



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

RICARDO ALEXANDRE FREITAS DE OLIVEIRA

**OS EFEITOS ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTÁICA NA CAPRINOCULTURA NO MUNICÍPIO DE VALENTE**

SALVADOR

2000

RICARDO ALEXANDRE FREITAS DE OLIVEIRA

**OS EFEITOS ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTÁICA NA CAPRINOCULTURA NO MUNICÍPIO DE VALENTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de graduação de Ciências
Econômicas da Universidade Federal da
Bahia como requisito parcial à obtenção do
grau de Bacharel em Ciências Econômicas

Orientador: André Garcez Ghirardi

SALVADOR

2000

RESUMO

O fornecimento de energia elétrica através do modelo convencional de extensão de redes elétricas tem custo elevado frente ao perfil de consumo da demanda rural, o que acarreta a exclusão dessas áreas. Com o desenvolvimento, a redução de custos e a ampliação do leque de aplicações da Energia Solar Fotovoltáica (painéis que convertem raios solares em eletricidade), a possibilidade de se fornecer energia elétrica para essas áreas se torna uma realidade. A disponibilidade de energia favorece a agregação de valor ao produto rural e a elevação da renda dos produtores e cooperativas rurais, a geração de empregos, a promoção da fixação e a redução da migração para as cidades, além de melhorar a qualidade de vida. Através de uma cooperativa, foi possível o acesso dos pequenos produtores, do município de Valente, no interior da Bahia, à tecnologia fotovoltaica. Lá, os painéis são utilizados para fornecer energia elétrica para as residências e energizar cercas de contenção de caprinos. Neste último uso, constata-se a redução de custos da construção e manutenção das cercas, o que pode aumentar o investimento e estimular o aumento da produção.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1. Gráfico 1 – *Taxa de Atendimento Domiciliar Rural*. Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME), PRODEEM.....24
2. Gráfico 2 – *Propriedades Rurais - Taxa de Atendimento*. Fonte: MME, PRODEEM.....24
3. Tabela 1 – *A Escuridão no Campo – 1997*. Fonte: Eletrobrás.....25
4. Tabela 2 – *Distribuição Espacial dos Projetos – Período: 95/99*. Fonte: Scheleder.....31
5. Tabela 3 – *Totalização dos Projetos por Benefícios Sociais – Bahia – Período 95/99*. Fonte: Scheleder.....36
6. Mapa 1 – *O Estado da Bahia*. Fonte: APAEB – Associação dos Pequenos Produtores do Município de Valente.....38
7. Gráfico 3 – *Comparação dos Índices de Pluviosidade em Valente – 93/97*. Fonte: APAEB.....39
8. Gráfico 4 – *Preço do Quilograma de Carne Caprina*. Fonte: APAEB.....43
9. Tabela 4 – *Preço do Kit Solar*. Fonte: APAEB.....45
10. Tabela 5 – *Cerca Elétrica - Orçamento para Confecção de 1Km*. Fonte: APAEB.....47
11. Tabela 6 – *Cerca Convencional - Orçamento para Confecção de 1km*. Fonte: APAEB.....48
12. Tabela 7 – *Comparação do custo de manutenção entre Cercas Elétrica e Convencional*.....49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁICA	8
2.1	A HISTÓRIA DOS FOTOVOLTÁICOS.....	9
2.2	ASPECTOS TÉCNICOS.....	11
2.3	APLICAÇÕES.....	14
2.4	EFICIÊNCIA.....	15
2.5	ASPECTOS MERCADOLÓGICOS.....	16
3	ENERGIA SOLAR COMO ALTERNATIVA PARA O FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	20
3.1	O NÃO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO.....	20
3.2	COMUNIDADES SEM ACESSO À ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL...21	
3.2.1	A Situação Atual do Atendimento ao Mercado de Energia Elétrica Brasileiro	21
3.2.2	A Situação Atual do Atendimento ao Campo	23
3.3	O USO DOS FOTOVOLTÁICOS EM COMUNIDADES ISOLADAS DA REDE ELÉTRICA CONVENCIONAL.....	27
3.3.1	A Energia Solar Fotovoltáica no Brasil	29
3.3.2	A Necessidade de Um Modelo de Disseminação da Tecnologia	33
3.3.3	A Energia Solar Fotovoltáica na Bahia	35
4	A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁICA NO MUNICÍPIO DE VALENTE	38
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO.....	38
4.2	UMA COOPERATIVA COMO FACILITADORA DO ACESSO À TECNOLOGIA FOTOVOLTÁICA.....	41
4.3	O KIT SOLAR.....	45
4.4	O USO DOS FOTOVOLTÁICOS NA CAPRINOCULTURA.....	46
4.5	PESQUISA DE CAMPO.....	50
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, uma parte significativa da população dos países pobres ainda não tem acesso à energia elétrica. Neste contexto, as áreas rurais são as mais prejudicadas, pois o fornecimento através do modelo convencional de extensão de redes elétricas tem um custo elevado frente ao perfil de consumo da demanda rural, que é disperso. Desta forma, elas ficam excluídas da rede. Sem energia elétrica, essas áreas ficam condenadas a não ter os benefícios de uma das maiores invenções da humanidade. Imaginar o cotidiano sem energia elétrica é uma forma de se aproximar da realidade difícil enfrentada por essas comunidades. Fatores como esse reforçam a tendência à integração econômica, social e cultural através da migração para centros urbanos mais desenvolvidos. É aí que se insere o uso da energia solar através de painéis que convertem a luz do sol em energia elétrica, denominados fotovoltaicos, como uma alternativa para essas comunidades. A partir do uso da tecnologia fotovoltaica, a disponibilidade de energia pode agregar valor ao produto rural e elevar a renda dos produtores e das cooperativas rurais, gerando emprego, promovendo a fixação e reduzindo a migração para as cidades, além de propiciar uma elevação do padrão de qualidade de vida.

A utilização de painéis fotovoltaicos na caprinocultura no município de Valente, em que a aquisição é financiada por uma cooperativa, trouxe mudanças que são econômicas e essas transformações são o objeto de investigação deste trabalho monográfico. Para tanto, ele se divide em três capítulos. Inicialmente, são apresentados alguns aspectos técnicos sobre a tecnologia fotovoltaica, com o objetivo de esclarecer o que vem a ser os painéis fotovoltaicos. Faz-se algumas considerações iniciais, e depois são acrescentadas informações sobre a história do desenvolvimento desta tecnologia, a composição do sistema gerador fotovoltaico, as suas aplicações, sua eficiência e seus aspectos mercadológicos. Em seguida, apresentam-se uma análise sobre a condição atual do fornecimento de energia elétrica na forma tradicional e informações sobre como vem se dando o uso dos fotovoltaicos para o suprimento de eletricidade no Brasil e, mais especificamente, na Bahia. Além disso, discute-se um modelo de disseminação para o aproveitamento da energia solar para comunidades isoladas. Por fim, no último capítulo, são

fornecidos alguns elementos para a análise das transformações ocorridas na caprinocultura a partir da energização fotovoltaica das cercas de confinamento, no município de Valente. Neste processo, faz-se uma investigação sobre a mudança na estrutura de custos da caprinocultura (cercas e divisórias) e uma pesquisa de campo a título de ilustração.

O questionamento que se faz, dentro deste contexto, é saber se, com a redução de custos proporcionada pelos fotovoltaicos na caprinocultura, os produtores aumentaram sua produção, ou pelo menos se sentem estimulados a produzir mais. Apesar do caráter exploratório, no capítulo final deste trabalho monográfico, ainda são apresentadas algumas considerações a partir das observações feitas na pesquisa de campo.

2 A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAÍCA

O aproveitamento do recurso solar como fonte de energia, através da tecnologia fotovoltaica, que possibilita o fornecimento de forma descentralizada (independente de rede elétrica), deve se configurar numa alternativa energética para as comunidades isoladas desabastecidas do suprimento de energia elétrica. Além disso, representa uma forma ambientalmente saudável (sem emissão de CO₂) e sustentável, quando comparada às limitações das formas atuais de se produzir energia. Afinal:

“o mundo tem apenas um estoque limitado de combustível e trata-se apenas de uma questão de tempo para o esgotamento desse estoque. Existe uma diferença dos combustíveis finitos, a luz solar é um fluxo e não um estoque. Uma vez queimado, o galão de óleo desaparece para sempre; mas o sol continuará a lançar seus raios na direção da Terra daqui a um bilhão de anos, sejam aproveitados ou não para atender as necessidades humanas” (Hayes, 1977, p.196).

A potencialidade energética da exploração do Sol é imensa. Ele despeja, sobre a Terra, uma quantidade de energia fantástica:

“ O sol fornece anualmente, para a atmosfera, $5,445 \times 10^{24}$ J ou $1,5125 \times 10^{18}$ Kwh de energia, trata-se de um valor considerável quando comparado, por exemplo, com o total de energia produzido em 1970 por todos os sistemas desenvolvidos pelo homem, que foi igual a 2×10^{20} J ou 0,004% da energia recebida do sol”(Fraidenraich, Lyra, 1995, p.33).

O uso da luz solar apresenta, além da vantagem relativa de ser uma forma ambientalmente saudável e sustentável, algumas peculiaridades na produção de energia elétrica. Ela acontece de forma semi-aleatória, ou seja, sujeita a ciclos dia-noite e estações inverno-verão; não se pode, também, armazenar energia de forma direta, fazendo-se necessária uma transformação energética; e, finalmente, a incidência dos raios solares sobre a Terra é dispersa, entretanto:

“ a inconstância do sol é regional e sazonal, não é arbitrária nem política e pode, por conseguinte, ser prevista e planejada” (Hayes, 1977, p.221).

Entre as formas de captação, como a térmica e a fotoquímica, está a fotovoltaica, constituída de células que permitem a transformação direta da energia solar em energia elétrica, através do efeito fotovoltaico. A tecnologia de painéis solares, inicialmente, foi desenvolvida com o propósito de fornecer energia elétrica para satélites artificiais como os de comunicação e os meteorológicos. Sua comercialização em aplicações terrestres tem menos de trinta anos e, desde então, o processo de fabricação vem recorrendo, constantemente, a materiais e processos menos custosos, o que diminuiu consideravelmente o preço das células e painéis durante os últimos anos. Concomitantemente, o leque de aplicações vem se ampliando bastante e, entre essas diversas aplicabilidades, a que apresenta a melhor perspectiva é a eletrificação de comunidades isoladas ou desabastecidas pela rede elétrica.

As implicações sócio-econômicas da disponibilidade de energia, possibilitada pelos fotovoltaicos, adquirem, neste contexto de não-fornecimento, uma maior relevância e, portanto, devem ser potencializadas em suas aplicações.

2.1 A HISTÓRIA DOS FOTOVOLTÁICOS

Segundo Fraidenraich e Lyra (1995), o efeito fotovoltaico é conhecido desde 1839, quando foi descoberto através de estudos realizados por Bequerel. Este cientista demonstrava, naquele ano, que havia a possibilidade de se converter radiação luminosa em energia elétrica, através da incidência de luz direta sobre um eletrodo mergulhado em uma solução de eletrólito. Mais tarde, na Inglaterra, por volta de 1877, os cientistas Adams e Day observam o mesmo efeito num sólido, era o selênio. E, logo em 1883, surge a primeira célula solar produzida com selênio, cuja eficiência de conversão de energia era de aproximadamente 1%.

Neste século, os trabalhos de diversos cientistas pioneiros da física do estado sólido, como Lange, Grondahl e Schottky, na década de trinta, foram determinantes na obtenção de uma clareza no entendimento do efeito fotovoltaico em sólidos. A partir disto, foi impulsionada a busca por novos materiais e, em 1941, Ohl obteve a primeira célula solar de silício monocristalino. Os cientistas Billing e Plessnar, no ano de 1949, conseguiram a medição da eficiência das células solares de silício monocristalino e, concomitantemente, foi divulgada a teoria da junção P-N de Schockley. Porém, a fotocélula de silício semelhante às que são encontradas atualmente surgiu apenas em 1954. Posteriormente, trabalhos realizados no Bell Telephone Laboratories, pelos pesquisadores Chapin, Fuller e Pearson, possibilitaram o desenvolvimento de fotocélulas cuja eficiência alcançava o patamar de 6%. E, naquele mesmo ano, foi desenvolvido um processo para a purificação de monocristais de silício, que já era estudado desde o final da década de 40 e que ficou conhecido como “processo Czochralski”, que é utilizado até hoje.

Em 1956, a máxima eficiência teórica de conversão que pode ser obtida em função do intervalo de energia dos materiais foi determinada pelos cientistas Rapoport, Loferski e Jenny. A partir do ano de 1958, a utilização das fotocélulas nos programas espaciais se iniciou com grande êxito, tornando-se este o principal uso das células solares na década de 70, pois o seu elevado custo não permitia a sua viabilidade para usos terrestres. A partir daí, foram obtidos importantes progressos nesta área.

Após 1960, foram introduzidos, na tecnologia de fabricação, novos processos que resultaram em células cuja eficiência alcançava o patamar de 12 a 13%. O progresso tecnológico de células solares não manteve o mesmo ritmo, entre os anos de 1961 e 1971. Os esforços dedicados, neste período, foram concentrados na redução dos custos e de peso das células solares, que também precisavam ser mais resistentes à radiação existente no espaço. A busca por melhores rendimentos fez com que, em 1972, fosse anunciado o desenvolvimento da “célula violeta” com 16% de eficiência. Logo em 1974, foi obtida uma célula solar com eficiência entre 18 e 19%, denominada “célula negra”. Nesta, havia uma utilização de coberturas anti-refletivas que reduziam substancialmente as perdas por reflexão.

A partir da grande crise energética mundial de 1973/74, grande impulso foi dado à utilização terrestre na geração fotovoltaica. No final da década de 70, a produção de células para a utilização em equipamentos espaciais foi superada pela produção para usos terrestres. Este uso, que cresce a cada dia, é acompanhado por progressos tecnológicos que permitem o aumento da eficiência de conversão de energia e uma significativa redução dos custos da tecnologia fotovoltaica.

Isso tem impulsionado a pesquisa voltada ao experimento de novos materiais diferentes do silício monocristalino. Entre eles, estão o silício policristalino e amorfo, o arseneto de gálio e o sulfeto de cádmio, que hoje são estudados e utilizados. Porém, a abundância de matéria prima e o conhecimento tecnológico relacionado ao silício têm determinado a sua utilização no processo de desenvolvimento tecnológico fotovoltaico.

A redução do custo da tecnologia fotovoltaica foi drástica:

“As primeiras fotocélulas foram produzidas com custo médio de US\$ 600/W, já em 1983, há uma redução de custos para US\$ 8,33/W” (Fraidenraich, Lyra, 1995, p.313).

Isso a tornou competitiva economicamente para instalações pequenas, em lugares isolados, com diversas utilizações, como em projetos de irrigação e comunicações.

Vale ressaltar que, as perspectivas de se continuar utilizando combustíveis convencionais e o aumento da preocupação ambiental foram fatores altamente reguladores da expansão ou restrição, no decorrer do processo de desenvolvimento tecnológico e da decorrente disseminação das fontes renováveis de energia.

2.2 ASPECTOS TÉCNICOS

Segundo González (1993), as características atrativas dos sistemas fotovoltaicos são a modularidade (em que os painéis podem ser colocados próximos ao chão, em postes em telhados e etc); a capacidade de produzir energia de forma a satisfazer

diferentes necessidades quanto à quantidade de energia demandada, ou seja, quem necessita de mais energia usa painéis maiores e quem não precisa de tanta, pode satisfazer-se com painéis menores, que são mais baratos; os baixos custos de manutenção e uma vida útil superior a 20 anos. Com instalação fácil e pouquíssima necessidade de manutenção, os fotovoltaicos representam uma opção excelente para as comunidades isoladas, cuja possibilidade de assistência técnica especializada, de forma regular, é bastante pequena.

De acordo com o autor, um sistema gerador fotovoltaico comum é composto por alguns equipamentos que permitem proporcionar energia elétrica de forma útil. Estes elementos são: subsistema de captação energética, subsistema de acumulação, subsistema de regulação e subsistema de adaptação de corrente.

- **Subsistema de captação energética:** constitui-se no painel ou módulo, onde, como consequência do efeito fotovoltaico, há uma conversão de energia solar em energia elétrica. Resumidamente, o efeito fotovoltaico se dá a partir da incidência de raios solares sobre um tipo de material denominado semicondutor. A energia recebida provoca um movimento caótico de elétrons no interior do material. A partir de uma junção denominada P-N, há uma condução do movimento dos elétrons. Desta forma, quando incide a radiação solar numa célula fotovoltaica, aparece nela uma tensão análoga à que se produz nas bordas de uma pilha. A partir da colocação de contatos metálicos, pode-se extrair a energia elétrica produzida que será utilizada. Porém, nem toda luz solar incidente sobre a célula pode ser convertida em eletricidade devido às características da estrutura cristalina do material semicondutor. Desta forma, a conversão é limitada. O efeito fotovoltaico não se manifesta abaixo de um nível mínimo de radiação solar, existindo também um nível máximo acima do qual a radiação solar não é inteiramente aproveitada, proporcionando um “desperdício” de radiação incidente. Desperdício que afeta a eficiência de conversão da célula, sendo esta a relação entre a energia elétrica obtida e a energia da radiação incidente.

Um painel é constituído por várias células idênticas, conectadas eletronicamente entre si, em série e paralelo, de forma que a tensão e a corrente gerada incrementem-se até se ajustar ao valor desejado. Normalmente, os módulos utilizados estão

desenhados para trabalhar em combinação com baterias ou acumuladores de 12 volts. Graças à sua modularidade, o painel pode ser colocado sempre de forma a privilegiar a captação da incidência dos raios solares:

“Em geral , os painéis solares são montados rigidamente e orientados com sua face frontal voltada para o Norte(quando localizados no hemisfério Sul) em inclinação próxima do ângulo de latitude. Para a obtenção de uma maior uniformidade ao longo do ano, esta inclinação é acrescida de 10 a 15 graus”(Fraidenraich, Lyra, 1995, p.428).

Já na estrutura para o suporte, pode-se utilizar alumínio anodizado, que possui pouco peso e grande resistência - ferro galvanizado, apropriado para pesos elevados - e aço inoxidável para ambientes muito corrosivos. A escolha adequada do material pode conferir ao sistema uma longa vida útil;

- **Subsistema de acumulação:** nas instalações fotovoltaicas, geralmente são utilizadas baterias, cuja finalidade é armazenar a energia elétrica gerada nas horas de radiação para a sua utilização posterior, nos momentos em que a incidência de raios solares é baixa ou nula.

Atualmente, encontram-se diversos tipos de baterias, em diferentes fases de desenvolvimento, como a de Níquel-Cádmio (Ni-Cd), Níquel-Ferro (Ni-Fe), Chumbo-Ácido (Pb-Ácido), Níquel-Zinco (Ni-Zn) e a de Zinco-Cloro (Zn-Cl₂). A maior parte do mercado corresponde às baterias de Chumbo-Ácido (tradicional), que, em geral, são as que melhor se adaptam aos sistemas de geração fotovoltaica. Devido à sua implantação em termos comerciais, as baterias de Níquel-Cádmio (alcalina) possuem certo destaque, pois apresentam a possibilidade de serem utilizadas sem o sistema regulador, podem permanecer por muito tempo em baixo estado de carga e possuem uma boa estabilidade de tensão. Entretanto, por seu custo ser quatro vezes maior, é desaconselhável para aplicações fotovoltaicas;

- **Subsistema de regulação:** para um funcionamento satisfatório da instalação dos painéis fotovoltaicos juntamente com as baterias, deve-se instalar um sistema de

regulação de carga. Este aparelho é indispensável, a menos que o painel seja auto-regulador. Sua finalidade é a de impedir que a bateria continue recebendo energia do coletor solar, uma vez alcançada a sua carga máxima. Pois, neste ponto, se a energia continuar sendo introduzida, iniciam-se processos de aquecimento que são perigosos e que reduzem significativamente a vida útil da bateria. A prevenção de sobrecarga, que causa a diminuição da capacidade de carga da bateria nos sucessivos ciclos de carga-descarga, é muito importante para o melhor rendimento do equipamento;

- **Subsistema de adaptação de corrente:** este aparelho tem a função de adaptar as características da corrente gerada à demanda das aplicações. Por exemplo, algumas aplicações incluem elementos que trabalham em corrente alternada e, se os painéis, juntamente com as baterias, trabalham com uma corrente contínua, é necessária a presença de um adaptador que transforme a energia contínua em alternada.

2.3 APLICAÇÕES

De acordo com González (1993), a ampliação do leque de aplicações da tecnologia fotovoltaica no uso terrestre, desde o início de sua utilização, na década de 70, tem sido significativa, apesar das limitações aos usos que requerem maior quantidade de energia. De forma muito simples, as aplicações podem ser divididas em três categorias: produtos de consumo, sistemas autônomos e sistemas interligados a rede elétrica.

Com relação aos produtos de consumo, estão incluídos os relógios, brinquedos, calculadoras, televisores portáteis, aparelho de uso doméstico, etc. Nestes equipamentos, as células são de silício amorfo, na sua grande maioria. Isso se deve à fácil deposição desse material e à sua adaptabilidade em aplicações que requerem fotocélulas com formatos pouco utilizados ou menos usuais.

Já os sistemas autônomos (sem conexão com a rede) englobam uma série de aplicações, tanto rurais, como urbanas. As mais comuns são destinadas às telecomunicações, ao bombeamento de água para consumo, irrigação ou para tanques de piscicultura, à iluminação pública, à alimentação elétrica de postos de

saúde, a sistemas de dessalinização e à alimentação elétrica de residências (lâmpadas, televisores, rádios e etc.). Além disso, também são usados na eletrificação de cercas para a criação de animais (bovino, caprino, ovino e etc).

Finalmente, os sistemas interligados com a rede não podem ser considerados de uso comercial: na sua maioria, são projetos de demonstração, em que parte da necessidade de eletricidade é satisfeita pela rede como um complemento dos módulos fotovoltaicos, e, se houver um excesso de energia fotovoltaica gerada, ele é entregue à rede elétrica. Portanto, há uma relação de complementação na satisfação da demanda por energia elétrica.

Dentre esses diversos sistemas de aplicação, a eletrificação de localidades agrícolas isoladas é a que apresenta as melhores perspectivas: essa opção solar fotovoltaica dispensaria as custosas redes de transmissão e distribuição de energia que sobrecarregam o modelo de produção centralizada (estações de produção, subestações e malhas elétricas), cujas propriedades condicionam a vulnerabilidade dos usuários quanto a sabotagens e acidentes naturais. Assim:

“A tecnologia fotovoltaica é mais sensatamente aplicada de maneira descentralizada- de modo a serem minimizados os problemas de transmissão e estocagem” (Hayes, 1977, p.241).

2.4 EFICIÊNCIA

Segundo Fraidenraich e Lyra (1995), a grande maioria das células que atualmente estão disponíveis comercialmente são de silício monocristalino ou silício policristalino, que apresenta menor custo e também menor eficiência. A tecnologia, do uso do silício como material de base para a fabricação de células fotovoltaicas, está sujeita a constantes variações, experimentando diferenças importantes, segundo os fabricantes.

Com relação à eficiência das diferentes tecnologias fotovoltaicas, podem-se indicar alguns valores aproximados:

“No caso do silício monocristalino, as melhores células comerciais apresentam a eficiência de 15%, tendo o módulo alcançado a eficiência de 13%. Para o silício policristalino, a eficiência da célula atinge cerca de 12%, com módulos chegando a 11%” (Fraidenraich, Lyra, 1995, p.407).

Segundo o autor, as características técnicas que justificam essa menor eficiência dos módulos em relação às células deve-se à perda nas interligações elétricas entre elas e à baixa eficiência ótica da cobertura frontal do módulo para o aproveitamento da radiação incidente.

Quanto ao silício amorfo, seu processo de fabricação é mais simples e substancialmente mais barato. Porém, sua eficiência é bem inferior aos casos anteriores, pois fica em torno dos 9%, estabilizando-se em 6% após a deterioração por exposição à luz.

Outros materiais também são utilizados:

“Módulos de células CIS (disseleneto de Cobre-Índio) já são produzidas pela Siemens Solar Industries com 9,7% de eficiência. Também, módulos com células de Telureto de Cádmio são fabricadas pela BP Solar e pela Photon Energy, atingindo até 11% de eficiência. No caso do Arsenato de gálio, módulos, ainda em caráter experimental, possuem a eficiência de 20%” (Fraidenraich, Lyra, 1995, p.407).

Enfim, a eficiência das células e dos módulos fotovoltaicos aumentou consideravelmente desde o seu surgimento. Com a expansão do mercado e o conseqüente aumento dos investimentos em pesquisas, esse processo deve continuar.

2.5 ASPECTOS MERCADOLÓGICOS

A tecnologia fotovoltaica vem sendo cada vez mais utilizada como alternativa energética para onde as necessidades não são atendidas devido aos altos custos da

forma tradicional de suprimento. O ampliado leque de aplicações e a redução dos custos dos painéis têm transformado esta tecnologia numa forma de melhorar a qualidade de vida e impulsionar o desenvolvimento econômico das comunidades não eletrificadas.

Segundo a proposta Iniciativa de Transformação do Mercado Fotovoltáico (ITMFV), fruto de uma iniciativa do órgão ambiental Global Environment Facility (GEF) e do International Finance Corporation (IFC), filiado ao Banco Mundial, a taxa de expansão global de mercado está estimada em torno de 19% ao ano, até 2010. As aplicações rurais, onde conexões à rede estão indisponíveis, são os maiores nichos de mercado para fotovoltaicos (mais de 50%), transformando esta tecnologia numa importante peça para enfrentar as necessidades energéticas rurais de cerca de 400 milhões de domicílios no mundo. A ITMFV (1995) afirma que os custos da tecnologia fotovoltaica vêm caindo consideravelmente, reduzindo-se cerca de 10 vezes nos últimos 20 anos, atingindo atualmente o preço de US\$ 4,00 a US\$ 5,00 por watt pico¹ e acrescenta:

“Para cada duplicação de produção, os preços de mercado caem 20%. Assim, uma expansão de vendas para 200 MW (mega watt) por ano deixaria os preços em torno de US\$ 3,00 por Wp” (ITMFV, 1995, p.4).

Estima-se que os preços podem ser abaixados para US\$ 1,00 por Wp, dentro dos próximos 10 a 15 anos. Neste nível, a eletricidade fotovoltaica pode ser fornecida a US\$ 0,05 a US\$ 0,06 por kWh, em áreas com insolação adequada, tornando-se competitivo com os preços atuais de fornecimento da rede (US\$ 0,04 a US\$ 0,05).

“Atualmente uma fábrica produzindo 2 MW anuais de módulos de silicone amorfo, custaria cerca de US\$ 12,5 milhões para construir. Uma fábrica com 40 vezes mais desta capacidade requereria um investimento de apenas 6 vezes mais, ou US\$ 81 milhões. O custo de

¹ A incidência dos raios solares nas células que compõem o painel fotovoltaico é inconstante. Assim, Watt pico refere-se à energia obtida quando o nível de insolação é máximo.

produção projetado seria cerca de US\$ 1,25 por Wp” (ITMFV, 1995, p.4).

Assim, fica claro que os custos ainda são elevados devido a escala diminuta de produção, na qual a indústria fotovoltaica, que é intensiva em capital, segundo a ITMFV, ainda possui planta industrial de porte abaixo do ideal. Com um aumento da demanda, a indústria poderia vir a se automatizar e se beneficiar das maiores escalas de produção, reduzindo ainda mais os custos.

Resumindo, de um lado existe no mundo um mercado estimado de cerca de 2 bilhões de pessoas sem acesso à eletricidade e, do outro, há uma tecnologia de ponta capaz de proporcionar eletricidade com custo de atendimento menor que a extensão das malhas elétricas. Dessa forma, algumas barreiras devem ser contornadas para se resolver o problema da indisponibilidade de energia elétrica. A expansão dos fotovoltaicos, segundo a ITMFV, é dificultada por uma série de fatores:

- **Investimento:** é difícil mobilizar capital para investimento industrial sem garantias razoáveis de que o mercado absorverá a produção e que o retorno deste investimento será competitivo frente a outras oportunidades quaisquer (custo oportunidade);

- **Financiamento:** o fotovoltaico representa um alto investimento de capital inicial, o que aumenta as necessidades de financiamento. As instituições financiadoras tendem a ser conservadoras e a maioria ainda considera os fotovoltaicos como algo ainda não comprovado ou não comercial e, além disso, não oferecem mecanismos alternativos para atender aos potenciais usuários, que, na maioria das vezes (devido às suas características de isolamento, pouco desenvolvimento e baixo nível de renda) necessitam de linhas de crédito com parcelas pequenas e um longo prazo de pagamento;

- **Subsídios:** a energia da rede e os geradores a diesel são beneficiados por tarifas subsidiadas (elemento de política social em alguns países). Isto gera distorções que impactam negativamente todas as fontes renováveis de energia, pois fica difícil estabelecer comparações relativas aos custos reais entre elas:

“Nas áreas urbanas do mundo em desenvolvimento, os custos marginais de eletricidade situam-se em torno de US\$ 0,10 por kWh, enquanto que em áreas rurais é frequentemente em torno de US\$ 0,10 e US\$ 0,40 por kWh. Mesmo assim, os preços ao consumidor tendem a ficar abaixo dos custos (em torno de US\$ 0,04 e US\$ 0,05) e a receita não cobre os custos reais” (ITMFV, 1995, p.6);

- **Custos de comercialização:** a baixa densidade de clientes num dado território torna as vendas, as instalações, os serviços de assistência e a coleta de pagamentos dispendiosos e difíceis, resultando em altos custos. Isto dificulta o acesso das comunidades isoladas à tecnologia fotovoltaica, enfraquece a sustentabilidade dos sistemas e diminui o impacto de mercado de reduções de custo da tecnologia;
- **Percepção da clientela:** frequentemente há uma falta de conhecimento por parte dos potenciais clientes finais quanto à potencialidade dos fotovoltaicos.

Apesar dessas dificuldades, a tecnologia fotovoltaica tem apresentado uma boa penetração no mercado mundial, tanto em termos de produção como de vendas (Fraidenraich, Lyra, 1995, p. 457). A evolução da redução dos custos, desde o início de sua comercialização, tem se constituído num fator determinante para a maior disseminação no uso de sistemas fotovoltaicos, estimulando o crescimento de mercado.

3 ENERGIA SOLAR COMO ALTERNATIVA PARA O FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

3.1 O PROBLEMA DA INDISPONIBILIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO

A indisponibilidade de energia é um fator limitante das possibilidades de produção e desenvolvimento de uma sociedade. A condição de desabastecimento do suprimento de energia elétrica impõe a busca de uma alternativa, de um novo paradigma de produção de energia, que possibilite os benefícios da eletricidade a uma quantidade considerável de pessoas:

“Os requisitos financeiros para atender a demanda crescente de energia elétrica no mundo em desenvolvimento estão estimadas em, no mínimo, 100 bilhões de dólares por ano. Atualmente, 50 a 60 bilhões de dólares são gastos a cada ano neste setor, deixando um déficit anual de até 50 bilhões de dólares. Este déficit cumulativo causa um estrangulamento significativo no mundo em desenvolvimento” (ITMFV, 1995, p. 5).

A partir deste cenário de busca por um novo paradigma, a energia solar coletada através de painéis que convertem energia solar em eletricidade representa uma alternativa de produção descentralizada capaz de garantir o abastecimento de energia elétrica para uma parte das comunidades rurais isoladas ou desabastecidas pela rede. Pois, mesmo que tenha havido uma expansão da cobertura elétrica, através da ampliação das malhas, permanece um número significativo de pessoas sem acesso à eletricidade:

“Enquanto esforços maciços na eletrificação de áreas rurais resultaram um aumento da cobertura elétrica rural de 18% em 1970, para cerca de 33% em 1990, a taxa global de conexões mal tem acompanhado o crescimento populacional, deixando uma quantidade estimada de população não eletrificada constante, em cerca de 2 bilhões” (ITMFV, 1995, p.6).

3.2 COMUNIDADE SEM ACESSO À ELETRICIDADE NO BRASIL

No Brasil, este problema também está presente e, para evidenciá-lo melhor, este assunto foi dividido em dois itens. O primeiro, intitulado *A Situação Atual do Atendimento ao Mercado de Energia Elétrica Brasileiro*, mostra a situação preocupante em que se encontra o setor; o segundo, intitulado *A Situação Atual do Atendimento ao Campo*, refere-se, mais especificamente, à eletrificação rural no país.

3.2.1 A Situação Atual do Atendimento ao Mercado de Energia Elétrica Brasileiro.

Atualmente, discute-se a possibilidade de o setor elétrico brasileiro não conseguir assegurar a expansão da oferta de energia elétrica para abastecer o mercado, que cresce a taxas elevadas. De 1994 até 1998, o crescimento médio do consumo de eletricidade foi de 5,4% ao ano, enquanto o do PIB brasileiro foi de 3,6% ao ano (BNDES, 1998, p.1).

Em 1995, o aumento do consumo de eletricidade foi caracterizado por um aumento expressivo do consumo das classes residencial e comercial, o que, acredita-se, foi uma conseqüência de um ganho de renda proporcionado pelo Plano Real. A partir do início daquele mesmo ano, são registradas condições hidrológicas desfavoráveis, acarretando uma redução dos níveis dos reservatórios das hidrelétricas instaladas no país, e, portanto, uma redução da capacidade de geração de energia. Levando-se em consideração que a capacidade de geração de energia elétrica nacional é predominantemente proporcionada por fontes hidrelétricas - *aproximadamente 92%* (CEPEL, 1995, p.20) - o aumento do consumo e as condições hidrológicas adversas comprometeram o funcionamento seguro do sistema:

“ No biênio 1995-96, com o crescimento do consumo de energia elétrica a taxas bem superiores às projetadas (o planejamento do setor projetava um crescimento do consumo total de energia elétrica de 8,1%,

mas a taxa efetiva foi de 10,7%), o sistema passou a funcionar próximo aos seus limites, fazendo uso de suas margens operacionais” (BNDES, 1997, p.3).

Essas margens operacionais referem-se à operação do sistema elétrico com folgas de capacidade que consigam superar problemas eventuais a curto prazo, tais como perdas não programadas de geração, por exemplo. A permanente expansão do consumo de energia elétrica, a vulnerabilidade do fornecimento às condições hidrológicas adversas e um ritmo decrescente de expansão da capacidade instalada de geração de energia têm transformado o setor elétrico num motivo de preocupação para a sociedade brasileira.

“ Enquanto na década de 70, o ritmo de expansão da capacidade instalada de geração obedeceu a taxa média de 11,8% ao ano, na década seguinte a taxa baixou para 4,1% ao ano, reduzindo-se ainda mais nos anos 90, quando alcançou 3,3% ao ano” (BNDES, 1997, p.2).

No período entre 1970 e 1997 - mesmo com a redução da expansão da capacidade instalada acompanhada de uma redução do crescimento do PIB - o consumo de energia elétrica per capita expandiu-se à taxa média de 7,9% ao ano, enquanto que a economia cresceu 4,5% ao ano no mesmo período. (BNDES, 1997, p.1). Neste contexto, o planejamento da expansão do setor, com a antecipação das ações necessárias para garantir o suprimento de energia elétrica compatível com o crescimento econômico esperado, torna-se fundamental. Com este intuito, o documento oficial de planejamento do setor – Plano Decenal de Expansão 1998/2007 –, elaborado pelo Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS-Eletróbrás), traz importantes conclusões. Neste documento, considera-se que, para os próximos 10 anos, a economia brasileira e o consumo de energia elétrica crescerão a taxas médias de 4,8% e 5% ao ano, respectivamente. Estas referências determinam um crescimento significativo da capacidade de geração brasileira da ordem de 62%. Para a realização dessa expansão da oferta de energia, estima-se que serão exigidos para os próximos 5 anos, somente para a geração de energia, investimentos em torno de R\$17 bilhões. Com a reestruturação

institucional do setor, onde o novo ambiente transfere a decisão de investir para agentes privados, introduz-se um grau de incerteza na implementação das obras necessárias no prazo exigido, já que essas decisões dependem dos parâmetros de rentabilidade e risco próprios do empresariado privado, cuja lógica é influenciada pela percepção de riscos de mercado. Com isso:

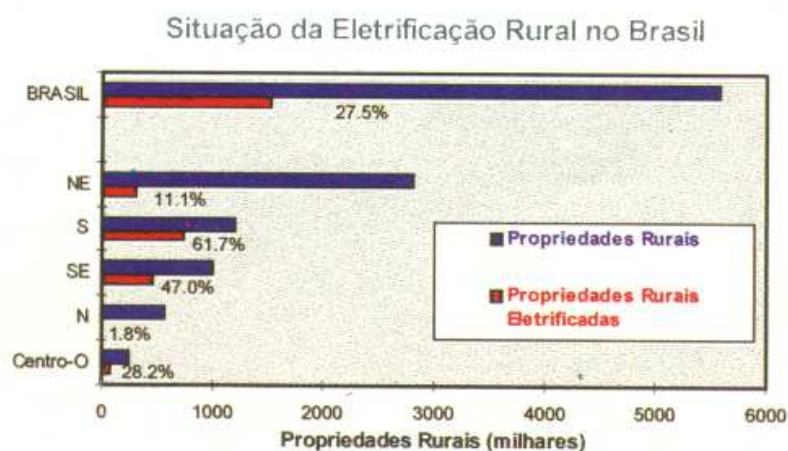
“ O atraso na ampliação do parque gerador faz com que o sistema opere, atualmente, nos horários de demanda máxima, com estreita margem de segurança. O longo prazo para a implantação dos projetos do setor impede que o ajuste da oferta seja imediato, o que reduz o nível de segurança de operação do sistema” (BNDES, 1998, p.4).

Apesar do PIB ter mostrado um comportamento diferente do previsto pelo Plano, pois sempre permaneceu com taxas de crescimento inferiores às antecipadas, o não cumprimento do cronograma de expansão da oferta tem proporcionado expectativas ruins quanto à situação do sistema. De acordo com o coordenador do Programa de Planejamento Energético da coordenadoria de pós-graduação em Engenharia (Coope) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Maurício Tomalsquim, cerca de 4.000 MW de potência têm de ser instalados por ano no país para acompanhar o aumento da demanda, que cresce a um ritmo de 5% ao ano. Todavia, nos últimos 3 anos, o Brasil ganhou em média 2.000 MW por ano. Assim, o risco de desabastecimento estimado para 2001 é de 17% do mercado, que é um índice bem maior que os 5% considerados aceitáveis historicamente pela Eletrobrás. (Brasil..., 2000, p.3). E, desta forma, medidas como o Horário de Verão e campanhas de combate ao desperdício de energia devem ser uma constante para se atenuar os riscos e até mesmo blecautes.

3.2.2 A Situação Atual do Atendimento ao Campo.

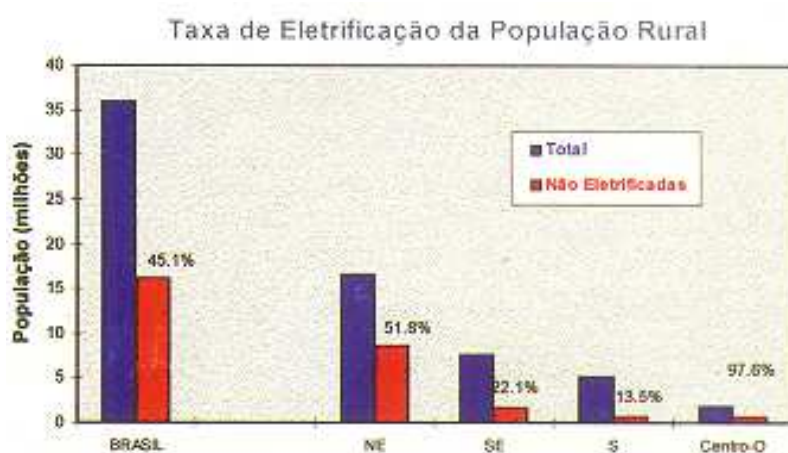
O atendimento ao campo ainda está longe de proporcionar eletricidade a uma parcela significativa da população brasileira, como demonstram os gráficos a seguir:

Gráfico 1 – TAXA DE ATENDIMENTO DOMICILIAR RURAL



Fonte: Brasil. Ministério de Minas e Energia. PRODEEM, 1995.

Gráfico 2 – PROPRIEDADES RURAIS – TAXA DE ATENDIMENTO



Fonte: Brasil. Ministério de Minas e Energia. PRODEEM, 1995.

“Apesar das conquistas alcançadas pelo setor energético nacional, no sentido de proporcionar energia elétrica à população como um todo, somente 55% dos domicílios rurais e 27,5% das propriedades rurais têm, hoje, acesso à energia elétrica, o que significa mais de 20 milhões de habitantes e 4 milhões de propriedades agrícolas (em todo país) desassistidas do suprimento deste tipo de energia. O elevado custo do atendimento, implícito no modelo tradicional de extensão de redes elétricas, e os subsídios aos sistemas energéticos convencionais inibem

o aproveitamento das fontes locais de energia e contribuem para esse cenário de carência” (Brasil - MME, 1995, p. 1).

Dados da Eletrobrás mais recentes, retirados do caderno relatório da Gazeta Mercantil (maio / 1998), reforçam as informações do Ministério de Minas e Energia (MME):

Tabela 1: A Escuridão no Campo – 1997

Regiões	Nº de Propriedades Rurais por Região	Falta Eletrificar	% de Propriedades Rurais Sem Luz na Região
Norte	569.000	553.959	97,4
Nordeste	2.818.000	2.444.588	86,8
Centro-Oeste	247.000	134.107	54,3
Sudeste	999.000	417.186	41,3
Sul	1.202.000	367.291	30,4
Total	5.835.000	3.917.131	67,2

Fonte: Eletrobrás, 1997.

A tabela acima mostra que a situação do Nordeste, com relação às outras regiões, só é melhor que a Região Norte.

Este mesmo relatório, encontrado na Gazeta Mercantil, sobre eletrificação rural, menciona um estudo técnico da USP que levanta um aspecto interessante concernente ao custo do atendimento: a diferença de custos relacionados à distribuição entre o padrão de atendimento brasileiro e o padrão adotado pelos países ricos (França, EUA e Alemanha por exemplo) para a eletrificação rural. No Brasil, o padrão consiste no uso de linhas trifásicas (3 fios) com postes de concreto duplo T. Os países ricos utilizam linhas monofásicas (1 fio) e postes de madeira. O estudo fez uma comparação entre os dois padrões de atendimento e chegou a conclusões claras. Quanto ao duelo madeira x concreto, o poste de madeira só perde no quesito durabilidade. Os postes de madeira (eucalipto) possuem uma resistência mecânica a tração maior que o poste de concreto duplo T, aqueles suportam cerca de 400Kg em qualquer direção, enquanto que os últimos resistem a 300Kg na direção dos fios e

150Kg na perpendicular. Desta forma, numa linha plana e reta, para cada 4 postes de concreto seriam necessários apenas 3 de madeira e essa diferença se acentua quanto mais irregular é a linha. Quanto a diferença de peso dos dois, os de concreto (900Kg) exigem, para sua colocação, um guindaste mecânico (munck) o que, de certa forma, prejudica as comunidades mais isoladas por não terem estradas. Os de madeira (280Kg) não requerem cuidados com o transporte como os de concreto (frágeis) e podem ser deslocados mais facilmente. Quanto à durabilidade, quando a madeira é tratada, o poste tem uma vida útil de 25 anos, inferior ao de concreto em 5 anos. Com o tratamento da madeira, a inflamabilidade é reduzida ao mínimo e não provoca danos ao meio ambiente. Quanto ao preço, os de madeira são mais baratos: custam em torno de R\$100, enquanto os de concreto custam R\$200. A linha brasileira trifásica, que possui um diferencial de qualidade no fornecimento de energia em relação à monofásica, é criticada pelo fato de o perfil socio-econômico das famílias sem luz recomendar a construção de linhas monofásicas, que utilizam menos fios, o que reduz os custos². Enfim, todas estas informações atestam que o padrão utilizado para a eletrificação rural no Brasil é o mais caro, resultando num elevado custo de atendimento que acaba contribuindo para a indisponibilidade de energia para uma parcela significativa da população brasileira.

As comunidades rurais sem energia elétrica enfrentam muitas dificuldades, e esta situação de não-fornecimento dificulta o seu desenvolvimento. A falta de energia elétrica compromete várias atividades: escolas funcionam limitadas; postos de saúde são ineficazes, sem refrigeradores para conservar remédios e vacinas; as informações difundidas, através de aparelhos televisores e rádios, não são acessadas; o serviço de telefonia rural, através de postos telefônicos, fica impossibilitado; a disponibilidade de água para consumo, higiene (saúde) e irrigação é dificultada, comprometendo a produção de alimentos e, além disso, a iluminação precária, através de candeeiros, não permite uma série de atividades à noite. Obviamente que a disponibilidade de energia transformaria esta situação, amenizando as dificuldades enfrentadas pelas famílias que vivem nessas comunidades isoladas.

² A diferença fundamental entre a linha monofásica e a trifásica é que esta possibilita várias voltagens, como 110 e 220 Volts, por exemplo, e a monofásica restringe-se a uma voltagem apenas.

3.3 O USO DOS FOTOVOLTÁICOS EM COMUNIDADES ISOLADAS DA REDE ELÉTRICA CONVENCIONAL

A energia solar fotovoltaica vem conquistando espaço cada vez maior como tecnologia alternativa para suprir as necessidades de energia elétrica em comunidades isoladas da rede elétrica convencional. As características inerentes à tecnologia fotovoltaica, impulsionam a exploração de um mercado potencial imenso, através do uso do recurso solar, fazendo com que esforços sejam desenvolvidos no intuito de construir um novo paradigma de produção de energia nos lugares onde a incidência dos raios solares possam fornecer energia confiável, abundante e de qualidade.

Neste contexto, pode ser observado um esforço mundial para o desenvolvimento de novas tecnologias e de modelos de disseminação para fontes de energia renováveis e limpas, como a solar, que, descentralizadamente, pode atender parte deste enorme mercado. Segundo Hayes (1977), os esforços desenvolvidos no passado em termos de viabilidade econômica para o aproveitamento do fluxo solar foram prejudicados pelo fato de se ignorar os custos ambientais dos combustíveis convencionais:

“Se a recuperação das terras fosse exigida das companhias mineradoras, se as usinas de força tivessem de abafar sua fumaça nociva, se os petroleiros fossem proibidos de descarregar nos oceanos seus carregamentos tóxicos, se os patrocinadores da energia nuclear tivessem de encontrar um meio seguro de dispor dos resíduos radioativos de longa durabilidade, as fontes de energia convencionais custariam mais e o equipamento solar seria mais economicamente competitivo”(Hayes, 1977, p. 195).

Mas, segundo Soliano (1995), com o aumento da preocupação ambiental, em 1991, através de iniciativa da ONU, realizaram-se dois grandes eventos de onde surgiram contribuições importantes. Do *International Solar Energy Conference on Economic and Political Initiatives for Applications of Renewable Energies in Developing Countries*, realizado no Zimbábue, resultou a declaração de Harare, cujo conteúdo

afirmava que os países em desenvolvimento não deveriam esperar pelos países desenvolvidos para introduzir a energia solar, mas sim procurar desenvolver suas bases industriais locais para fazer uso das suas vantagens comparativas. E, do *International Workshop on Mass Production of Photovoltaics: Commercialization and Policy Options*, surgiu a declaração de São Paulo, que identifica medidas para possibilitar que a energia solar fotovoltaica venha a fornecer serviços básicos de eletricidade às populações rurais dos países em desenvolvimento. Naquele mesmo ano, foi criado o Grupo de Energia Solar para o Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (UNSEGED) para discutir formas de fortalecer o arcabouço institucional internacional para a promoção e utilização das fontes renováveis de energia. Em 1992, na Conferência do Rio, chamou-se atenção para a insustentabilidade da forma pela qual a necessidade de energia era resolvida. E recomendou-se o uso eficiente e ambientalmente benéfico da energia, em particular de fontes renováveis economicamente viáveis. Em 1993, através de um evento promovido pela UNESCO, o *The High Level Export Meeting for The World Solar Summit*, foram identificadas iniciativas e projetos estratégicos que poderiam vir a compor um programa global para a promoção das energias renováveis, dentro do que poderá ser chamada de década solar (1995 – 2005). Em 1994, a Comissão Européia definiu um plano de ação para as fontes de energia renováveis (solar e eólica) para aquele continente, estabelecendo como meta, que, até o ano de 2010, as energias renováveis poderiam vir a substituir 15% da demanda de energia. Em 1995, o Banco Mundial lançou o programa *The Solar Initiative*, com o objetivo de preparar e financiar aplicações comerciais de tecnologia solar e outras renováveis, constituindo-se num importante passo para a disseminação de alternativas. De lá para cá, o aumento da competitividade frente às outras fontes de energia, decorrente da tendência declinante dos custos (avanços tecnológicos, automação da produção, larga escala de produção) e um ampliado leque de aplicações têm conferido à energia solar um papel significativo como alternativa energética para comunidades desabastecidas do suprimento de energia elétrica. Para se ter uma idéia da tendência de redução dos custos: “*Constata-se, ainda, uma redução dos custos de 50% a cada 5 anos*” (Cepel, 1995, p.32). Com relação ao ritmo de expansão da indústria fotovoltaica:

“ Em 1994, a venda dos sistemas ultrapassou 1 bilhão de dólares. Nos últimos 5 anos a indústria cresceu à razão de 20% ao ano” (Young, 1996, p.50).

Este dado confirma e ultrapassa a taxa de expansão global do mercado, que foi estimada pela ITMFV em torno de 19% ao ano até 2010.

3.3.1 Energia Solar Fotovoltáica no Brasil

Segundo Soliano (1995), no final da década de 70 e início da década de 80, o interesse pelas fontes renováveis de energia, especialmente as solar e eólica, cresceu a partir da crise do petróleo, consubstanciando alguns projetos que foram colocados em funcionamento, formando o Programa de Energia Solar (Prosolar). No final da década de 80, com a queda do preço do petróleo, houve um desinteresse em termos globais, resultando num desaquecimento das pesquisas e atividades na área. A retomada dos interesses internacional e nacional veio após o acidente de Chernobyl (1986) e fortaleceu-se com a Guerra do Golfo (aumento do preço do petróleo). Assim, a partir de 1991, cooperações internacionais possibilitaram a implantação de projetos demonstrativos (centros de aculturação) articulados por governos estaduais, universidades e concessionárias de energia elétrica, como os quinze sistemas de bombeamento fotovoltaico destinados a vilas no interior do Ceará, envolvendo a Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ), a Companhia Elétrica do Ceará (COELCE) e a Secretaria de Planejamento do Estado. Após a Conferência do Rio, a cooperação entre o Departamento de Energia dos Estados Unidos e os governos dos estados do Ceará e Pernambuco, através de um convênio firmado entre o Centro de Pesquisa Elétrica (CEPEL) e a National Renewable Energy Laboratory (NREL), possibilitou a iluminação de várias vilas no interior destes estados. A partir daí, outras concessionárias como a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), a Companhia Elétrica da Bahia (COELBA), a Light, entre outras, começaram a implantar seus projetos demonstrativos, utilizando energia solar. Assim, problemas ligados a estas instalações fotovoltaicas ganharam importância, resultando na criação do Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltáica (GTEF), com o objetivo de

produzir dados solarimétricos, manuais de engenharia, divulgação e treinamento para se montar uma base de dados e normatização. Em 1994, o Ministério de Minas e Energia (MME) lançou o Programa de Desenvolvimento da Energia nos Estados e Municípios (Prodeem), que tem como objetivo fornecer energia para comunidades não atendidas pelo modelo convencional do suprimento de energia, através de fontes renováveis, descentralizadas, ambientalmente saudáveis, tecnicamente factíveis e economicamente viáveis. O quadro seguinte resume a situação de atendimento do PRODEEM quanto aos resultados obtidos:

Tabela 2- Distribuição Espacial dos projetos – período 95/99

Estados	Municípios	Localidades	População (unidade)
ACRE	7	45	18.009
ALAGOAS	31	80	21.867
AMAPÁ	11	24	3.572
AMAZONAS	31	872	151.660
BAHIA	50	227	45.650
CEARÁ	64	151	23.943
ESPÍRITO SANTO	5	7	1.067
GOIÁS	22	85	9.453
MARANHÃO	24	105	18.483
MATO GROSSO	9	25	27.294
MATO GROSSO DO SUL	28	94	34.451
MINAS GERAIS	35	117	14.598
PARÁ	30	401	166.058
PARAÍBA	40	224	37.838
PARANÁ	1	1	950
PERNAMBUCO	96	788	139.747
PIAUI	54	138	24.470
RIO DE JANEIRO	7	17	6.712
RIO GRANDE DO NORTE	65	196	38.215
RIO GRANDE DO SUL	7	8	945
RONDÔNIA	17	32	24.335
RORAIMA	6	20	1.896
SÃO PAULO	28	97	11.549
SANTA CATARINA	1	2	240
SERGIPE	23	103	26.626
TOCANTINS	20	87	10.419
TOTAL	712	3.946	860.056

Fonte: SCHELEDER, Eugênio Miguel, 1999.

Ainda de acordo com Soliano (1995), as cooperações implementadas, as iniciativas dos estados e outras entidades, a obtenção de recursos internacionais (graças à mobilização em torno da proteção ambiental) e o compromisso internacional de

cooperação tecnológica possibilitaram a conscientização da necessidade de se estabelecer uma política nacional para o uso das energias renováveis, fazendo com que o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) convocassem o I Encontro para a Definição das Diretrizes para o Desenvolvimento das Energias Solar e Eólica, realizado em abril de 94. Ele resultou na declaração de Belo Horizonte, cujas diretrizes tinham como objetivo identificar mecanismos que, através de modificações nas políticas governamentais, da criação de programas, de linhas de financiamento específicas e incentivos, estimulassem a pesquisa, o desenvolvimento e o uso disseminado destas formas de energia. Assim, em dezembro de 1994, foi criado o Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento destas energias renováveis, através da disseminação de conhecimentos, da ampliação das discussões entre as entidades envolvidas e de estímulo à implementação de estudos e projetos.

Em 1995, o II Encontro para o Desenvolvimento das Energias Solar, Eólica e de Biomassa, resultou na Declaração de Brasília, onde são apresentadas diretrizes políticas, legislativas, administrativas, tecnológicas, financeiras, ações para a formação de recursos humanos e divulgação, com o objetivo de possibilitar, dentre outras coisas, projetos que empreguem energia solar.

A viabilização do abastecimento de energia, através dos fotovoltaicos, para produtores rurais individuais ou associados, assentamentos rurais e comunidades isoladas pode proporcionar a agregação do valor da energia ao produto rural, favorecendo o aumento da produção de alimentos, a elevação da renda, a geração de empregos, a redução da migração e a melhoria da qualidade de vida no campo. Em outras palavras, a disponibilidade de energia permite criar condições estruturais de combate à fome no interior do país, possibilita os programas de eletrificação e irrigação rurais e garante infra-estrutura energética para os serviços necessários ao desenvolvimento das áreas rurais (água potável, saúde, educação, informação, telefonia de emergência e etc). No Brasil, as aplicações da tecnologia solar fotovoltaica estão voltadas para:

“(...) o fornecimento de energia elétrica para residências, centros comunitários, escolas, postos telefônicos, centros de saúde, estações de bombeamento de água, em vilas (como no interior do Ceará), passando pelo suprimento de energia para aplicações produtivas em comunidades e propriedades rurais, como irrigação de pequenas áreas, eletrificação de cercas e criatório de peixes (como ocorre no interior da Bahia), para, finalmente, atingir a geração de grandes blocos de energia para a injeção na rede elétrica, como acontecerá dentro de alguns anos no Ceará, e acontece em menor escala em Minas Gerais.” (Soliano, 1996, p.2).

Essas aplicações, no mínimo, já garantem uma melhoria na qualidade de vida para as pessoas beneficiadas.

3.3.2 A Necessidade de um Modelo de Disseminação da Tecnologia

Para garantir os benefícios e a sustentabilidade da introdução da tecnologia fotovoltaica no campo, discute-se, atualmente, um modelo de disseminação onde se faz necessária a formação de uma rede envolvendo governos federal e estaduais, bancos de desenvolvimento e comerciais, concessionárias e fornecedores de energia, além de instituições de cooperação técnica. Essa rede se expandiria para administrações municipais e cooperativas agrícolas nas comunidades isoladas, com o objetivo de atender aos potenciais usuários tecnológicos. Os agentes desta rede desenvolveriam uma estratégia de percepção e identificação das necessidades, de forma a trabalhar na conscientização dos benefícios que a energia elétrica traria a essas comunidades isoladas, derrubando as barreiras culturais locais. Junto a essa estrutura, ainda faz-se necessária a criação de linhas de crédito para o financiamento da tecnologia fotovoltaica adequadas às condições do pequeno produtor rural, em que estejam claros os custos de instalação, manutenção e reposição e que possibilitem amortizações a longo prazo, já que a capacidade de se gerar excedente monetário é limitada. Segundo Soliano (1996), as principais fontes de recurso são:

- **PRODEEM:** instituído pelo MME, que se propõe a cobrir a maior parte das aplicações da tecnologia fotovoltaica;

- **Programa de Apoio ao Pequeno Produtor (PAPP):** atuando no Nordeste patrocinando projetos comunitários sociais e produtivos;

- **Banco do Nordeste do Brasil, através do Fundo Constitucional de Desenvolvimento do Nordeste (FNE):** que financia não apenas a aquisição de equipamentos solares para projetos agro-industriais e agropecuários, mas também a fabricação e montagem destes sistemas no Nordeste, estimulando pesquisa, o desenvolvimento e a capacitação pessoal. Este financiamento é de longo prazo e suas condições variam dependendo do porte do empreendimento e da localização. Os pequenos produtores situados na região semi-árida têm um prazo de até 12 anos com 4 anos de carência, para pagar com juros máximos de 6% mais a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP). Com relação ao grande industrial, as condições menos favoráveis se refletem em 8 anos de prazo com 2 anos de carência e juros de até 6 % mais a TJLP. (BNB..., 1996, p.4).

Outro aspecto fundamental para o sucesso de um modelo de disseminação dos fotovoltaicos em áreas rurais remotas diz respeito à montagem de uma estrutura que garanta a manutenção e a reposição do equipamento. O uso eficiente da tecnologia, de forma a otimizar a sua aplicação, pode ser prejudicada pela inexistência de uma transferência e absorção de informações que possibilitem a manutenção e a assistência técnica dos equipamentos solares fotovoltaicos, junto aos pequenos produtores rurais. Dessa forma, seria necessário o treinamento de pessoas das próprias áreas, para que pudessem resolver os problemas técnicos eventuais de forma independente.

No Brasil, segundo Soliano (1995), vários fatores configuram um contexto favorável à disseminação dos fotovoltaicos:

- a existência de um enorme mercado potencial de 20 milhões de pessoas sem energia elétrica;

- vários sistemas demonstrativos em operação;
- capacidade científica não desprezível;
- captação de recursos de várias fontes;
- capacidade de produção e acesso à tecnologia de um razoável nível de maturidade;
- cooperativas, ONG's e associações atuantes no meio rural, sem restrições institucionais à venda de serviço de energização através de sistemas isolados.

Como o público alvo desta tecnologia é difícil de ser alcançado, as experiências envolvendo a montagem de vendas com organizações não-governamentais, cooperativas e associações locais devem ser mais exploradas, já que conseguem driblar as barreiras culturais e financeiras, atingindo os potenciais usuários rurais. Dessa forma, a proximidade entre as organizações locais e os potenciais consumidores finais as transformam em um importante facilitador neste processo de introdução e disseminação da tecnologia.

3.3.3 A Energia Solar Fotovoltáica na Bahia

Na Bahia, o uso da energia solar fotovoltaica é importante como alternativa energética devido à dificuldade de promover-se a eletrificação rural nas comunidades pequenas e distantes da rede. Apenas 9% das propriedades rurais das comunidades são eletrificadas. Segundo a análise da CEPEL, em qualquer localidade a pelo menos 10 quilômetros da rede, o atendimento da demanda, através dos fotovoltaicos, é mais vantajoso, caso o consumo situe-se no valor médio de 12,5 kWh por mês, considerando como referência um investimento de US\$ 1250 por consumidor para a implantação do sistema fotovoltaico.

O custo de atendimento tradicional de 100 residências cresce de cerca de US\$ 5000 por residência, para uma distância de 10 quilômetros da rede, para cerca de US\$ 8000 por residência para uma distância de 50 quilômetros da rede. Logo, conclui-se que há vantagens na instalação de sistemas fotovoltaicos, já que o atendimento tem um custo muito elevado diante do consumo reduzido de energia do produtor rural.

A partir disso, a Companhia Elétrica da Bahia (COELBA) fez um processo seletivo num universo de 2900 localidades não eletrificadas cadastradas, resultando em 150 localidades a serem beneficiadas e, junto com a Cepel e o Departamento de Energia dos Estados Unidos (USDOE), desenvolveu um projeto, em que o USDOE doava à Cepel os equipamentos básicos necessários à implantação, tais como módulos, controladores de carga e bombas, cabendo à última a distribuição do equipamento no país. A COELBA e o Governo do Estado da Bahia ficaram incumbidos de fornecer os recursos para a compra dos materiais complementares como fiação e disjuntores e para cadastramento e treinamento dos usuários, que, para serem beneficiados, devem estar devidamente organizados em associações. Este projeto teve a perspectiva de instalar sistemas fotovoltaicos em domicílios, escolas, creches, postos de saúde, igrejas, poços artesianos e propriedades rurais em usos produtivos (piscicultura, irrigação e cerca elétrica). A atuação do PRODEEM também tem dado bons frutos ao estado:

Tabela 3 - Totalização dos Projetos por Benefícios Sociais – Bahia – Período: 1995/1999

ÁREA DE TRABALHO	8
ABASTECIMENTO DE ÁGUA	85
CASA DE APOIO	1
CENTRO COMUNITÁRIO	8
ELETRIFICAÇÃO GERAL	2
ESCOLA	195
IGREJA	13
ILUMINAÇÃO DE PRÉDIO PÚBLICO	1
ILUMINAÇÃO PÚBLICA	115
PESQUISA	1
POSTO DE SAÚDE	17
TOTAL	446

Fonte: SCHELEDER, Eugênio Miguel, 1999.

