ANA RAQUEL FRANCO CARVALHO

EVOLUÇÃO DO USO DE ENERGIA SOLAR:
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ISRAEL E BRASIL

Lavras – MG
2010

ANA RAQUEL FRANCO CARVALHO

EVOLUÇÃO DO USO DE ENERGIA SOLAR: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ISRAEL E BRASIL

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, para obtenção do título de Especialista em Formas Alternativas de Enegia.

Orientador
Prof. Carlos Alberto Alvarenga

LAVRAS-MG
2010

ANA RAQUEL FRANCO CARVALHO

EVOLUÇÃO DO USO DE ENERGIA SOLAR: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ISRAEL E BRASIL

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, para obtenção do título de Especialista em Formas Alternativas de Enegia.

APROVADA em 13 de agosto de 2010.

Orientador
Prof. Carlos Alberto Alvarenga

LAVRAS-MG
2010

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu marido Lidor pela compreensão, carinho, incentivo em todos os momentos da minha vida, inclusive na tomada de grandes decisões, e se não fosse por ele eu não teria realizado essa especialização e tão pouco teria concluído este trabalho.

Obrigada “Marido” pelo apoio nas horas mais difíceis da minha vida e por ser o grande amor da minha vida.

Ao meu sogro, Koby Platckes, por todas as informações referentes ao estado de Israel.

Ao meu orientador Carlos Alvarenga que me auxiliou na realização deste trabalho.

Aos meus pais, e irmãos que do jeito deles sempre me incentivaram.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização desta monografia.

RESUMO

O discurso atual utilizado em diversas conferências, debates e palestras incluem o desenho de um cenário sustentável num mundo mais consciente. As concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, causadoras do aquecimento global foram elevados nas últimas décadas e chegaram a um patamar alarmante. Essa preocupação global da humanidade com a matriz energética atual e a responsabilidade comum despertou em diferentes países o desenvolvimento de um ritmo distinto em relação a prática de implementação tecnológica para geração de energia renovável a energia solar. Com idades e realidades distintas, Brasil e Israel, cada qual no seu ritmo, entraram nesse caminho de aperfeiçoamento comportamental e estão mostrando a preocupação ambiental. A abundância de recursos naturais do Brasil e a constante dependência energética externa do Estado de Israel demandaram de cada país uma intervenção pública diferente. Em regulamentação De um líder mundial no setor de energia Termo Solar e em tecnologia Fotovoltaica para um país que clama por uma mudança de percepção, este trabalho visa averiguar as decisões públicas realizadas a fim de recomendar a tomadas de decisões imprescindíveis para uma alteração significativa na matriz energética de um país.

Palavras-chaves: Brasil, Israel, Energia Termo Solar, Energia Fotovoltaica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Matriz Energética Mundial 3
Figura 2 Consumo de Energia Primária Per Capita 6
Figura 3 Central Solar Fotovoltaica Serpa, Portugal 13
Figura 4 Usina Solar, Deserto de Mojave, Califórnia 13
Figura 5 Sistema Termo-solar Convencional de Aquecimento de Água 15
Figura 6 Composição de um coletor solar fotovoltaico 18
Figura 7 Coletores fotovoltaicos em estação espacial internacional 19
Figura 8 Mapa do Brasil 21
Figura 9 Mapa de Israel 25
Figura 10 Telhados das casas na cidade de Jerusalém, Israel 29
Figura 11 Comparação de tamanhos entre Brasil e Israel 31
Figura 12 Mapas Solarimétricos de Israel e Brasil 32
Figura 13 Telhados na cidade de Hulon, Israel 35
Figura 14 Conjunto habitacional com aquecedores solares em Minas Gerais 41
Figura 15 Pequena produtora de energia fotovoltaica na cidade de Driggat, no Negev Israelense 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo mundial de energia por combustível 4
Tabela 2 - Irradiação solar global em Israel e Brasil em relação a área..... 33
Tabela 3 - Custo de aquisição e instalação no Brasil 36
Tabela 4 - Custo por banho de 8 minutos no Brasil..... 37
Tabela 5 - Consumo de água 38
Tabela 6 - Perda de água até atingir a temperatura ideal para banho - média de 4 banhos/dia 38
Tabela 7 - Aquecimento de água: Brasil X Israel 44
Tabela 8 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede, instalados no país (1995-2008) 47
Tabela 9 - Equipamentos fotovoltaicos isentos de ICMS 50
Tabela 10 - Crescimento do uso da energia fotovoltaica em Israel. (2006 2008).....48
Tabela 11 - Limites de produção para Estações solares particulares 57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Contextualização 1
1.2 Objetivos Gerais 1
1.3 Objetivos Específicos 1
1.4 Estrutura do trabalho 2
2 REFERENCIAL TEÓRICO 3
2.1 Matriz Energética Mundial 3
2.2 Energia Solar 9
2.3 Energia Termo Solar 14
2.4 Energia solar fotovoltaica 17
2.5 Brasil 21
2.6 Israel 25
2.7 Recursos Naturais e Evolução energética em Israel 27
2.8 Energia Solar em Israel 28
3 RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO 31
3.1 Radiação solar 31
3.2 Radiação solar: Israel x Brasil 31
3.3 Energia Termo-solar: Brasil x Israel 33
3.3.1 Israel – de sobrevivência para liderança mundial – políticas públicas 33
3.3.2 Brasil – Realidade Eletrizante 35
3.3.3 Aquecimento solar no Brasil – Incentivos públicos 41
4 CONCLUSÃO 43
4.1 Energia solar fotovoltaica: Brasil x Israel 44
4.1.1 Energia solar fotovoltaica no Brasil 44
4.1.2 Políticas públicas para energia fotovoltaica 49
4.1.3 Energia solar fotovoltaica em Israel 52
4.1.4 O Centro Nacional de Energia Solar de Ben-Gurion 52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A enegia solar pode ser vista como uma das mais sustentáveis e renováveis no âmbito de geração de energia em geral. O entendimento de vários países desenvolvidos de que o futuro se engloba no avanço e no aproveitamento do maior recurso natural existente, o sol, vem se destacando por um discurso usado por vários países em diversas culturas. O uso de tal energia renovável é estimulado por diferentes governos, com países subsidiando sua produção e investindo em pesquisa. A existência do potencial é notada e com ela a necessidade de mudanças radicais que levarão ao maior conhecimento e à prática na construção mundial de um mundo mais verde. Consideramos neste trabalho dois países que possuem realidades culturais, econômicas e sociais distintas, Brasil e Israel, as quais apesar da distância entre eles, compartilham um objetivo comum: proteger o bem comum, preservando o meio ambiente.

1.2 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo principal comparar a caracterização do processo de adoção do uso da energia solar em Israel e no Brasil, a fim de recomendar a implementação de políticas públicas no Brasil.

1.3 Objetivos Específicos

A busca que se propõe é a distinção entre diversos aspectos como a evolução, as dificuldades e os impactos de decisões políticas no âmbito de energia solar, dando maior ênfase na própria adoção feita no Brasil e em Israel. Este trabalho irá explorar também a necessidade de aprendizagem mútua, com uma breve análise da história de Israel. Assim, entrando numa jornada cuja

missão inclui aumento de conhecimento de dados que possibilitaram tomadas de decisões políticas no Estado de Israel, como a inevitável intervenção do poder público na preservação do planeta. Decisão vinda de um esforço público (a nível Federal/Nacional), demanda do país a necessidade de deixar seus costumes e hábitos, para adotar um caminho desconhecido que desfrutará de resultados ao longo prazo. De um pequeno país no Oriente Médio para outros países ainda em fase de preparação para implementação de leis ambientais, aqui estão alguns pontos a serem levados em consideração.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em três partes para alcançar seus objetivos. As três partes representam as informações que serão utilizadas na análise comparativa do uso de energia solar entre Brasil e Israel. A primeira parte representa um estudo sobre as condições climáticas dos dois países para possibilitar a implementação de altas tecnologias de geração de energia solar. Essas condições são representadas seguindo o princípio da objetividade, analisando especificamente a radiação solar no Brasil e em Israel.

Na segunda parte, é apresentada a pesquisa feita sobre a situação atual nos dois países que diz respeito às implementações locais de tecnologia termo-solar e à adoção de políticas públicas relacionadas.

A terceira parte inclui uma observação analítica das tecnologias adotadas de energia fotovoltaica no Brasil e em Israel, dados sobre a situação atual num nível nacional analisando os passos já feitos na transformação em massa da radiação solar em energia elétrica.

Os três passos adotados no trabalho foram baseados em levantamentos bibliográficos que incluem: artigos jornalísticos, científicos, bem como entrevista realizada com especialista em energia solar em Israel com diversos especialistas, realizadas no período de janeiro a junho de 2010.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Matriz Energética Mundial

Há pouco mais de dois séculos, as principais formas de energia eram aquelas cuja disponibilidade na natureza era de fácil acesso: o vento, a água e o sol utilizados para produzir energia mecânica, a queima de madeira para a geração de calor, bem como para secagem de alimentos e frutas. Com a Revolução Industrial, a invenção da máquina a vapor e do tear mecânico para a produção têxtil, o carvão mineral passou a ser a principal fonte de energia dominante no processo fabril. Foi o carvão, também, que colocou as locomotivas em movimento. A humanidade estava pela primeira vez na história substituindo as formas de energia renováveis por formas de energia mais eficientes, porém não renováveis e poluentes.

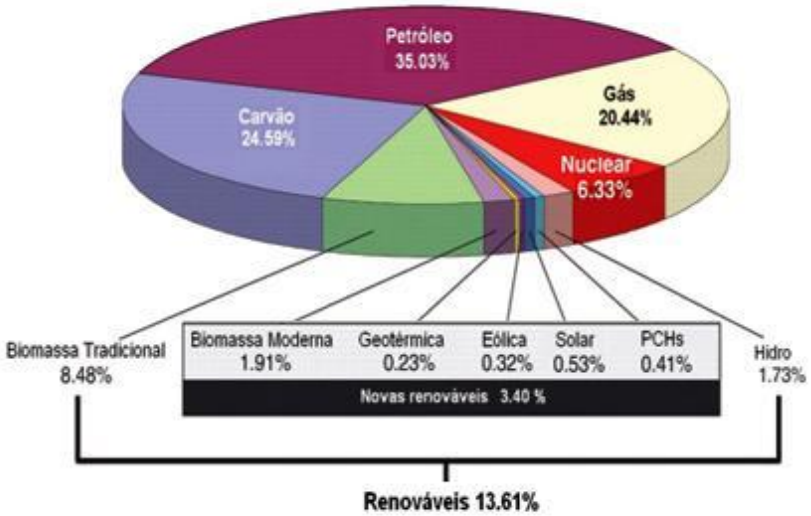

Figura 1 - Matriz Energética Mundial

No final do século XIX, a energia hidrelétrica e o petróleo passaram a complementar a energia retirada do carvão. O petróleo em pouco tempo

transformou-se na principal forma de energia utilizada no mundo, até os dias atuais (FIGURA1). Nesta época ocorreu a invenção dos motores de combustão interna a gasolina e outros derivados de petróleo, e a invenção da lâmpada elétrica. O petróleo passou a ser essencial à economia mundial, fator gerador de conflitos entre países e principal agente da poluição atmosférica. O crescimento do consumo de energia mais que triplicou após a Revolução Industrial e estudos recentes mostram uma tendência de crescimento da demanda energética em conseqüência da recuperação econômica nos países em desenvolvimento. (ANEEL, 2008)

Historicamente, em 2007 e 2008, o petróleo foi responsável pela maior parte do consumo primário (fonte a ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica) de energia do mundo. Em 2007, segundo a BP Global a aplicação do recurso correspondeu a 3.952 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo), imediatamente seguido por carvão (3.177 milhões de tep), gás natural (2.637 milhões de tep), hidráulica (709,2 milhões de tep) e nuclear (622 milhões de tep), como mostra a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Consumo mundial de energia por combustível

Combustível	Milhões de toneladas equivalentes de petróleo- (Mtep)
Petróleo	3.952,8
Carvão	3.177,5
Gás Natural	2.637,7
Hidráulica	709,2
Nuclear	622,0
Total	11.099,3

Fonte: BP Global

O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. Ele reflete tanto o ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto a capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, como automóveis (que demandam combustíveis), eletrodomésticos e eletroeletrônicos (que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica). Essa inter relação foi o principal motivo do acentuado crescimento no consumo mundial de energia verificado nos últimos anos. (ANEEL, 2008).

Os 31 países desenvolvidos (Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, República Tcheca, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Israel, Irlanda, Itália, Japão, Coréia, Luxemburgo, México, Países Baixos, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, República Eslovaca, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia, Reino Unido e Estados Unidos) que compõem a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE são, historicamente, os maiores consumidores mundiais de energia. Sua participação no total mundial, porém, tem recuado ao longo do tempo. Já nos países em desenvolvimento, a participação relativa, ainda que em alguns casos seja pouco expressiva, como na América Latina, registrou aumento acumulado superior a 100% nas últimas três décadas. A Figura 2 abaixo mostra os diferentes volumes de consumo de energia primária *per capita* nas diversas regiões do mundo.

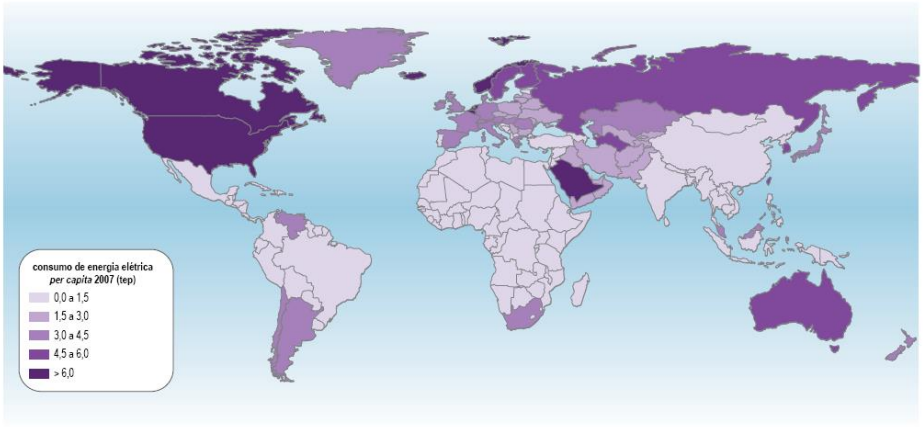

Figura 2 - Consumo de Energia Primária *Per Capita*

Essa disparidade é explicada pela estrutura econômica e social de cada um dos dois grupos. Os países que compõem o primeiro são caracterizados por uma economia relativamente estável, em que não há espaço para aumentos acentuados na produção industrial ou no consumo de bens que pressionam a absorção de energia, como automóveis, eletrodomésticos e eletroeletrônicos. Em sociedades mais estruturadas e ricas, a maior parte da população conseguiu adquirí-los ao longo da segunda metade do século XX.

Além disso, para a produção industrial, os países desenvolvidos tendem a utilizar, com maior freqüência, equipamentos energeticamente eficientes que, ao longo do tempo, passaram a requerer menor volume de energia para se manterem em operação. Finalmente, eles também deixam, aos países em desenvolvimento, a realização de atividades que consomem muita energia, como é o caso da siderurgia e produção de alumínio. As variações do consumo de energia, portanto, são suaves, quando não decrescentes.

Na França e Alemanha, por exemplo, o consumo total de energia primária recuou, respectivamente, 2,1% e 5,6% entre 2006 e 2007, segundo o estudo da BP Global. No mesmo período, o PIB desses países teve evolução de

1,9% e 2,5%. Também na comparação entre 2006 e 2007, o consumo nos Estados Unidos aumentou apenas 1,7%, enquanto a economia cresceu 2,2%. Já os países em desenvolvimento estão mais sujeitos a bruscas reversões de tendências na economia – seja pela política econômica interna restritiva, seja pela grande dependência do capital internacional, dado o pequeno volume de poupança interna. A partir dos anos 90, houve, inclusive, uma sucessão de vigorosos ciclos de expansão em função do elevado volume recebido de investimentos externos, originários das nações desenvolvidas. Na América Latina, esse movimento foi muito perceptível no Brasil e Chile. No mundo, os destaques são os países asiáticos, como China e Rússia, favorecidos pela liberalização gradual dos regimes comunistas.

Segundo estatísticas da *International Energy Agency* - IEA, em 1973 os membros da OCDE respondiam por 60,6% dos 4.672 milhões de tep da energia primária absorvida por todos os países pesquisados. Em 2006, essa participação recuou para 47,3% do total de 8.084 milhões de tep. Entre um ano e outro, portanto, o volume demandado por estes 30 países aumentou 35% (de 2.829 milhões de tep para 3.824 milhões de tep), enquanto a evolução do consumo mundial foi de 73%. A variação verificada na energia elétrica foi bem mais expressiva: 140%, passando de 323 milhões de tep para 776 milhões de tep.

Os Estados Unidos continuaram a liderar o *ranking* dos maiores consumidores em 2007, ao responder por 21,3% do total mundial, conforme estudo da BP Global. Considerando que a participação do Canadá e México (2,9% e 1,4%, respectivamente) é pouco representativa no contexto do consumo de energia mundial, é possível depreender, portanto, que os Estados Unidos foram os principais responsáveis pela consolidação da América do Norte como uma das maiores consumidoras mundiais de energéticos. Em 2007, esta região, composta por três países, respondeu por 25,6% do total mundial. Essa participação foi superada pela Europa/Eurásia que, com mais de 30 países,

respondeu por 26,9% do consumo global e pela Ásia Pacífica, com participação de 34,3%. Outra característica observada nos países desenvolvidos foi uma diversificação no tipo de energéticos. Mas este comportamento é resultado das políticas aplicadas individualmente pelos governos locais do que uma opção da população, para quem, na maior parte das vezes, a fonte utilizada para a produção de energia é pouco visível. Essas políticas, ainda em andamento, visam à diversificação da matriz e conseqüente redução da utilização dos combustíveis fósseis – grupo no qual os principais integrantes são petróleo e carvão – em função tanto da volatilidade e tendência de alta dos preços do petróleo quanto da necessidade de contenção do volume de emissões de gases causadores do efeito estufa, a partir dos compromissos assumidos no protocolo de Kyoto, em 1992. Assim, entre 1973 e 2006, a participação do carvão nos países da OCDE recuou de 10,1% para 3,5% do total de energia consumida. No petróleo, a queda foi de 56,6% para 51,8%. Ao mesmo tempo, o consumo de energia elétrica quase dobrou (11,4% para 20,3%) enquanto a posição das fontes renováveis e do grupo "Outras Fontes" (eólica e solar, entre outras) também apresentou um salto significativo, embora sua posição no *ranking* total continuasse pouco expressiva. As fontes renováveis (lideradas pela biomassa) apresentaram variação de 2,9% para 3,8% no período e o grupo outras fontes, de 0,8% para 1,9%.

Em 2007, a participação da China no mercado mundial de energia aumentou 5,3%. Nesse ano, ao absorver 1.863 milhões de toneladas de ep (aumento de 7,7% sobre o ano anterior), o país foi o segundo do *ranking* mundial, só superado pelos Estados Unidos. Segundo o estudo da BP Global, a China registra uma tendência ininterrupta de aumento do consumo energético desde 1998, quando absorveu 917,4 milhões de tep. Isto significa que, em 10 anos, o consumo mais que dobrou, apresentando variação de 103%. A maior fonte de energia é o carvão, o que transforma a China em um dos grandes emissores mundiais de CO2 e outros gases causadores do efeito estufa. O país

tem buscado a diversificação da matriz, ao investir na expansão das usinas hidrelétricas. Mas, entre 2006 e 2007, o volume do carvão consumido apresentou variação de 7,9%, ao passar de 1.215 milhões de tep para 1.311 milhões de tep. Embora a China seja o exemplo mais expressivo em termos de crescimento do consumo de energia, outros países e regiões em desenvolvimento registraram comportamento semelhante ao longo dos últimos anos. A diferença é que, por serem economias menores – e, portanto, absorverem um volume menor – as elevadas variações exercem menor pressão na oferta global. Em 2007, o Equador, por exemplo, registrou uma variação de 8% no consumo, mas, ainda assim, respondeu por apenas 0,1% do total mundial. O Brasil respondeu por 2% do consumo mundial. Por regiões, a participação da Ásia, descontando-se a China, aumentou de 6,5% para 11,5% de 1973 a 2006, segundo a IEA. Na América Latina, a variação foi de 3,7% para 5,1%. A África também registrou um expressivo aumento de participação, de 3,8% para 5,6%.

O aumento da demanda energética em conjunto com a possibilidade de redução da oferta de combustíveis convencionais e a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente está impulsionando a comunidade científica a pesquisar e desenvolver fontes alternativas de energia menos poluentes, renováveis e que produzam pouco impacto ambiental.

2.2 Energia Solar

O sol é fonte de energia renovável, e o aproveitamento desta energia tanto como fonte de calor quanto de luz é uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio. A energia do Sol é a principal fonte de energia renovável, já que a quantidade de energia solar que chega à Terra é 28.000 vezes superior à quantidade de energia primária

convencional consumida. Isto é, em 20 minutos, a Terra recebe a energia equivalente à que a humanidade consome anualmente.

A energia solar é abundante e permanente, renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema. Soma características vantajosamente positivas para o sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem.

A potência da radiação solar que atinge a atmosfera terrestre é de cerca de 1,7x1014 kW, o que corresponde a mais de 13 milhões de vezes a potência elétrica instalada da usina hidrelétrica de Itaipu, a maior do mundo.

A geração de energia solar provém da perda da massa do Sol e seu aproveitamento é feito a partir de:

- Aquecimento direto, empregado para secar roupas, iluminar espaços abertos e aquecer o ambiente (como estufas e residências).
- Acumulação de calor, mediante painéis ou estruturas expostas ao Sol. Utiliza-se o calor para aquecer água e essa prática significa uma economia energética considerável, sendo que em países desenvolvidos, mais de 5% da energia consumida é usada para aquecer água.
- Geração de eletricidade a partir da energia solar. A energia solar é usada para converter água em vapor, que por sua vez cria eletricidade através de turbinas. As células fotoelétricas também convertem a luz solar em eletricidade, sem passar por um efeito térmico. Entretanto, essas práticas ainda têm rendimentos baixos.

Os métodos de captura da energia solar classificam-se em **diretos** ou **indiretos**:

Direto significa que há apenas uma transformação para fazer da energia solar um tipo de energia utilizável pelo homem. Exemplos:

- A energia solar atinge uma célula fotovoltaica criando eletricidade. (A conversão a partir de células fotovoltaicas é classificada como direta, apesar de que a energia elétrica gerada precisará de nova conversão - em energia luminosa ou mecânica, por exemplo - para se fazer útil. (WIKPÉDIA, 2010)
- A energia solar atinge uma superfície escura e é transformada em calor, que aquecerá uma quantidade de água, por exemplo - esse princípio é muito utilizado em aquecedores solares. (WIKPÉDIA, 2010)

Indireto significa que precisará haver mais de uma transformação para que surja energia utilizável. Exemplo:

- Sistemas que controlam automaticamente cortinas, de acordo com a disponibilidade de luz do Sol.

Também se classificam em **passivos** e **ativos**:

Sistemas passivos são geralmente diretos, apesar de envolverem (algumas vezes) fluxos em convecção, que é tecnicamente uma conversão de calor em energia mecânica.

Sistemas ativos são sistemas que apelam ao auxílio de dispositivos elétricos, mecânicos ou químicos para aumentar a efetividade da coleta. Sistemas indiretos são quase sempre também ativos.

Assim como ocorre com as demais participantes do grupo outras fontes, a participação da energia solar é pouco expressiva na matriz mundial. Ainda

assim, ela aumentou mais de 2.000% entre 1996 e 2006. Em 2007, a potência total instalada atingiu 7,8 mil MW, conforme estudo do *Photovoltaic Power Systems Programme*, da IEA. Para se ter uma idéia, ela corresponde a pouco mais de 50% da capacidade instalada da usina hidrelétrica de Itaipu, de 14 mil MW. Assim como ocorreu no segmento da energia eólica, também na energia solar a Alemanha é a maior produtora, com 49% da potência total instalada. Além disso, juntos, Alemanha, Japão, Estados Unidos, e Espanha concentraram, em 2007, 84% da capacidade mundial. Todos são países com programas fortes de diversificação e simultânea "limpeza" da matriz energética local. De certa forma eles se constituem, no entanto, em exceção.

No geral, os projetos já implementados para produção de eletricidade a partir da energia solar ainda são restritos e destinados a abastecer localidades isoladas – embora, nos projetos de expansão da fonte, este quadro esteja se alterando. Em 2007, por exemplo, entrou em operação a Central Solar Fotovoltaica Serpa (Figura 3), situada no Alentejo, em Portugal. Na época, foi a maior unidade do gênero do mundo, com capacidade instalada de 11 MW, suficiente para abastecer cerca de oito mil habitações.

Figura 3 - Central Solar Fotovoltaica Serpa, Portugal

A figura 4 apresenta no deserto de Mojave (Figura4), de Califórnia, EUA, usina solar com potência de 354 MW e 6,4 Km2.

Figura 4 - Usina Solar, Deserto de Mojave, Califórnia

Para o futuro, estão previstas unidades bem maiores. O governo australiano, por exemplo, projeta a construção de uma central de 154 MW.

O que tradicionalmente é mais generalizado é o uso da energia solar para obtenção de energia térmica. Esta aplicação destina - se a atender setores diversos, que vão da indústria, em processos que requerem temperaturas elevadas (por exemplo, secagem de grãos na agricultura), ao residencial, para aquecimento de água. Outra tendência que se forma é a utilização da energia solar para a obtenção conjunta de calor e eletricidade.

Segundo a *Renewable Energy Politicy Network for the 21st Century* – REN21, durante muito tempo Israel foi o único país a exigir uma participação mínima de aquecimento de água a partir da energia solar. Mas, em 2006, a Espanha assumiu postura semelhante e passou a exigir níveis mínimos de energia solar tanto para o aquecimento de água quanto para a geração de eletricidade em novas construções como prédios residenciais, hotéis e hospitais.

Em 2007, a iniciativa foi acompanhada por países como Índia, Coréia, China e Alemanha. Os percentuais exigidos variam de 30% a 70%, dependendo do clima, nível de consumo e disponibilidade de outras fontes de energia.

No Brasil, também, embora não haja nenhuma compulsoriedade, a tendência começa a se disseminar nos grandes centros urbanos como a cidade de São Paulo.

2.3 Energia Termo Solar

O planeta Terra recebe diariamente uma grande quantidade de energia solar. Essa energia realiza diferentes funções que beneficiam os seres vivos e provocam fenômenos naturais essenciais para a manutenção da vida no planeta. O ser humano ao longo da história se preocupa em aproveitar a energia solar

transformando-a em outras formas de energia, como a térmica, mecânica e elétrica. Conseqüentemente foram desenvolvidas diferentes tecnologias que utilizam a energia luminosa para aquecer água, mover moinhos e barcos, cozinhar alimentos e atualmente produzir eletricidade. Nesse momento será comentada somente a utilização de coletores solares. A escolha pelo tipo do aquecedor de água (Ilustração 5) depende do tipo de energia a ser utilizado para esquentá-la. Existem algumas maneiras para a utilização de energia para aquecimento de água tais como: eletricidade, gás e solar.

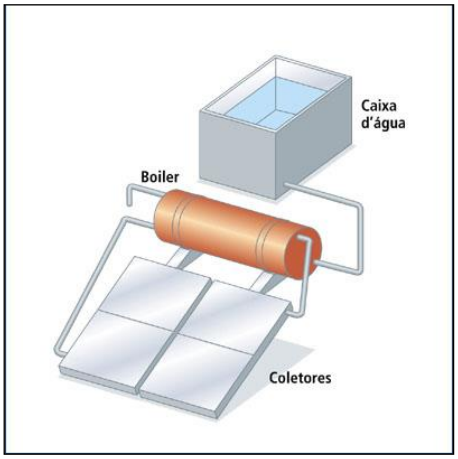

Figura 5 - Sistema Termo-solar Convencional de Aquecimento de Água

Os coletores térmicos solares foram desenvolvidos a partir do momento em que se percebeu a possibilidade de aproveitar a energia do sol para aquecer água. Com o passar dos anos os coletores foram sendo aperfeiçoados e junto com outras partes, reservatório, canos e chuveiro, formaram o sistema solar de aquecimento de água. A energia irradiante e a luz incidem sobre a superfície preta dos coletores. A energia absorvida transforma-se em calor e aquece a água que está no interior dos mesmos. Essa água aquecida, por ser mais leve, começa a se movimentar em direção da caixa, acima dos coletores, dando início a um

processo natural de circulação chamado de termo-sifão, que dura enquanto houver uma boa irradiação solar. Portanto, no ambiente do aquecedor solar, o processo termo-sifão, resulta numa transferência térmica, levando o calor gerado na placa para a água presente na caixa, sendo o meio de transferência térmica a própria água.

> "É um fato já conhecido, e que já é conhecido por muitos anos, que um quarto, uma carroça, ou qualquer outro lugar é mais quente quando lá passam raios do sol pelos vidros", frase dita pelo Sueco "naturalista" Horace de Saussure, no ano de 1760, o desenvolvedor do método de aquecimento de água.

Desde então até os dias atuais o aquecedor de água composto de sistema de recepção de radiação solar virou uma realidade sucessiva.

O aquecedor é geralmente composto de coletores térmico solares, um tanque de água (ou outra fonte de uso), canos de interligação e um sistema de líquido que transfere o calor (energia) dos coletores para o tanque. Este sistema termodinâmico pode exigir o uso de energia elétrica para o bombardeamento da água e um espaço para guardar as águas aquecidas. A água aquecida pode servir residências (chuveiro, piscina etc), e ter fins comerciais e industriais. Em geral estes sistemas funcionam com uma eficiência de 50% economizando ao seu proprietário cerca de 2000 kWh por ano em custos de eletricidade. Segundo Koby Plaschkes, Engenheiro Mecânico e especialista em energia solar em Israel, o sistema solar de aquecimento de água leva em um dia médio a temperatura da água para 50º C. Isto significa que na maioria dos dias durante o ano não é necessário utilizar a resistência elétrica (backup ou boiler) de aquecimento (que existe em todos os tanques de armazenamento) para contar com água quente suficiente para tomar banho e lavar roupa (em Israel a lavagem de roupa em água quente é comum).

2.4 Energia solar fotovoltaica

A discussão atual e a preocupação com a questão ambiental vêm se destacando com o aumento de conhecimento sustentável e com a intolerância de poluição indiscriminada. Dessa forma, a busca por fontes alternativas de energia ganha espaço cada vez maior na agenda internacional. Tais recursos, além de evitar as emissões de gases poluentes provenientes de fontes térmicas convencionais de energia, diversificam a matriz energética mundial. Este fato introduz novos paradigmas ao planejamento da geração de energia e a garantia de um desenvolvimento sustentável.

Alguns países como a Alemanha, Estados Unidos, Japão, Israel e Espanha, levam essa teoria à prática introduzindo novas tecnologias de geração de eletricidade baseadas em fontes renováveis de energia. A promoção dessas tecnologias, ainda consideradas com custos elevados, depende da redução de procedimentos pré-operacionais baseando-se no aumento da escala de produção. Neste contexto, a energia eólica, a energia solar, a biomassa e as pequenas centrais hidrelétricas - PCH aumentam sua escala de produção, tornando os preços mais competitivos frente à da geração de energia por fontes térmicas convencionais. Portanto, ao mesmo tempo em que se reduz o custo de produção das energias alternativas, o custo das energias convencionais tende a crescer como reflexo da escassez dos combustíveis e da internalização dos custos ambientais associados. Conhecida como uma das principais fontes naturais sustentáveis existentes nos dias atuais, a qual vem se destacando no cenário mundial com crescimento na ordem de 30% a 40% ao ano desde 1996, encontra-se a geração de energia solar fotovoltaica - PV. (JARDIM, 2007)

O termo "fotovoltaico" é uma combinação das palavras "foto", que significa em grego luz e "voltaico" derivada do "Watt" a medida de eletricidade. Portanto a Energia Solar Fotovoltaica é a geração de energia feita pela conversão

direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico) a qual pode ter a finalidade de uso direto da eletricidade gerada ou de venda de tal recurso para a companhia elétrica local. (WIKPÉDIA, 2010)

O efeito fotovoltaico é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão.

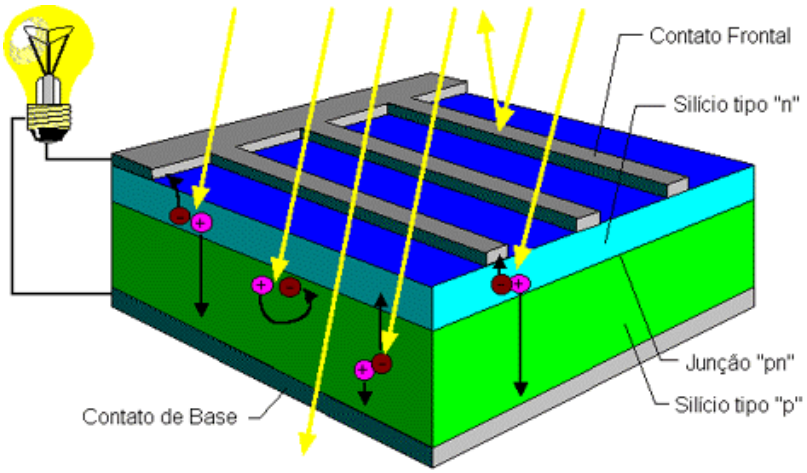

Figura 6 - Composição de um coletor solar fotovoltaico

A conversão de energia solar em energia elétrica foi verificada pela primeira vez por Edmond Becquerel, em 1839, onde se constatou uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor quando exposto a luz. Em 1876 foi montado o primeiro aparato fotovoltaico resultado de estudos das estruturas no estado sólido, e apenas em 1956 iniciou-se a produção industrial seguindo o desenvolvimento da microeletrônica. Neste ano a utilização de fotocélulas teve papel decisivo para os programas espaciais. Com este impulso, houve um avanço significativo na tecnologia fotovoltaica onde se

aprimorou o processo de fabricação, a eficiência das células e seu peso. Com a crise mundial de energia dos anos 70, a preocupação em estudar novas formas de produção de energia fez com que a utilização de células fotovoltaicas não se restringisse somente para programas espaciais, mas se fossem intensamente estudado e utilizado no meio terrestre para suprir o fornecimento de energia.

Um dos fatores que impossibilitava a utilização da energia solar fotovoltaica em larga escala era o alto custo das células fotovoltaicas e o fato de que do total de radiação solar que atinge diretamente o coletor, somente 15% é aproveitada. As primeiras células fotovoltaicas foram produzidas com o custo de US$600/W para um programa espacial. Com a ampliação dos mercados e de várias empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço tem se reduzido ao longo dos anos podendo ser encontrado hoje, para grandes escalas, com custo médio de US$ 8,00/W.

Conforme o Ministério do Meio Ambiente de Israel, estes sistemas são utilizados durante vários anos para a geração de eletricidade para satélites e estações espaciais norte-americanos (fornecimento de energia funcional da estação). Atualmente, os sistemas fotovoltaicos vêm sendo utilizados em instalações remotas possibilitando vários projetos sociais, agropastoris, de irrigação e comunicações.

Figura 7 - Coletores fotovoltaicos em estação espacial internacional

As facilidades de um sistema fotovoltaico tais como: modularidade, baixos custos de manutenção e vida útil longa, fazem com que sejam de grande importância para instalações em lugares desprovidos da rede elétrica.

As células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si) e podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo.

- Silício monocristalino: Estas células obtêm-se a partir de barras cilíndricas de silício monocristalino produzidas em fornos especiais. As células são obtidas por corte das barras em forma de pastilhas finas (0,4-0,5 mm de espessura). A sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade é superior a 12%.
- Silício policristalino: Estas células são produzidas a partir de blocos de silício obtidos por fusão de silício puro em moldes especiais. Uma vez nos moldes, o silício arrefece lentamente e solidifica-se. Neste processo, os átomos não se organizam num único cristal. Forma-se uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais. Sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade é ligeiramente menor do que nas de silício monocristalino.
- Filme Fino ou Silício amorfo: Estas células são obtidas por meio da deposição de camadas muito finas de silício ou outros materiais semicondutores sobre superfícies de vidro ou metal. Sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade varia entre 5% e 7%.

2.5 Brasil

Figura 8 - Mapa do Brasil

O Brasil é o quinto maior país do mundo, depois da Rússia, Canadá, China, e os Estados Unidos e o terceiro maior das Américas, com uma área total de 8.514.876,599 km², incluindo 55.455 quilômetros quadrados de água. O Brasil tem um sistema denso e complexo de rios, um dos mais extensos do mundo, com oito grandes bacias hidrográficas, que drenam para o Atlântico. Os rios mais importantes são o Amazonas (o segundo maior rio do mundo e o maior em termos de volume de água), o Paraná e seu maior afluente, a Iguaçu (que

inclui as Cataratas do Iguaçu), o Negro, São Francisco, Xingú, Madeira e Tapajós, o que faz com que o país possua uma matriz energética considerada limpa. (WIKPÉDIA, 2010)

O Brasil é o décimo maior consumidor de energia do planeta e o terceiro maior do hemisfério ocidental, atrás dos Estados Unidos e Canadá. A matriz energética brasileira é baseada em fontes renováveis, sobretudo a energia hidrelétrica e o etanol, além de fontes não- renováveis de energia, como o petróleo e o gás natural. Ao longo das últimas três décadas o Brasil tem trabalhado para criar uma alternativa viável à gasolina. Com o seu combustível à base de cana-de-açúcar, a nação pode se tornar energicamente independente neste momento. O Pró álcool, que teve origem na década de 1970, em resposta às incertezas do mercado do petróleo, aproveitou sucesso intermitente. Ainda assim, grande parte dos brasileiros utilizam os chamados "veiculos flex", que funcionam com etanol ou gasolina e permitem que o consumidor possa abastecer com a opção mais barata no momento, muitas vezes o etanol. Dentre as fontes renováveis de energia elétrica, a energia eólica é a que vem recebendo maior volume de investimentos por conta do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia. A capacitação tecnológica da indústria nacional e o custo decrescente da eletricidade de origem eólica, quando associados ao enorme potencial eólico nacional 143,5 GW, indicam que essa forma de geração poderá ocupar, em médio prazo, um importante papel no país, principalmente atuando como fonte descentralizada e complementar de energia acoplada à rede elétrica. No entanto, segundo essa mesma fonte de informação, boa parte do território brasileiro, incluindo praticamente toda a região amazônica e central do Brasil, não apresenta condição de vento adequada para geração de eletricidade. (CEPEL, 2001)

Por outro lado, o Brasil, por ser um país localizado na sua maior parte na região intertropical, possui grande potencial para aproveitamento de energia solar durante todo ano. A utilização da energia solar traz benefícios num longo prazo para o país, viabilizando o desenvolvimento de regiões remotas onde o custo da eletrificação pela rede convencional é demasiadamente alto com relação ao retorno financeiro do investimento, regulando a oferta de energia em períodos de estiagem, diminuindo a dependência do mercado de petróleo e reduzindo as emissões de gases poluentes à atmosfera como estabelece a Conferência de Kyoto. Existe um grande leque de possibilidades a médio e longo prazo para aproveitamento dessa abundante forma de energia renovável, que vai desde pequenos sistemas fotovoltaicos autônomos até as grandes centrais que empregam energia solar concentrada, ou a sistemas de produção de hidrogênio para utilização em células de combustível para a produção de trabalho com emissão zero de CO2. No entanto, hoje em dia essa energia ainda tem uma participação incipiente na matriz energética brasileira - apenas a energia solar térmica para aquecimento de água tem despertado interesse no mercado nacional, principalmente para o emprego entre as classes A e B da sociedade, na indústria e nos serviços de hotelaria.

Além da importância atual no panorama energético e no desenvolvimento sustentável do país, o conhecimento da radiação solar incidente é importante para áreas da atividade humana como, por exemplo, a meteorologia e a climatologia. No setor de agronegócios, é importante para o planejamento e obtenção da maior eficiência energética nas diversas etapas de produção: a seleção das culturas, o plantio, a colheita incluindo o desenvolvimento e operação de sistemas de irrigação de áreas e a secagem de grãos. Na arquitetura e na construção civil, as práticas de eficiência energética e de conforto térmico necessitam de informações confiáveis sobre a iluminância natural e o fluxo de

energia solar. Isso se aplica também a diversas outras áreas da atividade humana como, por exemplo, em sistemas de conservação de alimentos, vacinas e remédios, em refrigeração e aquecimento em geral, etc.

As perspectivas e oportunidades de aproveitamento do potencial econômico relacionado com a exploração comercial dos recursos energéticos da radiação solar dependem basicamente de dois fatores:

- Desenvolvimento de tecnologia competitiva de conversão e armazenamento dessa energia; e

- De informações seguras e da política energética do país.

Grande parte dos potenciais investidores e produtores do setor energético não dispõem de informações nem de conhecimento, com o embasamento científico necessário, sobre as opções em fontes renováveis de energia e, por conta disso, tendem a evitar os riscos econômicos e financeiros associados ao desenvolvimento de projetos nessa área.

O aproveitamento da energia solar é um projeto viável, tanto em termos técnicos quanto econômicos. O elevado custo, principal obstáculo para sua utilização em escala comercial, já está sendo vencido. Especialistas nessa tecnologia prevêem uma queda de até seis vezes no preço do quilowatt (kW) obtido a partir de energia solar até o ano 2015.

No Brasil, a média mensal da energia solar que incide diariamente sobre cada m2 da superfície varia, dependendo do local e da época do ano, está entre 9 e 27 megajoules (MJ), que correspondem a 2,5 a 7,5 quilowatts-hora (kWh).

2.6 Israel

Figura 9 - Mapa de Israel

Localizado na margem oriental do Mar Mediterrâneo e servindo como passagem para cada um dos três continentes: Europa, Àsia e Àfrica, o Estado de Israel situa se na Ásia Ocidental. Israel é um país desenvolvido e a única democracia representativa da região, tendo, no Oriente Médio, o melhor Índice de Desenvolvimento Humano, publicado pela ONU e desde maio de 2010, o único membro da região na Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico - OCDE.

Desde a sua criação em 1948 até os dias atuais, a educação, o desenvolvimento de uma nova linguagem nacional e o estabelecimento de uma economia inserida mundialmente levou este novo país a acelerar o processo de construção nacional. Todas as ferramentas-padrão do moderno processo de criação de um Estado foram empregadas pelo país. Lidando com vários conflitos econômicos e a permanente dependência externa, o Estado de Israel vivia uma realidade que constava pouco durável. As diversas guerras e as dificuldades de receber as grandes ondas de imigração judaica fizeram com que a conquista dessa estabilidade econômica demorasse e com a chegada do boicote árabe (1951), a economia israelense estava enfrentando um de seus piores momentos.

Portanto, com a sua economia avançada e níveis internacionais de regulamentações empresariais, Israel conseguiu chegar, durante seus 60 anos de existência, a um alto nível de desenvolvimento econômico que é expresso pela confiança constante de capital estrangeiro no país e das agências de análise de risco.

É comum relacionar essa alavancagem econômica com a mão-de-obra instruída, a ideologia que veio junto com as imigrações para construir este novo país democrático, e também, desde a sua criação, com o apoio financeiro de judeus espalhados pelo mundo, dando um maior destaque aos que vivem nos Estados Unidos da América. (ISRAELI ECONOMY AT A GLANCE, 2007).

Israel, no tamanho, tem o espaço de 1/123 da República do Brasil. Apesar deste tamanho pequeno Israel varia em regiões geográficas, partindo do Deserto do Negev no sul e o Mar Morto que é o lugar mais baixo do mundo, até as montanhas do Galiléu e do Carmel no norte, incluindo o Hermon com mais de 2000 metros de altura. Entretanto, 70% da população israelita reside no litoral mediterrâneo que desce do Norte até a região central de Israel. Essa variedade geológica e geográfica é o resultado de Israel estar localizado no centro da

Grande Fenda Africana e servindo como uma conexão temporal e climática entre o clima frio do sul da Europa e o deserto africano.(WIKPÉDIA, 2010)

2.7 Recursos Naturais e Evolução energética em Israel

A variedade geográfica em Israel faz uma clara distinção entre regiões mais ricas de recursos de águas ao norte e as regiões secas ao sul. Entretanto, em Israel a existência de recursos naturais é limitado e praticamente nulo, contando apenas com alguns poços locais e áreas com maior concentração de lençóis freáticos.

Portanto, em Israel existe uma quantidade pequena e não suficiente de recursos naturais de geração de energia, uma realidade que não permite a independência industrial na fabricação de petróleo. Por este motivo Israel depende da importação de tais commodities vindos de outros países e sua economia foi criada com essas características. A tendência governamental sempre foi eliminar a dependência externa, prejudicando e arriscando a estabilidade econômica local, bem como considerando a relação com seus países vizinhos e com o cenário internacional.

Israel não importa energia elétrica, ele a fabrica com 98% da geração nacional feita hoje nas usinas termoelétricas. Portanto, Israel tem que lidar, como em outros diversos países, com mercado instável de energia com oscilações periódicas nos preços das commodities, sendo às vezes essas mudanças nos preços de petróleo radicais em níveis nacionais. A escassez de petróleo e gás natural gera instabilidade e aumento no preço de energia elétrica. A Companhia Elétrica de Israel - CEI enfrenta dificuldades com a demanda interna e com o aumento do consumo da população israelense. Hoje, a CEI enfrenta dívidas de mais de U$12 bi. Essas dívidas e a dependência externa levam a uma situação onde a criação de novas usinas é congelada (estando ainda o consumo em alta), sendo que o mercado de Israel é financeiramente limitado à arrecadação de

recursos para novos projetos, o que transforma a produção de energia elétrica numa missão complicada.

Esses motivos forçam as autoridades israelenses a criarem oportunidades para minimizar tais dependências dos recursos externos de geração de energia e a desenvolverem uma política interna que promova a geração de energia sustentável.

2.8 Energia Solar em Israel

Apesar da escassez de recursos naturais, Israel, devido à sua localização, tem a incidência de raios solares durante o todo ano. Nas quatro estações do ano o sol forte é garantido, o que aumenta o potencial do uso de tais raios solares. Com a grande incidência de raios solares e tecnologias avançadas, Israel aproveita o potencial humano para utilizar a energia elétrica gerada por painéis de células fotovoltaicas como uma excelente opção para o avanço do setor além do crescimento da economia do país.

A crise do petróleo de 1973 trouxe o que as autoridades israelenses temeram até aquela época. A dependência externa resultou em corte de fornecimento e aumentos significativos nos preços do petróleo. A crise foi um resultado de diversos fatores e entre eles se incluem as intrigas internas entre os países produtores e a guerra de Yom Kipur em outubro de 1973. Após a guerra, os países produtores votaram em um boicote contra Israel e contra quem apoiava esse novo país independente. Além do boicote o preço de barril aumentou de U$2,00 antes da guerra para um valor incrível de U$40,00 após a decisão tomada pelos países membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo - OPEP. Como resultado da crise, Israel iniciou a convivência de seus piores momentos tentando reconstruir os estragos da guerra e lidar com o corte de fornecimento de energia.

Após 3 anos e como resultado direto da crise do petróleo, foi aprovado no parlamento de Israel (Hakneset) em 1976 o projeto de lei que previa a obrigação das construtoras a instalarem aquecedores solares em cada construção realizada no país a partir daquela data. Foram poupados somente os edifícios muito altos, onde o espaço no telhado não bastava para todos os apartamentos. Segundo o Ministério de Meio Ambiente de Israel até 2007, 95% dos apartamentos em Israel aquecem suas águas com a utlização da energia termo solar. Os aquecedores solares nas casas em Israel hoje fornecem 4% do consumo de energia do estado de Israel.

Figura 10 - Telhados das casas na cidade de Jerusalém, Israel

"Israel hoje é um líder internacional no consumo e produção de sistemas termo solares para o aquecimento direto de água com a utilização de raios solares. O consumo médio per capita e a utilização de tal solução em Israel é o segundo maior no mundo, depois de Chipre, e 10 vezes maior do que na

Alemanha que é um líder mundial em energia sustentável...” Ehud Tzigelman, Instituto Tzigelman de Israel.

3 RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO

3.1 Radiação solar

A radiação solar pode ser absorvida por coletores solares. Estes podem ser divididos por: tipo de tecnologia e de energia gerada (no método direto e indireto). O uso de energia solar para aquecimento de água e a geração de energia elétrica são distintos em suas características, entretanto dependem do mesmo recurso: Radiação solar. Brasil e Israel são dois países que possuem alta radiação solar diária medida por Wh/m2.

3.2 Radiação solar: Israel x Brasil

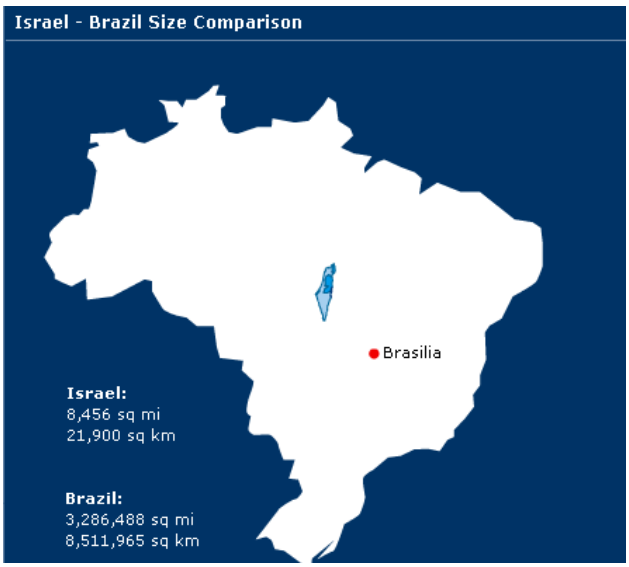

Figura 11 - Comparação de tamanhos entre Brasil e Israel

Ambos Israel e Brasil apresentam altos índices anuais de radiação solar. Em Israel a maior parte de concentração se localiza na parte sul do país, o

Negev. Conforme visto, o sul de Israel se caracteriza como ser a área mais seca do país. É no deserto Israelense (Deserto de Judá, conhecido também como o deserto do Negev) que existe o maior índice médio anual de radiação solar de Israel. No Brasil, segundo a Atlas Solarimétrico do Brasil (2000) e o Atlas de Irradiação Solar no Brasil (1998) o índice médio anual de radiação é maior na região Nordeste, destacando o Vale do São Francisco que abrange os estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, além do Distrito Federal, com superfície de 639.219,4 km2 e que conta de 504 municípios (IBGE, 2010). Existem ainda regiões com menores índices de radiação, portanto as quais apresentam potencial de aproveitamento energético no futuro.

Na figura 12 observa se o mapa solarimétrico de ambos os países. Verificamos que o mapa israelense destaca a área sul onde está localizado o deserto Negev e conseqüentemente a maior incidência de raios solares. No mapa brasileiro observamos que a incidência maior é na área do Vale do São Francisco conforme dito.

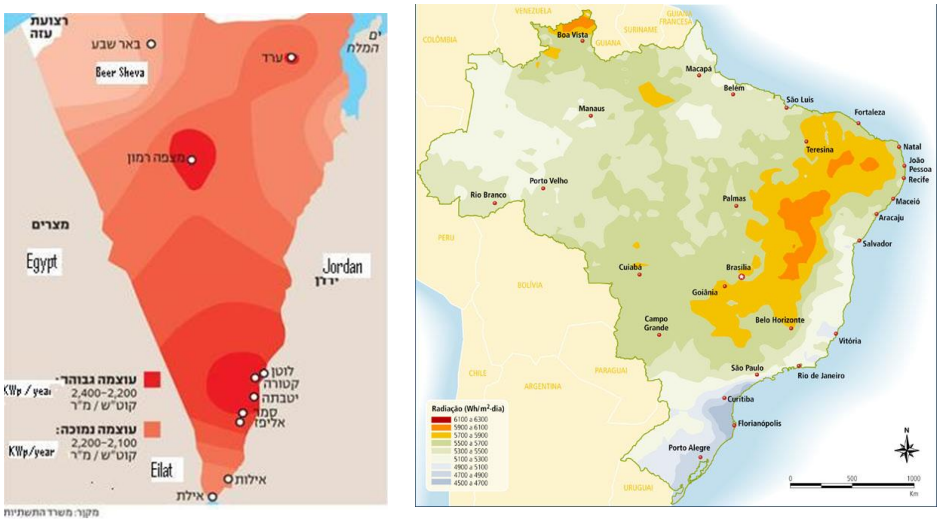

Figura 12 - Mapas Solarimétricos de Israel e Brasil

Tabela 2 - Irradiação solar global em Israel e Brasil em relação a área

	ISRAEL	BRASIL
Área concentrada com maior índice de radiação solar (aproximadamente)	13.140 km2	639.219,4 km2
Média anual de irradiação solar global (kWh/m2. ano)	2100-2400	2000-2300
Média anual de irradiação solar global (em kWh/m2. dia)	5,48	5,37

A tabela 2 abaixo mostra a radiação solar em Israel e Brasil destacando o tamanho da área em Km2 da região com a maior incidência de raios solares, o índice médio anual de irradiação solar global em kWh/m2 por ano e em kWh/m2 por dia.

3.3 Energia Termo-solar: Brasil x Israel

3.3.1 Israel – de sobrevivência para liderança mundial – políticas públicas

A manifestação mais comum do pôr do sol em Israel são os aquecedores solares de água. Estes aparelhos, aparecendo em massa, cobrem os telhados em todo o país e viraram uma marca nas residências em Israel, o qual ganhou se conhecimento mundial na sua liderança no setor. Este uso em grande escala do aquecedor solar começou a se destacar mundialmente a partir de 1950, em

meados da criação do Estado de Israel. Naquela época a escassez de petróleo exigiu do governo, recém criado, proibir o aquecimento de água entre 22hs00 e 6hs00 da manhã. A situação estimulou o desenvolvimento de um novo meio para o aquecimento de água visando evitar a dependência externa e diminuir os custos de uso. Em 1953 foi introduzido o primeiro aquecedor solar fabricado em Israel pelo engenheiro Tzvi Tavor e foi lançada a primeira tentativa de comercializar este novo produto (WIKIPÉDIA, 2010). Até 1967, com a falta de intervenção por parte do Estado e com a venda de 50.000 unidades do novo produto, a existência de aquecedores solares nas residências em Israel chegou a 5% da população (um a cada 20 residências). Portanto, com os baixos preços do petróleo vindo do Irã e com os campos de petróleo capturados na guerra dos seis dias, o custo da energia elétrica em Israel barateou (CALIFORNIASOLARCENTER, 2010). Com isso a demanda para aquecedores solares em Israel foi reduzida significamente. Entretanto, com a crise do petróleo nos anos 70 houve a intervenção política por parte da "Knesset" (Parmalento israelense) criando a lei de instalação obrigatória de aquecedores solares em todas as residências no Estado de Israel.

Esta lei fez com que houvesse uma mudança significativa no matriz energética de Israel. Existindo um em cada casa, de cada família (menos em edifícios altos nos quais o espaço é insuficiente no telhado) os aquecedores solares em Israel hoje empregam em torno de 3% do total consumo de energia do país, existindo em 94% das residências.

Figura 13 - Telhados na cidade de Hulon, Israel

Como resultado dessa realidade e contando com alta incidência de raios solares e vários dias de sol, Israel hoje é um líder mundial no âmbito do uso de energia solar “per capita”.

3.3.2 Brasil – Realidade Eletrizante

No Brasil há uma diversificação de meios para aquecimento de água que é um resultado direto das divergências climáticas, culturais e econômicas do país. O sistema a gás, por exemplo, é mais utilizado em cidades servidas por gás de rua e em regiões próximas a bacias coletoras, como o Rio de Janeiro (CIDADES SOLARES, 2010). Já a opção pelo aquecimento solar é mais utilizada e recomendada para regiões em que a incidência de sol é mais constante (Nordeste). Entretanto no Brasil, habitualmente não se usa a energia solar para a geração de energia térmica para aquecimento de água. As tentativas em desdobrar a melhor relação custo-benefício em sistemas de aquecimento de água no Brasil resultaram por ser o principal motivo pela escolha brasileira pelo chuveiro elétrico, apesar dessa escolha não ser a melhor opção. Em um estudo

elaborado pelo Centro Internacional de Referência em Reuso de Água (CIRRA) foram revelados dados referentes ao consumo de insumos (água, energia elétrica e gás) em chuveiro elétrico, aquecedor a gás, chuveiro híbrido solar e aquecedor de acumulação elétrico. O estudo revela que o chuveiro elétrico está entre os dois sistemas mais econômicos que hoje existem no Brasil: o tradicional chuveiro elétrico e o chuveiro híbrido solar (um aquecedor solar com um chuveiro elétrico no ponto de uso).

Tabela 3 - Custo de aquisição e instalação no Brasil

Sistema de aquecimento de água	Custo de aquisição / custo de instalação (em R$)	Custo total (em R$)	Variação (em relação ao chuveiro eletrico)
Chuveiro eletrico	31,00 / 0,00	31,00	-
Aquecimento solar convencional	3.695,00 / 350,00	4.045,00	12.948%
Gás	825,00 / 120,00	945,00	2.948%
Aquecimento solar Híbrido	688,00 / 200,00	888,00	2.765%
Boiler	1.505,00 / 350,00	1.855,00	5.584%

Fonte: abinne

O estudo concluiu que um banho de oito minutos custa, em média, R$0,27 (consumo de água e energia elétrica) no chuveiro híbrido solar e R$0,30 no chuveiro elétrico. Porém segundo a Associação Brasileira da Indústria

Elétrica e Eletrônica, 73% dos domicílios brasileiros possuem chuveiros elétricos como fonte de água quente para a sua residência.

Dados revelam que apesar do banho de oito minutos com o sistema de aquecimento elétrico ser 10% (R$0,03) mais caro do que o sistema de aquecimento solar híbrido, os principais motivos pela popularidade de uso de tal chuveiro elétrico se entendem pelos seguintes:

1. O custo de aquisição e instalação de um chuveiro elétrico é em média R$31,00 contra R$888,00 do chuveiro híbrido solar (ou seja, 2.765% mais do que o chuveiro elétrico). (veja tabela 3)
2. A eficiência do chuveiro elétrico é o baixo consumo de água do sistema com uma média anual de 4,2 l/min (litros por minuto) enquanto o aquecedor a gás obteve uma média de 8,7 l/min, e o aquecedor solar com média de 8,5 l/min, ou seja, 202% maior que o consumo do chuveiro elétrico. (veja tabela 4).
3. Em relação à água perdida no processo de iniciar o banho até atingir a temperatura ideal. No chuveiro elétrico (e hídrico solar) esta perda é próxima a zero já que ao abrir o registro a água sai praticamente quente. No caso dos aquecedores a gás e solares a média é de 5,2 litros de água desperdiçada. (veja tabela 6).

Tabela 4 - Custo por banho de 8 minutos no Brasil

Sistema de aquecimento de água	Custo por banho (R$)	Variação (em relação ao chuveiro elétrico)
Chuveiro eletrico	0,30	-
Aquecimento solar convencional	0,46	+53,3%
Gás	0,59	+96,6%

Aquecimento solar Híbrido	0,27	-10%
Boiler	1,04	+246,6%

Fonte: abinne.

Tabela 5 - Consumo de água

Sistema de aquecimento de água	Consumo de água (litros por minuto)	Variação (em relação ao chuveiro eletrico)
Chuveiro eletrico	4,2	-
Aquecimento solar convencional	8,4	+200%
Gás	8,7	+207%
Aquecimento solar Híbrido	4,1	-2,3%
Boiler	8,5	+205%

Fonte: abinne.

Tabela 6 - Perda de água até atingir a temperatura ideal para banho - média de 4 banhos/dia

Sistema de aquecimento de água	**Perda de água (em litros)**		
	Um dia	**Um mês**	**Um ano**
Chuveiro eletrico	**Próximo a zero**	**Próximo a zero**	**Próximo a zero**
Aquecimento solar convencional ou bioler eletrico	20	600	7.200
Gás	18	540	6.480

Fonte: abinne.

Em termos de sustentabilidade e meio ambiente a geração de energia solar para aquecimento de água é conhecida como a mais vantajosa. Entretanto o uso de tal tecnologia no Brasil ainda é pequeno devido aos altos custos envolvidos na aquisição e instalação de tais equipamentos. Os primeiros estudos sobre a tecnologia de aquecedor solar tiveram início, no Brasil, desde a segunda metade da década de 1960. O mercado surgiu nos anos de 1970, impulsionado pela crise do petróleo. O Laboratório de Energia Solar (LES), da Universidade Federal da Paraíba, é uma das entidades pioneiras no estudo do aproveitamento da energia solar no Brasil. Com trabalhos publicados desde 1973 o mesmo participou do desenvolvimento nacional de aquecedores solares. (DIAS, 2004).

No início dos anos de 1980 “tal mercado estava caracterizado por uma grande dose de idealismo por parte de seus empreendedores. O reduzido grau de profissionalismo incluía, inclusive, total desconhecimento sobre rendimento e durabilidade dos produtos comercializados no Brasil” (PEREIRA et.al., 2003). Em 1988 inicia-se a profissionalização do mercado. Apesar de taxas relativamente baixas de crescimento, surgem as primeiras normas brasileiras de ensaios de produtos.

No final dos anos de 1990, constatou-se um crescimento do mercado a taxas significativas, motivando uma maior profissionalização, desenvolvimento técnico, comercial e competitividade mercadológica no setor. Verificou-se uma tendência à redução dos custos, com exceção do período entre 1993-1996, cujos aumentos foram atribuídos a preços praticados no mercado internacional para o cobre e o alumínio. Neste período, surgiram, ainda, as primeiras iniciativas de segmentação do mercado, a exemplo do que acontecia no mercado internacional. Os fabricantes de equipamentos de aquecedores reuniram-se em associações para melhor articularem os interesses do segmento (PEREIRA et.al., 2003).

O ano de 2001 foi um divisor de águas. A crise de energia elétrica proporcionou o aumento da demanda por tecnologias substitutas aos sistemas

elétricos (chuveiro elétrico e Boiler elétrico). Houve, no mercado de aquecimento de água, uma procura muito grande pelas tecnologias substitutas e os sistemas de aquecimento solar passaram a ser mais conhecidos. Pode-se dizer que ocorreu, de fato, um avanço do mercado e do conhecimento sobre o assunto (DADALTO, 2002).

Entre 2001 a 2004, 600 mil metros quadrados de coletores foram instalados no País. Só em Belo Horizonte, nesse período, 860 prédios já funcionavam com aquecimento solar, sendo 250 sistemas coletivos de médio e grande porte capazes de aquecer acima de 2 mil litros de água por dia em residências, hospitais e hotéis (DIAS, 2004). Segundo Pereira, et.al.(2006), "em 2001, o Brasil, atingiu cerca de 1,3 milhões de metros quadrados de área coletora instalada, número modesto se comparado com os Estados Unidos da América onde na mesma época se contabilizou cerca de 8,9 milhões de metros quadrados e o Japão com 6,5 milhões".

Segundo a ANEEL (2002) o processo de substituição para aquecedores de água com a utilização de radiação solar tem concentração nas regiões Sul e Sudoeste. É nessas regiões que existe até hoje o maior número de residências contando com a utilização de chuveiro elétrico. Estima-se que hoje no Brasil mais de 500 mil residências (aproximadamente 0,9% dos domicílios brasileiros) se beneficiam com os sistemas de aquecimento solar de água. Isso significa uma economia de energia elétrica equivalente ao consumo de uma cidade de 1,1 milhões de famílias.

Figura 14 - Conjunto habitacional com aquecedores solares em Minas Gerais

3.3.3 Aquecimento solar no Brasil – Incentivos públicos

A existência de uma lei obrigando a utilização de aquecedores solares em todo construção residencial em Israel fez com que este novo Estado, se tornasse a partir de 1976 o primeiro país do mundo a adotar este tipo de política para uso da energia solar. Portanto no Brasil o uso de coletores solares para aquecimento de água somente tem crescido nos últimos anos. Este crescimento vem como resultado direto da crise energética brasileira no ano de 2001. Desde então, alguns estados e municípios aprovaram leis que obrigam a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar, nas novas edificações destinadas às categorias de uso residencial e não-residencial. A primeira capital a aprovar uma lei como esta foi Porto Alegre em dezembro de 2006 (lei 4117/06). Conforme a prefeitura municipal de Porto Alegre, esta substituição para energia solar gerou uma economia de mais de 380 mil MWh de energia elétrica em no ano de 2005 (antes da aprovação da mesma). Outras capitais, como Rio de Janeiro, Campo Grande, Belo Horizonte, Curitiba e Salvador já possuem projetos de lei semelhantes em andamento. A lei 14459 do Município

de São Paulo foi sancionada em 2007 e teve como objetivo tornar obrigatória a preparação de todas as novas casas e edifícios para o uso de aquecedores solares. Conforme a lei, prédios comerciais, industriais ou residências com mais de três banheiros são obrigados a utilizar a luz solar para aquecimento de água. No caso da cidade de Birigui, no interior de São Paulo, foi sancionada a 1º lei que torna obrigatório o uso dos aquecedores solares em habitações de interesse social (CIDADES SOLARES, 2010). Em Campina Grande, na Paraíba, a população é estimulada a instalar equipamentos solares para uso de aquecimento de água ganhando um desconto de 15% no pagamento do Imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU) e até 20% de redução do preço de materiais locais. De acordo com a Associação Brasileira de Equipamentos de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento – ABRAVA, atualmente são 53 cidades e espera-se ver o Brasil inteiro fazendo políticas públicas para uso da energia solar nos próximos anos. Conforme o diretor executivo da ABRAVA "há um potencial enorme para aproveitamento desta fonte de energia e é preciso transitar para uma economia solar o mais rápido possível, de preferência em 10 anos (prazo máximo que especialistas apontam como prazo chave no combate às perigosas mudanças climáticas)".

O Brasil possui hoje 26 leis estaduais e municipais aprovadas, 31 em tramitação e 22 arquivadas. Em 2009, quatro novos projetos de lei tiveram sua tramitação legislativa iniciada. Em Manaus (AM), um Projeto de Lei (PL) institui um programa de incentivos ao uso de energia solar em edificações urbanas. Em Vitória (ES), outro projeto busca autorizar o Poder Executivo a instituir e desenvolver o Programa de Fontes Alternativas de Energia. Em Santa Catarina, um PL dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar em edificações do estado. E em Belo Horizonte (MG) tramita um projeto de lei que estabelece a obrigatoriedade da instalação de sistemas de aquecimento de água por energia solar nas novas edificações do município. Minas Gerais se

destaca na promoção de ações no setor. Em fevereiro, por exemplo, a CEMIG e a COHAB-MG anunciaram a instalação de coletores solares em 15 mil moradias a serem construídas em todas as regiões do estado.

Já no âmbito federal, um projeto de lei também foi aprovado, em outubro de 2009. Com o objetivo de impulsionar a energia solar térmica, o PL 630/03 está atualmente no Senado.

4 CONCLUSÃO

Ambos os países, Brasil e Israel, convivem com realidades distintas em relação ao aquecimento de água. O uso de aquecimento solar de água no Brasil teve seu marco somente a partir de 2001 com as dificuldades de enfrentar a crise energética daquele período. Uma crise que conseguiu atingir Israel anteriormente juntando as diversas dificuldades que englobam na construção nacional de um novo país. Em Israel grande parte do sucesso na instalação em massa de aquecedores solares vem como resultado dessas crises energéticas, preocupações com a dependência externa e com a reação rápida dos governantes desse país. Hoje a realidade mostrada dos dois países é composta de dados bem distintos. Enquanto em Israel existe uma maioria absoluta de domicílios (mais do que 90%) abastecidos com aquecedores solares, no Brasil a realidade é outra, pois conta, na maioria das residências, com água aquecida vindo de chuveiros elétricos. Apesar disto, com o avanço de conhecimento e com uma procura muito grande pelas tecnologias substitutas consideradas mais sustentáveis, o Brasil, nos últimos 10 anos chegou a se destacar nos números de iniciativas privadas e públicas (no próximo item) para o setor de aquecimento solar. Segundo ABRAVA "A energia solar térmica, usada para o aquecimento de água,

é considerada uma tecnologia entrante no mercado nacional. Ela foi valorizada nos últimos anos devido aos seus atributos de baixo custo (de utilização) e preservação do meio ambiente".

A tabela abaixo mostra os dados referentes à essa distinção energética em relação ao aquecimento de água no Brasil e em Israel.

Tabela 7 - Aquecimento de água: Brasil X Israel

	Brasil	**Israel**
População	**183.987.290**	**7.465.500**
Número de residências com a presença de aquecedor solar (estimativa)	**500.000**	**2.140.000**
Relação de total das residências com aquecedores solares	**0,9%**	**94%**
Número de empresas no mercado de aquecimento solar	**200**	**578**

Dados: IBGE.

4.1 Energia solar fotovoltaica: Brasil x Israel

4.1.1 Energia solar fotovoltaica no Brasil

A crise de energia que gerou o apagão em várias regiões do país, em 2001, foi um dos sinais da necessidade de buscar novas fontes de fornecimento. No Brasil, o meio acadêmico é impulsionado pelas pesquisas e como

elaboradores de programas de incentivos. Pouco tem sido feito na promoção do uso da energia solar fotovoltaica. Apesar do país dispor de um grande potencial de energia solar, até então os poucos programas criados com essa finalidade pouco incentivaram a criação e consolidação de um mercado para o uso desta tecnologia no país e ainda o desenvolvimento da indústria nacional de equipamentos e serviços. A falta de regulamentação é uma das barreiras apontadas. Enquanto no mundo a potência instalada acumulada total de sistemas fotovoltaicos foi de aproximadamente 8 GW em 2007, no Brasil é de aproximadamente 20 MW. Esse valor equivale somente aos sistemas fotovoltaicos autônomos (basicamente eletrificação rural e bombeamento de água), pois no país ainda não há sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica - SFCR em utilização comercial, apenas experimental. A saber, são 29 SFCR experimentais no país, equivalendo a um total aproximado de 153 kW. No Brasil, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede são poucos e de caráter experimental. De acordo com Fraidenraich (2002), Winrock International Brazil (2002) e Zilles (2004), as principais aplicações da tecnologia solar fotovoltaica no país são relativas à telecomunicação, à eletrificação rural, aos serviços públicos e ao bombeamento de água. Estima-se uma potência total instalada de sistemas fotovoltaicos autônomos de cerca de 20 MW, dos quais 70% estão localizados nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (Zilles, 2008), e de sistemas conectados à rede de 0, 153 MWp (Varella, 2009). No entanto, o Brasil possui um grande potencial de irradiação solar, maior do que duas vezes o potencial da Alemanha, país líder de sistemas fotovoltaicos em capacidade instalada.

As telecomunicações, em particular as estações repetidoras de microondas, constituem a aplicação mais antiga da tecnologia fotovoltaica no país (FRAIDENRAICH, 2002). Na sua imensa maioria, as instalações estiveram a cargo de organismos públicos, como a TELEBRÁS. Após a privatização do

Sistema TELEBRÁS, ocorrida em julho de 1998, todas as atividades estão sendo administradas pela Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL. (TELEBRÁS, 2007).

Apesar do pioneirismo nos serviços de telecomunicações, são os sistemas fotovoltaicos para eletrificação rural e bombeamento de água que têm sido tradicionalmente utilizados no Brasil, atendendo cargas elétricas distantes da rede elétrica convencional, normalmente em zonas rurais.

Dependendo do local a ser atendido, tais sistemas representam soluções adequadas e podem ser economicamente viáveis em função dos elevados custos de expansão da rede elétrica (JANUZZI, 2009). Este é o caso de pequenos sistemas fotovoltaicos autônomos de geração de energia elétrica, que são implantados para atender residências rurais com iluminação básica e alguns periféricos (CRESESB, 2005).

Quanto à aplicação para bombeamento de água, o Brasil conta com uma expressiva quantidade de sistemas instalados por meio de programas institucionais para o abastecimento de comunidades rurais localizadas em zonas remotas e de baixo poder aquisitivo (DIAS, 2004).

De acordo com o relatório desenvolvido por Winrock International Brazil , mais de 40 mil sistemas fotovoltaicos autônomos foram instalados com o intuito de amenizar o problema da falta de acesso à energia elétrica em várias regiões do Brasil. Algumas iniciativas envolvendo esses sistemas foram viabilizadas através de concessionárias de energia, instituições de ensino, centros de pesquisa, governos estaduais e municipais. Dentre elas pode-se citar o Programa Luz Solar, desenvolvido em Minas Gerais; o Programa Luz do Sol, na Região Nordeste; e o Programa Luz no Campo, de dimensão nacional. (WINROCK INTERNATIONAL BRAZIL, 2002)

Além dos sistemas mencionados, outros inúmeros sistemas fotovoltaicos autônomos continuam sendo instalados em todo o território nacional através do

apoio de Organizações Não Governamentais Internacionais, viabilizados pela cooperação internacional via entidades locais, particularmente pela Agência Alemã de Cooperação Técnica - GTZ e pelo Laboratório de Energia Renovável dos Estados Unidos - NREL/DOE (ANEEL, 2002).

Por enquanto os SFCR's não tem tido utilização comercial no país, mas, até então, existem 29 sistemas fotovoltaicos experimentais conectados à rede elétrica no Brasil, o que equivale a aproximadamente 153 kWp.

Há também no país alguns sistemas conectados à rede, embora os sistemas se encontrem atualmente em fase experimental. De 1995 a 2001 foram instalados seis sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil, totalizando uma potência instalada de 24,6 kWp (OLIVEIRA e ZILLES, 2002). Desse total, cerca de 11 kWp são de um único sistema pertencente à Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF. Esse sistema conectado à rede elétrica foi o primeiro a ser instalado e é considerado como sendo o maior do Brasil, porém encontra-se desativado há anos. (WINROCK INTERNATIONAL BRAZIL, 2002). No período de 2002 a 2008 foram instalados no país 120,4 kWp em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. A Tabela mostra todos os sistemas fotovoltaicos conectados à rede de 1995 até 2008, totalizando 152,511 kWp.(JANUZZI,2009).

Tabela 8 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede, instalados no país (1995-2008)

SISTEMA FOTOVOLTAICO	ANO DE INSTALAÇÃO	POTÊNCIA (KWP)
CHESF	1995	11
LAB SOLAR (UFSC)	1997	2,1
LSF (IEE/USP)	1998	0,75

COPEE (UFRJ)	1999	0,85
LAB SOLAR (UFSC)	2000	1,1
GRUPO FAE – UFPE (F. NORONHA)	2000	2,5
LSF (IEE/USP)	2001	6,3
LABSOLAR	2002	10
CEPEL	2002	16
HR	2002	3,3
GRUPO FAE - UFPE (F. NORONHA)	2002	3,5
CELESC (3X 1,4 KWP)	2003	4,2
LSF-IEE/USP	2003	6,0
UFRGS	2004	4,83
CEMIG	2004	3,0
ESCOLA TÉCNICA DE PELOTAS	2004	0,85
LSF-IEE/USP	2004	3,0
GRUPO FAE – UFPE	2005	1,7
C HARMONIA (SP)	2005	1
CEMIG (3 X 3 KWP)	2006	9
UFJF	2006	30
GREENPEACE (SP)	2007	2,9
GRUPO FAE-UFPE	2007	-
RESIDÊNCIA PARTICULAR, RECIFE	2007	1
LH2 PROJETO CPFL	2007	7,5
RESIDÊNCIA PARTICULAR, SÃO PAULO	2008	2,9

SOLARIS, LEME - SP	2008	1
ZEPINI, MOTOR Z	2008	2,4
ZEPINI,FUNDIÇÃO ESTRELA	2008	14,7
TOTAL		**152,5 kWp**

Fonte: Jazunni.

4.1.2 Políticas públicas para energia fotovoltaica

A experiência nacional evidencia que o Brasil vem tentando introduzir ao longo dos anos o uso da energia solar fotovoltaica através de programas de incentivo. Porém, infelizmente o que foi feito até o momento não foi suficiente para garantir o desenvolvimento de um mercado para este tipo de aplicação, pois a energia solar fotovoltaica não tem sido contemplada efetivamente por políticas públicas específicas de longo prazo e pela legislação em vigor, apesar do país já ter iniciado incentivos a outras fontes renováveis de energia através do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA e de possuir um vasto potencial para a aplicação dessas fontes.

O que existe no país, que pode ser considerado como estímulo ao uso da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede, resume-se aos incentivos fiscais para alguns equipamentos e o Centro Brasileiro para Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica – CB/ Solar). Há projetos de pesquisa em andamento no país, em sua maioria em instituições de ensino e pesquisa, e alguns em concessionárias, mas os mesmos não fazem parte de um esforço concatenado inserido em uma política pública específica, estruturada e de longo prazo.

Por outro lado, um passo importante foi dado em novembro de 2008, quando foi criado, no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME), o Grupo

de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF) com o objetivo de elaborar uma proposta de política pública de curto, médio e longo prazo para a inserção da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica no país.

Mesmo com o pouco avanço do Brasil na introdução da tecnologia solar fotovoltaica, já há alguns incentivos fiscais para alguns equipamentos fotovoltaicos. Os dois impostos mais relevantes que incentivam o uso de alguns equipamentos fotovoltaicos são o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS), de competência estadual, e o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), de competência federal.

O convênio ICMS 01/10 concede isenção do ICMS e IPI nas operações com alguns equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solares e eólicas até 31/12/2012. Os equipamentos especificados, isentos de ICMS estão a seguir na tabela 9.

Tabela 9 - Equipamentos fotovoltaicos isentos de ICMS

Discriminação equipamentos
Bomba para líquidos, para uso em sistema de energia solar fotovoltaico em corrente contínua, com potência não superior a 2 HP
Módulos fotovoltaicos
Células solares não montadas
Células solares em módulos ou painéis

Fonte: Jazunni.

De acordo com fabricantes e revendedores de equipamentos fotovoltaicos, os módulos fotovoltaicos são os únicos equipamentos que atualmente são isentos de IPI e ICMS. Na compra de inversores no mercado nacional são incluídos 12% de ICMS e no caso dos controladores de carga são incluídos 12% de ICMS e 15% de IPI.

Apesar de atualmente não haver fabricante nacional de módulos fotovoltaicos no Brasil, em maio de 2004 foi firmado um acordo de cooperação técnico-científico para implantação do Centro Brasileiro para o Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica - CB/SOLAR nas instalações do NT-Solar, o laboratório mais moderno da área na América Latina para fabricação de módulos fotovoltaicos localizados na Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS.

O CB-Solar está desenvolvendo um projeto chamado planta-piloto para produção industrial de módulos fotovoltaicos nacionais. O objetivo desse projeto é implantar e analisar uma unidade piloto de produção de módulos fotovoltaicos com tecnologia nacional de alta eficiência e baixo custo, avaliando a viabilidade técnica e econômica da produção em escala industrial (CB-SOLAR, 2008).

Apesar da ausência de legislação específica nacional para os SFCR, em novembro de 2008 a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, do Ministério de Minas e Energia - MME, publicou a Portaria n° 36 que cria o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos -GT-GDSF.

O GT-GDSF tem como finalidade elaborar uma proposta de política de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica, em particular em edificações urbanas, como fator de otimização de gestão da demanda de energia e de promoção ambiental do país, em curto, médio e longo prazo.

O GT-GDSF é formado por profissionais da secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético - SPE, da Secretaria de Energia Elétrica - SEE, ambas do MME, do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL, da Universidade de Salvador - UNIFACS, da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo - IEE/USP, e o mesmo é coordenado pelo diretor substituto do Departamento de Desenvolvimento Energético - DDE do MME.

4.1.3 Energia solar fotovoltaica em Israel

De acordo com Koby Plaschkes "O clima e os altos níveis de irradiação em Israel são considerados os melhores do mundo para a geração de energia elétrica fotovoltaica". Embora tendo alto desenvolvimento em pesquisas na área de energia fotovoltaica, a maioria dessas tecnologias desenvolvidas em Israel são exportadas por diferentes motivos, a maioria por motivos políticos. Assim, gera energia elétrica renovável, com a utilização de raios solares, recurso importante para o crescimento econômico de um país. Israel, tendo como realidade a dependência externa, é forçado a encontrar soluções criativas para sair de tal situação sensível. Uma dessas soluções está, conforme já visto, no desenvolvimento de tecnologia de energia fotovoltaica e sua implantação local.

4.1.4 O Centro Nacional de Energia Solar de Ben-Gurion

O primeiro Primeiro-Ministro de Israel, David Ben-Gurion, teve uma ampla participação no avanço tecnológico de energia solar do Estado de Israel e a transformou em um líder mundial nesse setor. Além de suas iniciativas para o avanço de pesquisas no setor de energia solar, o grande marco para a época foi o seu discurso que dizia:

> "O maior e mais impressionante recurso energético no nosso mundo, o recurso de todas as plantas e todos os animais, mas ainda pouco utilizado, tão pouco, é o Sol... Essa energia pode ser transformada em força motor, dinâmica, e elétrica, e também após o aproveitamento de todo urânio e tório da nossa terra, a energia solar continuará no nosso caminho sem limite e sem fronteiras". (Ben-Gurion, 1956).

Devido à dependência frágil de recursos externos, foi a perigosa situação política em Israel, e ainda com as palavras de Ben-Gurion, que abriu

caminho para as pesquisas, e alguns fatos marcantes foram empregados em relação ao avanço setorial de energia solar na história desse país:

- Conforme já visto, o ano de 1976 foi um divisor de águas em relação ao aquecimento solar em Israel, economizando, com a intervenção pública, desde então de 3% a 4% do consumo de eletricidade no país.
- Em novembro de 1985 foi constituído pelo Ministério de Energia e Infraestrutura de Israel, o Centro Nacional de Energia Solar em nome de David Ben-Gurion. Este iniciou as atividades a partir de fevereiro de 1987 sendo uma autarquia governamental com a finalidade de expandir as pesquisas e o desenvolvimento na área de exploração solar.
- No dia 6 de agosto de 1998, foi publicada a decisão da comissão especial para assuntos do meio ambiente de Israel, que dizia: “O início do avanço e desenvolvimento de novas tecnologias para o aproveitamento útil de fontes de energias renováveis, afim de minimizar a dependência da importação de petróleo e a redução de impactos ao meio ambiente” (knesset.gov.il). Para executar a Instrução Normativa, foi criado um setor responsável para viabilizar meios jurídicos e logísticos para estimular o uso de energias renováveis, sugerir projetos na área e recomendar ao governo israelense maneiras para conciliar e atrair investimentos externos para a realização de tais projetos.

  Os dois principais itens relacionados na Instrução Normativa foram os seguintes:

  1. Deve se estimular e subsidiar a construção e montagem de usinas e estações elétricas para a geração de eletricidade com

a utilização de energias renováveis por fabricantes particulares e pela Companhia Nacional de Eletricidade de Israel.

2. Em 2007, até 2% da eletricidade consumida e gerada no Estado de Israel será produzida de fontes renováveis. Esta porcentagem será aumentada em 1% a cada 6 (seis) anos, assim sendo, em 2016 a eletricidade gerada por esses meios sustentáveis atingirá a meta de até 5% do consumo nacional.

A geração de energia elétrica produzida por recursos renováveis em Israel até o ano de 2007 representou aproximadamente 1% do total energia produzida no país. Na maioria dos casos a geração de energia sustentável é feita por alguns projetos de grande porte e diversos pequenos negócios de proprietários particulares em Israel. A geração de energia fotovoltaica no ano de 2008 em Israel é estimada pelo Ministério de Energia e Infraestrutura de Israel, com a produção de 3,03 MW (veja tabela 10).

Tabela 10 – Crescimento do uso da energia fotovoltaica em Israel. (2006 - 2008)

	2006	**2007**	**2008**
Capacidade Instalada de PV (MW)	1,30	1,82	3,03
Crescimento Anual (%)	-	40%	66%
Crescimento Anual de PV (em MW)	-	0,52	1,21

De acordo com a tabela acima, a geração de energia elétrica em Israel utilizando a tecnologia PV teve crescimento de 40% entre os anos de 2006 e 2007 e aumento de 66% em 2008.

A metodologia israelenese para o desenvolvimento de projetos solares fotovoltaicos consiste na utilização de instalações já existentes. Conforme Koby Plaschkes as iniciativas públicas em Israel partem do princípio do aproveitamento de telhados, uma vez que Israel possui limitações territoriais. Para a fase inicial conta se com a utilização de telhados de instalações agropecuárias, como currais e estaleiros dos diferentes Kibutzim (Comunidade de vida comunal) em Israel, antes de partir para telhados residências e de indústrias. Antecedendo as construções de novas fazendas (campos) solares o governo Israelense pretende investir o máximo possível em energia eólica. Os projetos locais nos Kibutzim incluem alguns municípios localizados no sul de Israel que levantaram fundos para criação de tetos solares de geração de eletricidade. No Kibutz "Kefar Suca" vivem dezenas de famílias consumindo energia gerada por coletores fotovoltaicos.

Como consequencia das políticas públicas do governo de Israel, as empresas israelenses com produtos desenvolvidos para o setor, começavam a impor suas tecnologias e a exportá-las para países com maior investimento público como a Europa e os Estados Unidos de America.

Empresas como a "Luz" Ltda e "Solel Bone" Ltda, que constituíram usinas solares fotovoltaicas nos anos 80 na Califórnia, USA são conhecidas como as maiores “exportadoras de tecnologia” no setor de energia solar. Além desses exemplos existem também projetos de empresas israelenses “Ormat” Ltda e “Solargeniks” Ltda que implantaram estações solares no Arizona, em Nevada e na Espanha.

Em entrevista, Koby Plaschkes, especialista na área de energia solar em Israel, destacou o ano de 2008 como sendo um divisor de águas: “Essa situação

(da falta de legislação local) teve a sua mudança declarada com o projeto de lei de Geração de Energia Fotovoltaica por propriedades particulares de 2008 aprovados".

Quanto à participação do Estado de Israel na implementação de novas regulamentações temos os seguintes exemplos:

- Governo Nacional: Instrução Normativa 2935/2008

A decisão do governo em aprovar no dia 13 de janeiro de 2008 a I.N 2935 foi recebida como o maior avanço na área de geração de energia sustentável em Israel desde a sua criação em 1948. O programa governamental começou a implementar subsídios com a isenção de impostos sobre a instalação de estações solares caseiras.

- Governo Nacional: Instrução Normativa 3954/2008

Aprovada no dia 21 de agosto de 2008, determina a "pesquisa, desenvolvimento tecnológico e a produção de energia elétrica feita por geração sustentável.

- Decisão da comissão Socioeconômica do Governo Nacional 4450/2009

A decisão incluía a construção, por parte do Estado, de estações solares de energia fotovoltaica nas cidades de Timna, Naaga e Kudam pela Comissão de Energia Renovável do Governo do Estado de Israel. (Ainda em andamento para licitação).

Conseqüentemente a Companhia Nacional de Eletricidade de Israel, controlada pelo governo israelense, entrou em ação e publicou no dia 2 de junho de 2008 a normativa que determina o novo rumo da matriz energética de Israel. E assim foi publicada a decisão número 1 da assembléia geral 216: "A Conciliação normativa da produção para uso particular de energia elétrica e a transferência de sobras de volta a companhia, essas produzidas por pequenas estações com tecnologia fotovoltaica". (PUA, 2010)

Essa normativa, possibilitou a produção caseira de energia fotovoltaica (fez a concessão de subsídios para criação de estações, como isenção de impostos sobre os produtos e serviços relacionados a energia fotovoltaica), levou a trajetória sustentável para frente e estimulou consumidores de energia elétrica, a serem pequenos produtores de energia solar no seu próprio domicílio, chácara ou fazenda.

Com a entrada em vigor das novas normas da Companhia de Eletricidade de Israel – CEI, cada novo produtor consumirá a energia elétrica que ele próprio produziu, com os limites estabelecidos, e venderá o que sobrou para a companhia elétrica pelo valor de 2,10 shekels (equivalente a R$1,00) por kWh, a frente de 0,5 shekels (R$0,25) que um cidadão normal paga a CEI por um kWh consumido. Com esse subsídio o pequeno produtor poderá reembolsar seu investimento no prazo médio de 7-10 anos.

Tabela 10 - Limites de produção para Estações solares particulares

Local da Estação	**Teto Limite**
Residencial	Sem limite (até 2014)
Empresarial	50 MW
Público	30 MW
Cisjordânia	2 MW
Periferia (Residencial & Empresarial)	Sem limite (até 2014)

Com a implantação das novas normas Israel entrou na lista dos países que permitem a produção particular de energia elétrica residencial, tais como, a Alemanha, Japão, Itália, Espanha e EUA. A implementação dos subsídios governamentais estimulam a produção de energia limpa e sustentável, além da economia de energia elétrica residencial.

Figura 15 - Pequena produtora de energia fotovoltaica na cidade de Driggat, no Negev Israelense

O público israelense reagiu às novas notícias com maior satisfação e entrou em ação com a produção de energia elétrica nos domicílios. Um exemplo famoso é o Kibutz Reim que ficará conhecido por ser o primeiro bairro no mundo a ser totalmente abastecido por energia elétrica propriamente produzida utilizando a tecnologia fotovoltaica. Conforme o programa, o Kibutz colocará coletores em 130 domicílios existentes com a possibilidade de produzir 2,5 MW.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do elevado potencial de aproveitamento solar de que o Brasil dispõe, no decorrer do trabalho foi possível perceber que até então poucas tentativas foram realizadas visando incentivar a energia solar fotovoltaica, mas ainda assim bem ínfimas quando comparadas às iniciativas de Israel. Tudo o que se progrediu relacionado aos SFCR tem sido insuficiente no sentido de se criar um arcabouço regulatório específico para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil.

Percebe-se nitidamente que o Brasil necessita de um mecanismo regulatório específico de fomento caso pretenda ampliar a participação dessa fonte na matriz energética nacional, assim como mostrado nos programas de incentivo em Israel. Esse mecanismo regulatório deve estar atrelado a uma política pública nacional de longo prazo de incentivo à energia solar fotovoltaica no país.

Os programas de sucesso implantados em Israel servem de referência na elaboração de um programa nacional de incentivo a essa fonte, porém é necessário levar em consideração as especificidades nacionais e regionais. Como as características dos sistemas utilizados pelo país, da população que será beneficiada, dos arranjos institucionais, da fonte dos recursos e das tipologias dos sistemas a serem instalados.

Iniciativas nesse sentido já vêm ocorrendo no país, como a proposta de um programa brasileiro elaborada por Rüther, que propõe um conjunto de procedimentos para viabilizar e facilitar a inserção em larga escala da tecnologia solar fotovoltaica no Brasil baseado no programa alemão de telhados solares através da tarifa-prêmio.

Diferentemente de Israel, o nicho de aplicação encontrado até o momento no Brasil para os sistemas fotovoltaicos é em sistemas autônomos

(sistemas de eletrificação rural e bombeamento de água), instalados em comunidades isoladas e na zona rural, quando os custos de extensão da rede são relativamente mais altos. Boa parte desses sistemas foi viabilizada principalmente através de projetos de pesquisa desenvolvidos por instituições do governo e através do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM. Isso ocorre devido ao elevado preço de um sistema solar fotovoltaico e à ausência de legislação específica para esta fonte, o que o mantém pouco competitivo em relação aos valores das tarifas cobradas pelas concessionárias.

Assim, ainda não há como se ter a utilização economicamente viável de SFCR, o que aponta, mais uma vez, para a necessidade de uma legislação específica para essa fonte. O que há, até então, de mais específico é a Portaria n° 36/2008 que criou o GT-GDSF com a finalidade de elaborar estudos, propor condições e sugerir critérios destinados à elaboração de uma proposta de política de utilização da energia solar fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas.

As atuais barreiras da elaboração de uma regulamentação específica para os SFCR's são: ausência de indústrias nacionais de equipamentos, elevado custo, baixo índice de nacionalização dos equipamentos, falta de qualificação de recursos humanos e necessidade de reunir as informações dos especialistas da área.

A maioria destas indicações aponta para a necessidade da elaboração de um programa nacional específico de fomento ao uso de sistemas fotovoltaicos que inclua, em sua regulamentação, a obrigatoriedade de atender um índice de nacionalização de equipamentos, tal qual o Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA. Desta forma, acredita-se que esse estímulo, além de aumentar a participação da energia solar na matriz energética, poderá auxiliar na melhoria de sua competitividade econômica frente às fontes

convencionais através do incentivo à indústria nacional, proporcionando ainda importantes benefícios ao meio ambiente e à sociedade brasileira.

Assim sendo, índices de nacionalização para os sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água, eletrificação rural e conectados à rede elétrica foram propostos como instrumentos de desenvolvimento à indústria nacional dentro de um programa de promoção ao uso da energia solar fotovoltaica no Brasil. (VARELLA, 2009)

Ainda com relação às barreiras e oportunidades, sobre o potencial de participação do Brasil na geração de energia solar fotovoltaica, vale destacar que apesar do país ser um grande produtor de silício metalúrgico, ainda não dispõe de silício grau solar. Uma das saídas para isso seria purificá-lo no país, porém outra dificuldade identificada é a grave escassez de qualificação de recursos humanos. Outra barreira existente atualmente refere-se ao tamanho do investimento, da ordem de milhões de reais, necessário para se investir na fabricação de módulos fotovoltaicos. Estima-se que seria necessário um investimento inicial na ordem de R$ 50 milhões, o que equivaleria a uma fábrica produzindo anualmente aproximadamente 10 MWp. São apontadas também como oportunidades o estímulo que vem sendo dado através dos incentivos fiscais para alguns equipamentos de sistemas fotovoltaicos; o Centro Brasileiro para Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica - CB–Solar, que está desenvolvendo uma planta pré-industrial para fabricar células e módulos fotovoltaicos; e a certificação de alguns equipamentos nacionais e importados, realizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, visando apoiar a indústria de módulos fotovoltaicos, entre outros equipamentos pertencentes aos sistemas fotovoltaicos autônomos.

Portanto, pelas experiências internacionais bem sucedidas e pelos aprendizados decorrentes de algumas experiências do Brasil, vislumbra-se que a melhor estratégia de política pública a ser adotada pelo país é a de estabelecer

um programa de difusão da geração distribuída com sistemas fotovoltaicos nos contextos residencial, comercial, industrial e de prédios públicos, associado a uma estratégia de desenvolvimento industrial. E esta estratégia de desenvolvimento industrial deve estar alicerçada em atividades de desenvolvimento científico e tecnológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Disponível em: www.abinee.org.br. Acesso em: Mar. 2010.

ABRAVA - Associação Brasileira de Equipamentos de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento. Disponível em: www.dasolabrava.org.br. Acesso em: Jun. 2010.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Energia Solar.** Brasília: ANEEL, 2002. 153p.

ANEEL Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia elétrica do Brasil.** Brasília: ANEEL, 2008. 236p.

BP Global – Disponível em:< www.bp.com>. Acesso em: Jan. 2010.

CALIFORNIA SOLAR CENTER. Disponível em: www.californiasolarcenter.org Acesso em: Maio. 2010.

CB-SOLAR - Centro Brasileiro para Desenvolvimento da Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: http://www.pucrs.br/cbsolar/ntsolar/index.htm. Acesso em: Fev. 2010.

CIRRA - Centro Internacional de Referência e Reúso de Água. Disponível em: www.usp.br/cirra. Acesso em: Jun. 2010.

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. CEPEL/ELETROBRÁS/Ministério de Minas e Energia. 45p. 2001.

CIDADES SOLARES. Disponível em: www.cidadessolares.org.br. Acesso em: Maio. 2010.

CGEE - Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. **Relatório do Estudo Prospectivo em Energia Fotovoltaica 2025**. Disponível em: http://www.**cgee**.org.br/arquivos/**relatorio**2008.pdf. Acesso em: Mar. 2010.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito**. Energia Solar: Princípios e Aplicações**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br. Acesso em: Abril. 2010.

DADALTO. E. A. **"Utilização da energia solar para aquecimento para aquecimento de água pela população de baixa renda domiciliar em habitações populares".** Universidade Federal de Minas Gerais. 2008. 117p. (Monografia). Disponível em: http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Elder%20Antonio%20Dadalto.pdf. Acesso em: Mar. 2010.

DIAS, Cristina. **A energia que vem do sol**. In: Revista eletrônica Com Ciência publicada em 10/12/2004 disponível em http://www.comciencia.br/reportagens. Acesso em: Abril. 2010.

FRAINDENRAICH, N. **Tecnologia Solar no Brasil. Os próximos 20 anos.** Campinas, SP: UNICAMP, 2002. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?view=13>. Acesso em: Abril. 2010.

GALDINO, M. A; LIMA, J. H. G. **PRODEEM - O Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica.** In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA. Hotel Glória. Anais**.** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002. CD-ROM. Disponível em: <http://www.nipeunicamp.org.br/agrener/anais/2008/Artigos/58.pdf>. Acesso em: Fev. 2010.

GOLDEMBERG, J; VILLANUEVA, L. D. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: EDUSP, 2003. 225p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: Maio. 2010.

IEA - International Energy Agency. Disponível em www.iea.org**.** Acesso em: Mar. 2010.

ISRAELI ECONOMY AT A GLANCE. Israel: Ministério da Indústria, Comércio e Trabalho, 2007. Anual.

JARDIM, C. S. da**. A Inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno**. Florianópolis, 2007.166p. (tese de mestrado). Disponível em: http://www.tede.ufsc.br/teses/PECV0497-T.pdf . Acesso em: Mar. 2010.

JANUZZI, G. de M; VARELLA, F. O. M. de; GOMES, R. D. M. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação. PROCOBE Brasil.2009.** Disponível em: http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO_PROJETO_2_FINAL.pdf. Acesso em: Abril. 2010.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE DE ISRAEL. Disponível em: www.sviva.gov.il Acesso em: Abr. 2010.

OLIVEIRA, S. H. F; ZILLES, R. **Geração Distribuída de Eletricidade: Inserção de Edificações Fotovoltaicas Conectadas à Rede no Estado de São Paulo.** Universidade de São Paulo. Instituto de Eletrotécnica e Energia. 2002. 198 p. Disponível em: http://www.riosvivos.org.br/arquivos/1242925239.PDF. Acesso em: Fev. 2010.

PEREIRA, E. B; MARTINS, F. R; ABREU, S. L. de; RUTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar,** São José dos Campos : INPE, 2006. 60p.

PUA – Public Utility Authority Electricity. Disponível em: www.pua.gov.il. Acesso em: Maio. 2010

REN21 - Renewable Energy Politicy Network for the 21 st Century. Disponível em: < www.ren21.net>. Acesso em :Mar. 2010.

TELEBRAS - Telecomunicações Brasileiras S.A**.** Disponível em: <http://www.telebras.com.br> Acesso em: Maio. 2010.

VARELLA, F. K. O. M. **Estimativa do Índice de Nacionalização dos Sistemas Fotovoltaicos no Brasil**. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2009. 148 p.

WINROCK INTERNATIONAL BRAZIL. **Trade Guide on Renewable Energy in Brazil**. Outubro 2002.

ZILLES, R. **Aplicações e Regulamentação: Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, Miniredes e Sistemas Interligados.** II SIMPÓSIO NACIONAL DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. CRESESB. 2005. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/snesf/palestras/18-05-2005/ZILLES.pdf. Acesso em: Mar. 2010.

WIKPÉDIA. Disponível em: < WWW.wikpedia.org>. Acesso em: Fev.2010.