



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM PORTUGAL

Estado-da-Arte e Perspectivas de Desenvolvimento

Emanuel Dâmaso Rodrigues Brinquete Proença

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Presidente do Júri: Prof. Rui Baptista

Orientadora: Prof. Dra. Teresa Correia de Barros

Co-orientador: Eng. João Maciel (EDP Inovação)

Membro do Júri: Prof. Carlos Lucas de Freitas

Agosto de 2007

Agradecimentos

Professora Dra. Teresa C. de Barros (Orientadora de Mestrado)

Eng. João Maciel (EDP Inovação. Co-orientador de Mestrado)

Prof. António Vallêra (Vice-reitor UL, investigador na área do fotovoltaico)

Dr. António Joyce (Presidente INETI)

Dr. Helmfield Hostler (La Sabina, S.A.)

Eng. Aníbal Giraldes (La Sabina, S.A.)

Thomas Schmidt (IZET – Innovationszentrum Itzehoe, Alemanha)

Dr. (Univ. Inglesa)

Eng. Fernando (Filbia Construções)

Palavras-Chave

Energia fotovoltaica, estratégia de negócio, Portugal, *cluster*.

Key Words

Photovoltaic energy, business strategy, Portugal, cluster

Sumário Executivo

O presente trabalho faz uma análise do estado da arte do mercado associado à tecnologia fotovoltaica, e das suas perspectivas de evolução. Serve essa análise para avaliar o interesse que Portugal terá em desenvolver uma estratégia forte e atempada de criação de um *cluster* associado à área. Para tal, são referidas as diferentes tecnologias PV, e estudado o potencial de redução de custos de cada uma em separado, bem como do conjunto face ao de outras fontes de electricidade. É também analisado o papel que poderá desempenhar no *mix* eléctrico, em função das suas características. A situação actual e futura do mercado e da indústria a nível mundial é examinada. No caso nacional, a análise de elementos estatísticos e a recolha de dados primários permite fazer uma radiografia da situação energética actual, da estratégia para o sector do fotovoltaico, do tecido empresarial associado e do seu enquadramento legal, bem como das principais barreiras que limitam o seu desenvolvimento. A consideração de todos estes elementos permite retirar diversas conclusões: (1) Sobretudo devido aos seus custos elevados, o fotovoltaico só deverá ter um papel importante no fornecimento de energia global a partir de 2020, (2) o seu papel será a médio prazo importante ou mesmo muito importante, (3) estes dois factos e a dinâmica do mercado actual permitem inferir que a janela de oportunidade para quem quer criar um *cluster* de sucesso na área é agora, (4) o sector nacional está num impasse, e a sua abordagem até ao momento não traz valor acrescentado ao país. Face a estes elementos, novas orientações estratégicas e um redesenho das políticas para o sector são propostas.

Executive Summary

This thesis analyses the market associated with the photovoltaic technology and its prospects for the future. The analysis is aimed at evaluating the interest that Portugal could have in developing a strong and timely strategy to create a cluster linked to PV. The potential for cost reduction of each technology that explores the PV effect is studied, as is the overall potential of PV against other energy sources. The role that PV can have in the national electricity mix is also analysed. The current situation and the prospects for the future of the PV industry are studied. