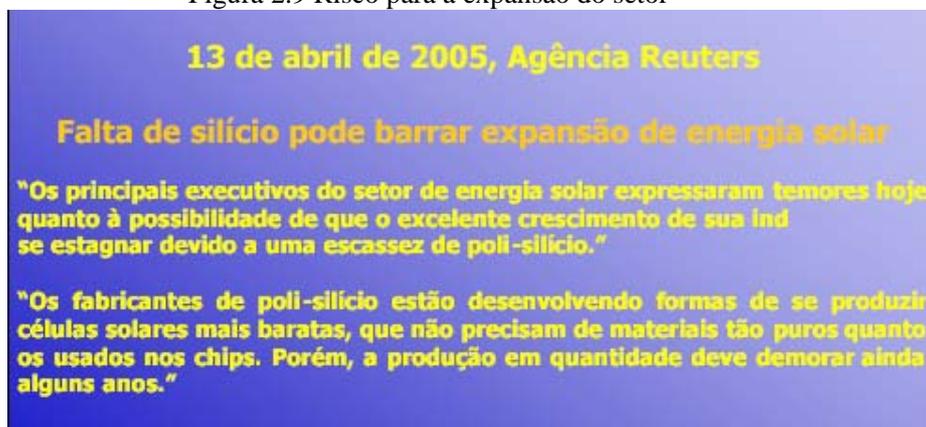


Fonte: Trabalho apresentado no II SNESF – Prof. Gabriel Sala

Tal fato suscita, inclusive, certo temor sobre a capacidade de manutenção da continuidade deste crescimento caso ocorra falta de matéria prima, silício grau solar, o que poderia acontecer se houver a retomada da indústria de semicondutores, ver figura 2.9. Mesmo experimentando taxas tão expressivas de crescimento, o custo da tecnologia de geração fotovoltaica ainda é elevado quando comparado com outras tecnologias, situando, hoje, o preço do Watt pico⁶ em torno de US\$3.2.

⁶ Watt pico – denominação de potência solar fotovoltaica.

Figura 2.9 Risco para a expansão do setor



Fonte: Trabalho apresentado no II SNESF – Prof. Adriano Moehlecke.

Ao longo dos últimos 30 anos previsões otimistas do preço do Watt pico foram feitas e, para 2005, estimavam valores próximos a US\$1.0/Wp, o que não se realizou. No entanto a tendência de redução do preço deve continuar à medida que a produção de células solares aumente e passe a auferir as vantagens da economia de escala.

3 Conclusões Finais

O bombeamento de água utilizando energia fotovoltaica já é uma tecnologia madura. Tem seu principal desafio na redução do preço da tecnologia, que, fatalmente, ocorrerá à medida que os métodos para a produção de silício grau solar evoluam e, paralelamente, continue aumentando a demanda por equipamentos de geração de energia fotovoltaica. Para tanto, políticas de incentivo à pesquisa de melhoria de processos de fabricação, incentivo à maior utilização da tecnologia, como vêm fazendo Alemanha, Japão e Espanha, devem ser mantidas.

Especificamente para o Brasil, que conta com apenas um fabricante nacional, oportunidades para a indústria de equipamentos deverão surgir, pois, atualmente, não só a grande maioria dos geradores de energia fotovoltaica é

importada, como, também, os conjuntos motobombas solares, fazendo com que, aqui, o preço da tecnologia tenha se mantido acima do preço do mercado internacional.

A pressão crescente da sociedade no sentido da preservação do meio ambiente impulsionará o processo de consolidação da tecnologia fotovoltaica, pelo fato da mesma proporcionar a geração de uma energia limpa.

A persistir a impossibilidade do programa “Luz para todos” de contribuir no cumprimento da tão nobre tarefa do abastecimento de água, a tecnologia de bombeamento solar não estará auferindo todos os benefícios advindos do incentivo à utilização de energia solar implícito no programa. Assim sendo, torna-se imperativo a busca de forma que permita a inclusão definitiva de tal aplicação no programa.

BIBLIOGRAFIA

Referências bibliográficas

- [1] GOMES NETO, E.H., Hidrogênio – Evoluir sem Poluir. Brasil H₂, 2005.
- [2] FEDRIZZI, M.C., Fornecimento de Água com Sistemas Fotovoltaicos. USP, 1997.
- [3] GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR – CEPTEL – CRESESB, Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. PRC-PRODEEM, 2004.
- [4] MOEHLECKE, A., Fabricação de Células Solares e Módulos Fotovoltaicos. Trabalho apresentado no II SNEFS, 2005.
- [5] ZILLES, R. e MACÊDO, W.N., Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. FUPAI, 2004.
- [6] BENEDUCE, F.C.A., em Energia Solar Fotovoltaica – Banco do Nordeste, 2000.
- [7] FEDRIZZI e SAUER, no artigo BOMBEAMENTO SOLAR FOTOVOLTAICO, HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS E PROJETOS – Coletânea de Artigos – Energias Solar e Eólica – Volume 1 – CRESESB – 2003.
- [8] O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – Guia de Orientação – FGV Editora, 2002.
- [9] MACINTYRE, A.J., Bombas e Instalações de Bombeamento. Editora Guanabara Dois S.A., 1980

Bibliografia consultada

- ALVARENGA, C.A., ENERGIA SOLAR – UFLA / FAEPE, 2001.
- DE GOUVELLO, C. e MAIGNE, Y., ELETRIFICAÇÃO RURAL DESCENTRALIZADA – CRESESB – CEPTEL, 2003.
- RÜTHER, R., EDIFÍCIOS SOLARES FOTOVOLTAICOS. Editora UFSC / LABSOLAR, 2004.