Na Bahia, além de usos comunitários para iluminação, dois projetos, frutos de um convênio firmado entre a COELBA, a CEPEL e o National Renewable Energy Laboratory (NREL), merecem destaque (Lago, 1996, p.7). O primeiro deles, em

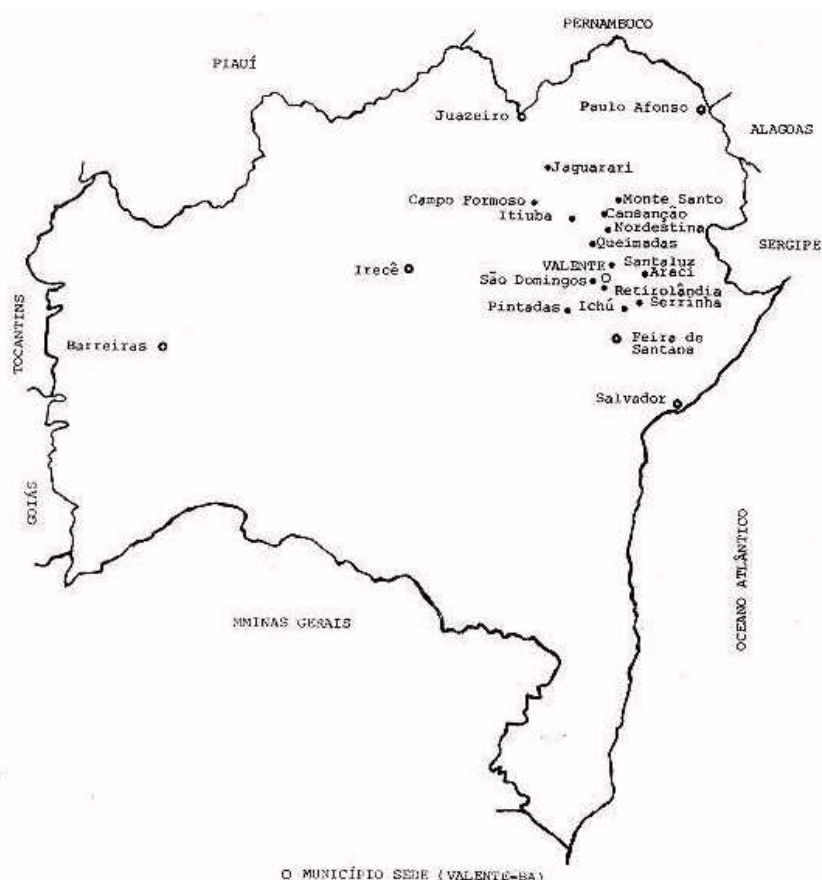
Capim Grosso, consiste na implantação de um sistema solar de irrigação, que possibilita a plantação de batata doce, abóbora, quiabo, tomate, milho e etc., transformando a vida dos produtores a partir do diferencial de produtividade proporcionado pela disponibilidade de energia. O segundo consiste na implantação de um sistema de captação de energia solar na cidade de Valente, mais especificamente na Fazenda Madeira, onde os fotovoltaicos substituem o trabalho de uma antiga bomba a diesel para a extração de água. A extração é destinada ao consumo e aos tanques de piscicultura (carpas e tilápias – peixes adequados à condição da água da região) e os painéis também são usados para a iluminação doméstica e eletrificação de cercas para o confinamento de caprinos. Esse último uso é o objeto de estudo deste trabalho monográfico.

4 A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO MUNICÍPIO DE VALENTE

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

O município de Valente, que fica a aproximadamente 240 quilômetros da capital Salvador, situa-se na região Nordeste do Estado da Bahia. Com 372,6 km² de área³, tem como limites os municípios de Retirolândia, São Domingos e Santaluz.

Mapa 1 – O ESTADO DA BAHIA



Fonte: APAEB – Associação dos Pequenos Produtores do município de Valente, 1999.

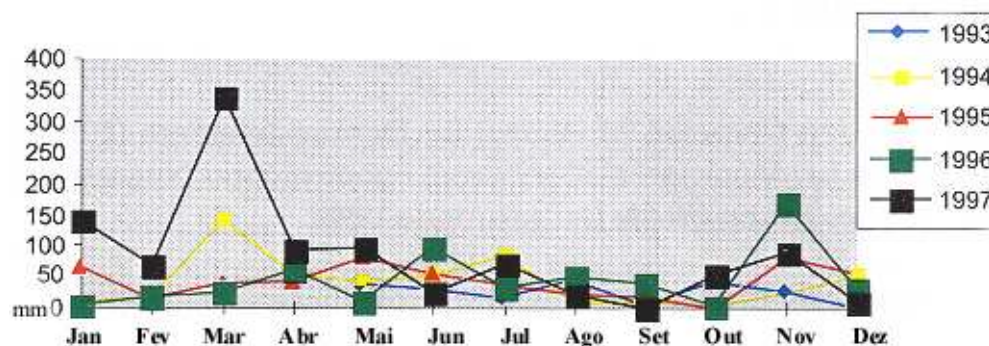
O clima de Valente é caracterizado por ser muito quente e seco, registrando uma temperatura média anual alta, que fica em torno de 23, 5°C⁴. Os níveis de insolação ficam em torno de aproximadamente 2500 horas por ano, em média. As chuvas

³ SEI - Anuário Estatístico da Bahia, Salvador, 1999.

⁴ CEI - Centro de Estatística e Informações. Informações básicas dos municípios. Salvador, 1994.

normalmente são escassas, concentrando-se num curto período de tempo durante o ano, chegando a determinar uma estação seca com duração de mais de 7 meses. A título de ilustração:

Gráfico 3 - Comparação dos índices de pluviosidade em Valente (1993 a 1997)



Fonte: APAEB, 1997.

Segundo informações do Centro de Estatística e Informações, o período chuvoso do município concentra-se entre os meses de novembro e janeiro (CEI, 1994, p. 939). Quanto à vegetação, a que predomina é a caatinga e com relação ao solo:

“Mais da metade do semi-árido baiano está sobre terrenos cristalinos e impermeáveis, onde o solo é pouco profundo, com baixa capacidade de armazenamento de água” (REBOUÇAS, 1997, p.312).

Assim, os altos níveis de insolação aliados a recursos hídricos bem limitados e chuvas escassas e irregulares ocasionam longos períodos de seca.

A ocorrência crônica das secas acaba limitando as possibilidades de se oferecer oportunidades de emprego e geração de renda; e, também, dificulta a promoção do desenvolvimento econômico desta região que abriga cerca de 6,2 milhões de pessoas (BAHIA, 1996), constituída, basicamente, por uma população jovem e rural. O efeito negativo das secas sobre a produtividade agrícola é significativo, tornando-a muito baixa e, assim, afeta a população cujos recursos financeiros são escassos.

O analfabetismo dificulta a apreensão e a difusão de conhecimento e, desta forma, limita a utilização de novos métodos e técnicas de produção que sejam adaptados às condições impostas pelo semi-árido, resultando em baixa produtividade do trabalho do produtor rural que convive com a seca.

Quanto à quantidade de terra das unidades rurais produtivas no município:

“Os pequenos produtores rurais da região possuem pouquíssima terra. O que se constitui um grande limite; a média fica em torno de 12 hectares⁵ por família” (APAEB, 1997, p. 9).

E com relação à renda:

“ Os pequenos produtores rurais da região, na sua absoluta maioria, mesmo trabalhando 10 horas por dia, não conseguem uma remuneração superior a meio salário mínimo” (APAEB, 1997, p. 33).

Este quadro de pobreza determina o trabalho infanto-juvenil intensivo como uma tentativa de aumentar o baixo nível de renda. Isto acaba afastando os jovens da escola. Nos períodos prolongados de seca, a falta de possibilidades faz com que a marginalidade, a prostituição infantil e a migração campo-cidade cresçam, devido às precárias condições de vida, resultado dos baixos níveis de renda e consumo. E, assim, os de nível de renda mais baixa migram para os centros urbanos em busca de melhores padrões de vida e de ascensão social. Esta migração transforma pessoas desqualificadas em candidatos na disputa das oportunidades de emprego oferecidas nas cidades, geralmente despreparadas para o inchaço decorrente da migração. Normalmente, sem qualificação para preencher a demanda por mão-de-obra, a exclusão leva ao aumento da violência, da mendicância, da criminalidade e etc.

Com relação ao crescimento populacional, o município de Valente apresenta uma taxa média anual de crescimento da ordem de 1,39% entre 1980 e 1996. Neste

⁵ 1ha (hectare) são 100 Ares. Cada Are são 100m².

período a população passou de 14.237 moradores para 17.714, sendo que em torno de 10, 3 mil vivem na área rural, segundo o anuário estatístico da Bahia de 1999 – SEI. A economia do município de Valente tem como principais atividades a extração da fibra do sisal (exportação de tapetes), a agricultura de subsistência, o comércio e as pecuárias bovina e caprina. A Caprinocultura, por sua vez, merece destaque pela sua capacidade de resistir aos períodos de seca, representando uma alternativa de produção importante para o pequeno produtor do município.

4.2 UMA COOPERATIVA COMO FACILITADORA DO ACESSO À TECNOLOGIA FOTOVOLTAÍCA

A título de informação, este sub-ítem sobre a Associação dos Pequenos Agricultores do Município de Valente, que se define como uma sociedade civil sem fins lucrativos composta pelos agricultores da sua região de atuação, é considerado relevante para este trabalho monográfico. Sua importância se deve ao fato desta cooperativa, com o intuito de encontrar alternativas para se conviver com o semi-árido e proporcionar uma vida mais digna aos pequenos produtores rurais, ter sido o agente possibilitador da tecnologia fotovoltaica no município e por exercer um papel significativo na economia local.

Embora sediada no município de Valente, a Apaeb, hoje, trabalha em 12 municípios da região sisaleira: Valente, Araci, Santa Luz, São Domingos, Ichú, Monte Santo, Cansanção, Itiúba, Queimadas, Campo Formoso, Jaguarari e Retirolândia.

A cooperativa tem cerca de 700 funcionários distribuídos nas diversas áreas de atuação. Para se ter uma noção da importância desses empregos, uma pesquisa encomendada pela mesma fez um levantamento do número de empregados sem ou com carteira assinada nos estabelecimentos comerciais e foram contabilizados 662 empregos diretos e 1023 funcionários empregados pela prefeitura. Com a proposta de desenvolver projetos que propiciem meios para se conviver com as condições impostas pelo semi-árido, sua atuação se desenvolve em duas dimensões: a) Implementação de programas adaptadas às condições da região, a partir de experiência prática, demonstrando sua viabilidade técnico econômica.

b) Conscientização, organização e capacitação para ampliar e continuar com o trabalho desenvolvido nos municípios.

Dentre as várias atividades desempenhadas pela Apaeb se destacam:

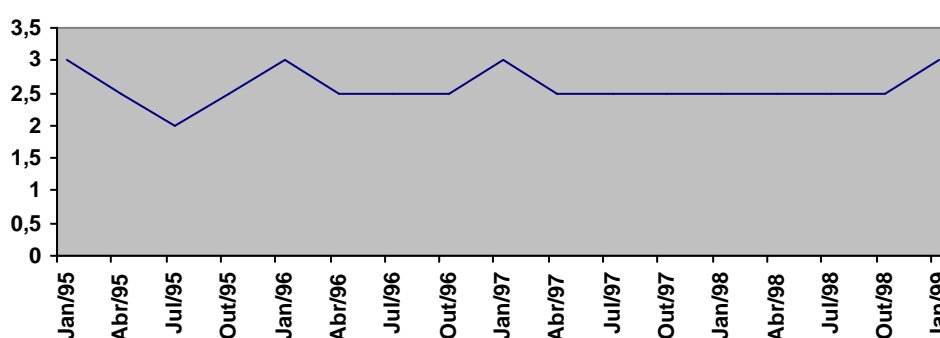
- 1) Batedeira Comunitária de Sisal: Segundo a Apaeb, a capacidade de produção é de 500 toneladas de fibra por mês, onde atualmente trabalham cerca de 192 pessoas.
- 2) Programas de Capacitação: Através destes são realizados encontros e treinamentos relacionados à criação de animais, diversificação de culturas, recuperação do solo, planejamento e reordenamento da unidade familiar de produção, uso da energia solar, manipulação de novas técnicas e métodos de produção adequados às condições da realidade local (semi-árida). Além de todos estes aspectos, ainda dá-se atenção à instrução para enfrentar melhor as secas, ensinando o armazenamento e uso racional da água, o armazenamento de alimento para os animais e etc.
- 3) Posto de Vendas: Local para a venda da produção dos agricultores, inclusive da carne caprina produzida pelos associados.
- 4) Escola Família Agrícola (EFA): Foi implantada em 1996, visando não apenas ensinar a ler e escrever, mas também a cuidar da terra, dos animais, a conviver com o clima semi-árido, possibilitando que os alunos ajudem os seus pais com o que aprenderam.
- 5) Reflorestamento: Segundo a Apaeb, nos últimos 3 anos, foram distribuídas 50 mil mudas de árvores resistentes e adaptadas ao clima e ao solo (algaroba, cajueiro, umbuzeiro, leucena e etc.), que contribui para a alimentação e para a recuperação da fauna e da flora da região.

6) Indústria de Tapetes: Após a comercialização da fibra de sisal para o exterior por 10 anos, a implantação da fábrica, no final de 1996, possibilitou a venda do produto já acabado, agregando valor e gerando empregos (cerca de 300 diretos).

7) Cooperativa de crédito: Em 1993, a Apaeb incentivou a criação da COOPERE – Cooperativa Valentense de Crédito Rural – que funciona como um banco para o pequeno produtor com cheque, conta corrente, empréstimos, repasse de recursos de programas oficiais como o FNE – Fundo Constitucional de Desenvolvimento do Nordeste – administrado pelo Banco do Nordeste e etc.

8) Fundo Rotativo: Constitue-se num programa de crédito voltado aos pequenos produtores rurais, no qual são financiados a caprinocultura, a reorganização da pequena propriedade, bancos de proteínas para os animais, a energia solar e etc. Para o pagamento, os recursos emprestados têm seu valor convertido em quilos de carne caprina e o produtor paga através da equivalência produto, ou seja, os produtores vendem sua carne à Apaeb e pagam em parcelas anuais o seu empréstimo com prazos de até 8 anos. A carne caprina foi escolhida por ser amplamente comercializada na região e por ter um preço bem estável, sofrendo poucas variações.

Gráfico 4 - Preço do Kg da Carne Caprina (em R\$)



Fonte: APAEB, Departamento Agropecuário, 1999.

9) Cidadania em ação: Consiste numa tentativa de envolver a população nos atos do Executivo e Legislativo municipais com a perspectiva de participar enviando propostas de políticas públicas voltadas para os agricultores.

10) Energia Solar: Para possibilitar o acesso à energia elétrica, a Apaeb, desde 1994, financia a aquisição de equipamentos solares para iluminação residencial, uso de eletrodomésticos de baixo consumo e energização de cercas para confinamento de animais. Em maio de 1995, a associação, como parceira de um convênio firmado entre a COELBA, CEPEL e NREL (National Renewable Energy Laboratory), trouxe para Valente um sistema de captação de energia solar, com o caráter de projeto experimental e o intuito de buscar alternativas de produção de alimentos na região e geração de empregos. Esse sistema é usado em várias atividades como bombeamento de água (açude) para consumo e tanques de piscicultura, onde são criadas carpas e tilápias (peixes adequados as condições da água da região), para a energização de cercas para o confinamento de caprinos e fornecimento de eletricidade para o funcionamento de rádios, tv e lâmpadas.

Apesar de não se ter dados oficiais a respeito do tamanho da comunidade que não tem acesso à energia elétrica na forma tradicional no município, atualmente o programa denominado raio de luz já beneficia mais de 170 famílias compreendidas na área de atuação da cooperativa. Excetuando-se o projeto de caráter experimental citado acima, quanto as aplicações da tecnologia fotovoltaica mais usadas, pode-se verificar a frequência de kits solares usados para iluminação residencial e energização de cercas. Devido à escassez de recursos hídricos (longos períodos de seca), o uso no bombeamento de água para irrigação, que possibilitaria o aumento da produtividade da terra, e da diversidade de culturas, não é verificado. Desta forma, este fator natural restringe muito as possibilidades de desenvolvimento econômico que os fotovoltaicos, a partir do fornecimento de energia elétrica, podem propiciar à agricultura. Para se ter uma idéia da restrição, segundo o responsável pelo programa Raio de Luz (Energia Solar), apenas 10% das famílias que obtiveram kits solares usam-nos de forma produtiva e somente na energização de cercas. Os 90% restantes utilizam seus painéis solares apenas para o fornecimento residencial de eletricidade. Com relação ao financiamento, a cooperativa dispõe de um programa de crédito (fundo rotativo) para o pequeno produtor, no qual a tecnologia é financiada levando-se em consideração a sua capacidade de pagamento. O modelo de financiamento é caracterizado por prazos longos (até 8 anos) e cobrança de prestações acessíveis (cerca de R\$ 14 por mês). O uso da energia solar permite a substituição de fontes

energéticas usadas na iluminação residencial, como gás liquefeito de petróleo (GLP), querosene e óleo diesel, além de substituir as baterias usadas para o funcionamento de rádios e etc. Essa troca favorece a canalização dos recursos gastos com combustíveis e baterias para o pagamento do empréstimo.

4.3 O KIT SOLAR

O kit solar usado para a iluminação doméstica e energização de cercas elétricas tem capacidade para o uso de 5 lâmpadas fluorescentes de 20w, um televisor de 12 volts (preto e branco), uma antena parabólica, um rádio, um liquidificador, e também para a energização de 40 km de cerca. A bateria carregada é suficiente para aproximadamente 3 horas de uso. Aparelhos como chuveiro, ferro de passar, TV colorido e geladeira consomem muita energia e por isso não podem ser utilizados, pois os painéis usados pelos pequenos produtores são pequenos. Para usar estes aparelhos seriam necessárias muitas placas e os custos de investimentos se elevariam a ponto de inviabilizar o acesso à tecnologia. Quanto ao custo do kit, segue o quadro:

Tabela 4 – PREÇO DO KIT SOLAR

QUANTIDADE/ESPECIFICAÇÃO	VALORES EM R\$
01 – Módulo 53 W	570,00
01 – Bateria 145 Ah	160,00
01 – Controlador de Carga	150,00
01 – Aparelho eletrificador	190,00
04 – Lâmpadas fluorescentes com reator	80,00
Fios diversos, interruptores, etc.	80,00
Kit pára-raio	40,00
Instalação	50,00
TOTAL	1.320,00

Fonte: APAEB, Departamento Agropecuário, 1999.

Vale ressaltar que os técnicos da Apaeb instalam e dão toda a orientação para que os pequenos produtores utilizem o equipamento de forma correta, assegurando uma longa vida útil.

4.4 O USO DOS FOTOVOLTÁICOS NA CAPRINOCULTURA

Segundo a Apaeb, a seca que assola a região desde 1992 foi um fator determinante para que os agricultores não obtivessem safras significativas. Desde aquele ano, o rebanho bovino da região foi dizimado em cerca de 70%⁶, porém os animais de pequeno porte como caprinos resistiram. Essa capacidade de resistir aos longos períodos de seca tem transformado a caprinocultura numa atividade segura para os pequenos produtores do semi-árido e para a economia do município⁷. Assim, com o intuito de promover a criação de caprinos, a cooperativa buscou novas tecnologias que possibilitassem a construção de cercas (divisórias e perimetrais) de baixo custo, capazes de conter os animais. Como resultado desta busca, a energização de cercas através de energia solar se mostrou uma alternativa viável por que existe uma diferença significativa de custos entre a cerca elétrica fotovoltaica e a cerca convencional. De acordo com a cooperativa, a estrutura da cerca elétrica para o confinamento de caprinos, por utilizar menos madeira e menos arame, é mais barata que a cerca convencional:

⁶ Segundo o Anuário Estatístico da Bahia de 1999 – SEI, o efetivo do rebanho bovino do município é de 15.650.

⁷ Segundo o Anuário Estatístico da Bahia de 1999 – SEI, o efetivo do rebanho caprino do município é de 7.800

ORÇAMENTOS (COMPARATIVOS)
CERCA ELETRIFICADA X CERCA CONVENCIONAL

Tabela 5 – Cerca elétrica - Orçamento para confecção de 1 km de cerca com os fios de arame liso N°14, estacas espaçadas de 10 X 10 metros e mourões a cada 50 metros.

Especificações	UNIDADE	QUANT.	VALORES EM R\$	
			UNITÁRIO	TOTAL
MATERIAIS				501,00
Arame Liso n°14	Kg	160	1,80	288,00
Estacas	Und.	80	1,00	80,00
Grampo	Kg	03	2,00	6,00
Mangueira Isolante	M	60	0,70	42,00
Mourões	Und.	20	3,50	70,00
Esticadores	Und.	10	1,50	15,00
TRANSPORTE	%	10	-	50,10
MÃO DE OBRA				100,00
Trabalhador	H/D*	25	5,00	100,00
TOTAL				651,10

* Homens por dia.

Fonte: APAEB, Departamento Agropecuário, 1999.

Tabela 6 - Cerca convencional -orçamento para confecção de 1 km de cerca com 7 fios de arame farpado, estacas espaçadas entre 1,5 X 1,5 metros e mourões a cada 10 metros

	UNIDADE	QUANT.	VALORES EM R\$	
			UNITÁRIO	TOTAL
MATERIAIS				1.531,40
Arame Farpado	Rolo	14	40,00	560,00
Arame Liso nº16	Kg	23	1,80	41,40
Estacas	Und.	566	1,00	566,00
Grampo	Kg	07	2,00	14,00
Mourões	Und.	100	3,50	350,00
TRANSPORTE	%	10	-	153,14
MÃO-DE-OBRA				375,00
Trabalhador	H/D	75	5,00	375,00
TOTAL				2.059,54

Fonte: APAEB, Departamento Agropecuário, 1999.

Além das vantagens de custo inerentes à construção da cerca elétrica fotovoltaica, ela não precisa ser reparada com a frequência da cerca convencional, demonstrando vantagens também na manutenção. A quebra da cerca decorrente da resistência dos animais ao confinamento (os caprinos, em especial, são muito resistentes), tornam esta ainda muito mais cara que a cerca elétrica, no qual a resistência dos animais é quase nula devido à mudança de comportamento a partir dos choques por contato.

Segundo os dados fornecidos pela Apaeb para a construção de uma cerca de 1km, as vantagens de custo no decorrer do tempo se dão da seguinte forma:

Considerando os preços constantes no período, a durabilidade da madeira e do arame iguais a 3 e 10 anos⁸, respectivamente e ainda supondo que, num determinado ano 0 (zero), dois produtores construam suas cercas: uma elétrica e a outra convencional.

⁸ Frequência determinada através dos produtores entrevistados.

Temos a seguinte tabela:

Tabela 7 – Comparação do custo de manutenção entre as cercas elétrica e convencional.

ANO	TROCA DE MATERIAL	VALORES EM R\$	
		Cerca Elétrica	Cerca Convencional
0	1º Cerca	651,10	2.059,64
3	Troca de Madeira	150,00	916,00
6	Troca de Madeira	150,00	916,00
9	Troca de Madeira	150,00	916,00
10	Troca de Arame	341,00	615,40
	TOTAL EM 10 ANOS	1.442,10	5.423,04
12	Troca de Madeira	150,00	916,00
15	Troca de Madeira	150,00	916,00
18	Troca de Madeira	150,00	916,00
20	Troca de Arame	341,00	615,40
	TOTAL EM 20 ANOS	2.233,10	8.786,44

Fonte : Pesquisa Direta, 2000.

Considerando que o pagamento do kit solar é feito através da substituição dos gastos com combustíveis para a iluminação e que o kit que energiza as cercas é o mesmo que ilumina as casas, enquanto um paga o kit, o outro consome combustíveis. Isso implica que, no final de oito anos (prazo para o pagamento do kit), o kit é pago, mas o produtor que adotou a cerca convencional continua tendo gastos com combustíveis para iluminação. Assim, do ano 9 até o ano 20, considerando o gasto de R\$ 15 por mês com combustíveis e baterias, o produtor sem o kit terá gasto cerca de R\$ 2160 reais. No final de 10 anos, o produtor que usa a cerca convencional tem um custo cerca de 276,05% maior que o produtor que utiliza a cerca elétrica; no final de 20 anos, ainda acentua-se a diferença para 293,46%. Vale ressaltar que, nas trocas de material, não foi computado o custo com mão-de-obra, devido ao desconhecimento do método usado para determinar a quantidade de trabalhadores e o prazo necessários para a manutenção das cercas elétrica e convencional nos orçamentos considerados.

A partir da tabela, fica claro que, com o uso da cerca elétrica solar, há uma mudança significativa na estrutura de custos da caprinocultura. A redução vista permite que o dinheiro que antes era gasto na maneira tradicional (caprinocultura com cerca de arame farpado) seja realocado, determinando novos investimentos que, por sua vez, favorecem uma maior produção e, por consequência, um aumento no nível de renda dos produtores. A partir dessas observações, pode-se chegar a conclusão de que a presença dos fotovoltaicos, possibilitada por uma cooperativa através de um modelo de financiamento preocupado com as condições de pagamento do pequeno produtor, favorece a melhoria da qualidade de vida (luz de melhor qualidade e sem emissão de fumaça), o acesso aos benefícios do uso da energia elétrica e a redução da estrutura de custo da caprinocultura.

4.5 PESQUISA DE CAMPO.

A fim de verificar as mudanças ocorridas na caprinocultura a partir do uso dos fotovoltaicos no município de Valente, fez-se um pesquisa de campo no mês de maio de 1999, onde duas propriedades foram escolhidas e visitadas após uma consulta ao coordenador do programa Raio de Luz. Infelizmente, a falta de um cadastro da Apaeb que indicasse as famílias que usam o fotovoltaico produtivamente nos limites do município e a dificuldade encontrada para visitar essas propriedades, que não possuem energia convencional e se localizam em áreas remotas de difícil acesso, impossibilitaram a visita a mais produtores. Assim, a escolha dessas propriedades foi indicada, por representarem comumente as propriedades que usam os fotovoltaicos produtivamente na energização de cercas para o confinamento de caprinos e também por ter um certo tempo de uso, já que as vantagens de custo entre o produtor que usa a cerca elétrica e o que usa a cerca convencional aumentam com o decorrer do tempo. Paralelamente, verificou-se, nas propriedades do município, que as cercas convencional e elétrica seguem mais ou menos o padrão descrito pela Apaeb (ver páginas 47 e 48) e, dessa forma, atesta-se a legitimidade dos orçamentos na tradução da realidade da caprinocultura do município (diferença de custos).

Nas duas propriedades visitadas, pertencentes aos produtores Antônio Ribeiro e Manuel “Grande” Oliveira, os kits solares eram utilizados tanto no fornecimento

residencial de eletricidade como na energização de cercas para o confinamento de bodes e cabras. A partir da visita e de uma entrevista, pôde-se fazer as seguintes observações:

◆ Com relação às cercas, uma se apresentava exatamente como no molde da cooperativa, ou seja, possuía 5 feixes de arame liso e estacas de madeira bem espaçadas. Já a outra, possuía apenas 4 feixes de arame liso e com estacas também bem espaçadas. De acordo com o produtor, essa mudança na estrutura da cerca, em que há a redução de um feixe de arame, diminui os custos da cerca elétrica ainda mais, sem afetar a qualidade de contenção.

◆ Quanto ao tamanho das áreas destinadas ao confinamento, estas não foram ampliadas após o uso da cerca elétrica. O perímetro das cercas também é relativamente pequeno quando comparados à análise dos orçamentos comparativos, que estabelece uma comparação entre 1 km de cercas convencional e elétrica. Quanto às propriedades observadas, uma propriedade tinha em torno de 80 metros de cerca e a outra, 260 metros.

◆ Segundo os produtores, a cerca contém os animais de forma eficaz, pois eles não oferecem mais resistência, nem sequer encostam e assim não a danificam. Uma mudança interessante com o uso da cerca elétrica foi a extinção da “canga”, que era uma armação de madeira colocada no pescoço do animal, impedindo a fuga pelo espaço entre um feixe e outro de arame. E mais, os animais tentavam fugir constantemente do confinamento e, quando se prendiam no arame farpado da cerca convencional, as vezes morriam, causando prejuízos ao produtor. Com a cerca elétrica, isso não ocorre mais.

◆ Com relação ao tempo de uso da cerca elétrica, um dos produtores usava há 3 anos e o outro há 4. Nenhum deles tinha feito troca de arame ou madeira ou qualquer reparo na cerca, apesar da necessidade visível de se trocar algumas estacas.

◆ Quanto à quantidade de animais, um produtor possuía 20 e o outro, 40. O segundo manteve o número de animais mais ou menos constante desde o uso da cerca elétrica e o outro aumentou de 7 para 20, através de um empréstimo (compra de animais), no momento em que passou a usar a cerca elétrica.

◆ Os dois produtores não haviam comprado a madeira de suas cercas, ambos extraíram da própria propriedade e construíram com mão-de-obra deles mesmos e, assim, não tiveram gasto com trabalho, como previsto pelos orçamentos (ver páginas 47 e 48). Obviamente que essa condição foi favorecida pelo uso da cerca elétrica, que requer menos madeira e menos trabalho.

◆ A caprinocultura nessas propriedades tinha caráter de subsistência e não de empreendimento comercial agrícola. Em outras palavras, parte da produção era consumida ou sua renda decorrente era desviada, e isso determinava uma má alocação dos recursos, o que dificulta a reprodução e a ampliação da atividade. Ambos os produtores faziam uso da aposentadoria para o pagamento do empréstimo tomado à Apaeb : “Só com o bode não dá para pagar”.

◆ Os produtores não vendiam a carne exclusivamente à Apaeb; também vendiam à intermediários. Existe uma diferença substancial no preço pago por quilograma de carne praticado entre os dois compradores. A cooperativa paga cerca de R\$ 2,50 por quilograma e “na porta” os produtores vendem por cerca de R\$ 2,00. A razão de se vender ao intermediário é a longa distância para se chegar à sede da Apaeb.

◆ Segundo os produtores, com a cerca elétrica solar não se aumentou a produção significativamente e, portanto, não houve a necessidade de se aumentar a área cercada. A grande dificuldade apontada por eles é imposta pela seca, determinando o enfraquecimento e a morte dos animais: “As cabras ficam fracas para parir e morrem, os filhotes nascem fracos e não encontram ração ou pasto e morrem”. Segundo o outro: “ Uma cabra pari a cada seis meses, e o bode leva um ano para ficar pronto para o abate. Com a seca, a alimentação fica difícil e a produção comprometida”.

◆ Quanto à frequência de venda de carne, os produtores não sabiam precisar e apenas afirmaram que oscila muito. Um produtor arriscou que em “bons tempos” consegue vender um bode de 12 quilogramas a cada dois meses. Tomando-se por base o preço pago pela cooperativa (R\$ 2,50), existe um faturamento em torno de R\$ 180 por ano, o que permite o pagamento do empréstimo tomado à Apaeb, que no caso deste produtor é de R\$ 120 por ano.

◆ Segundo os produtores, quanto aos benefícios trazidos pela energia solar: “Dizer que é bom, é. É bom ter energia dentro de casa, é melhor. E a cerca fica perfeita”- Sr. Manuel. Segundo o produtor Antônio: Não tem melhor cerca, nem melhor energia, não tem fumaça para incomodar a gente”.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dessas observações, pôde-se fazer algumas considerações na tentativa de se explicar por quais razões a redução de custos da caprinocultura, através do uso dos fotovoltaicos na energização de cercas, não fez com que os produtores aumentassem a produção ou se sentissem estimulados a aumentá-la:

◆ O caráter de subsistência e não de empreendimento comercial agrícola determina o mau gerenciamento e a alocação inapropriada dos recursos (não investimento) e, desta forma, parte da produção é consumida e não é re-investida. Isso condiciona a não expansão da caprinocultura;

◆ A comodidade de se vender a produção “na porta” das propriedades à intermediários, faz com que se tenha uma rentabilidade menor, já que o preço pago por eles é 20 % menor que o preço pago pela cooperativa. Esse fato contribui para que se tenha dificuldades para pagar o empréstimo tomado à Apaeb;

◆ As vantagens de custo da cerca elétrica fotovoltaica sobre a cerca convencional não são verificadas nas propriedades, como está descrito no orçamento feito pela Apaeb (ver páginas 47 e 48). Além das cercas serem substancialmente menores, o fato dos produtores não comprarem madeira (tiram de suas propriedades) ou trabalho, faz com que as vantagens reduzam. Analogamente, usando o orçamento da Apaeb, quando se corta os gastos com madeira, trabalho e transporte, o custo da cerca convencional, que era 216,3% maior, passa a ser 119,6% mais caro. Permanece com uma diferença considerável, entretanto a constatação dessa redução modifica a visão sobre a magnitude da vantagem de custo, que, nos orçamentos originais, chega a ser de quase 4 vezes entre a cerca elétrica e convencional.

- ◆ Outra razão é que os produtores não haviam feito nenhuma troca de material (madeira ou arame) da cerca, e como as vantagens de custo se apresentam a longo prazo a partir dessas trocas, essa mudança na estrutura de custos ainda não foi percebida de modo a promover a alocação de recursos para aumentar a produção.
- ◆ A razão mais determinante é a ocorrência crônica de longos períodos de seca na região, que comprometem a alimentação dos animais e têm consequências sobre a produção. A partir do depoimento dos produtores, percebe-se as dificuldades que a seca impõe, pois os prejuízos decorrentes da debilitação dos animais minam qualquer estímulo ao aumento da produção. As cabras ficam fracas para parir e morrem; os filhotes nascem fracos e, sem ração ou pasto para comer, também morrem; sem falar na demora para o animal estar pronto para o abate e venda (pasto e ração escassos).
- ◆ A melhoria da qualidade de vida proporcionada pelo uso dos painéis fotovoltaicos no fornecimento de energia para as residências é verificada como previsto. Mas, para trazer benefícios à caprinocultura, faz-se necessário um movimento integrado de planejamento, que envolve variáveis importantes, como a qualidade da alimentação, assistência veterinária e acompanhamento permanente da produção dos cooperativados. Apenas a redução de custos trazida pelos fotovoltaicos não se mostrou capaz de aumentar e estimular a produção de caprinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APAEB - Associação dos Pequenos Produtores do Município de Valente. **Relatório 1997**. Valente, 1997. 61 p.
- APAEB. **Uma Experiência de associativismo no sertão da Bahia**. Valente, 1998. 18 p.
- BAHIA. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais. **Dinâmica Demográfica da Bahia: Mudanças Recentes**. Salvador: SEI, 1996 (Estudos e Pesquisas, 29).
- BNB financia fabricação de equipamentos. **Informe Cresesb**, v.2, n.1, p.4, jun. 1996.
- BNDES. O Risco do Déficit da Energia Elétrica no País, **Informe Infraestrutura**, n.1, Ago. 1996. Capturado em 10 mai. 1999. Online. Disponível na internet <http://www.bndes.gov.br/publica/informe1.htm#elétrica>
- BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Social). Energia Elétrica no Brasil – Retrospecto e Perspectivas, **Informe Infraestrutura**, n. 13, Ago. 1997. Capturado em 10 mai. 1999. Online. Disponível na internet <http://www.bndes.gov.br/publica/informe1.htm#elétrica>
- BNDES. A Expansão do Setor Elétrico 1998/2007, **Informe Infraestrutura**, n.25, Agosto /1998. Capturado em 10 mai. 1999. Online. Disponível na internet <http://www.bndes.gov.br/publica/informe1.htm#elétrica>
- BRASIL corre o risco de déficit de energia em 2001. **Estado de São Paulo**. São Paulo, 10 set. 2000. Caderno Economia e Negócios, p.3.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **PRODEEM** - Programa para o desenvolvimento energético nos Estados e Municípios. Capturado em 30 set. 1998. Online. Disponível na internet <http://www.cepel.br/~creseweb/cresesb.htm>.

CEI -Centro de Estatística e Informações. **Informações básicas dos municípios**. Salvador, 1994. 1109 p.

CEPEL. **Declaração de Brasília**: Diretrizes e Plano de Ação para o Desenvolvimento das Energias Renováveis solar, Eólica e de Biomassa no Brasil. Brasília, 1995. 40 p.

FRAIDENRAICH, Naum, LYRA, Francisco. **Energia Solar**: Fundamentos e tecnologia de conversão heliotermoelétrica e fotovoltaica, Recife: UFPE, 1995. 525 p.

RELATÓRIO Eletrificação Rural. **GAZETA MERCANTIL**. São Paulo, 22 mai.1998. p.3.

GOCHT, Werner. Fornecimento de Energia Solar para Áreas Rurais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA, 3. **Anais...**Salvador: Sebrae/Instituto Euvaldo Lodi, 1996, v.1. p. 39-43.

GONZÁLVEZ, Cayetano Hernández. Diário de Economia e Negócios: Módulo de Energias Renováveis. **Revista Cinco Días** : Energia Solar Fotovoltaica, n.6, Editora Idae, 1993. 332 p.

HAYES, Dennis. **A transição para um mundo pós- petróleo**. São Paulo: Editora Cultrix, 1977. 522 p. Tradução de Edilson de Alkimim Cunha.

ITMFV (Proposta Iniciativa de Transformação do mercado Fotovoltaico). Capturado em 30 de set. de 1998. Online. Disponível na internet <http://www.cepel.br/~creseweb/cresesb.htm>.

LAGO, Bia. Parcerias com Associações Rurais Amplia Produção no Semi-árido, **Informe CRESESB**, v. 2, n. 1, p.7, jun. 1996.

REBOUÇAS, Aldo C. Água na Região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, USP, v.11, n. 29, p. 310–335. Jan/abr. 1997.

SCHELEDER, Eugênio Miguel. Programa de Desenvolvimento de Estados e Municípios (PRODEEM), 1999. Capturado em 27 de jul. de 1999. Online. Disponível na internet <http://www.cepel.br/~creseweb/cresebs.htm>

SEI. **Anuário Estatístico da Bahia**. Salvador, 1999, v.1, 1132 p.

SOLIANO, Osvaldo. A experiência nacional de disseminação de Energias Solar e Eólica, **Informe Cresesb**, v. 1, n.1, p. 1–4.set. 1995.

SOLIANO, Osvaldo. Energias Renováveis: Aplicações comunitárias e produtivas.**Informe Cresesb**, v. 2, n.1, p.2, jun. 1996.

YOUNG, James R. Produtos e Tecnologia fotovoltaica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA, 3. **Anais...**Salvador: Sebrae/Instituto Euvaldo Lodi, 1996, v.1, p. 49-53.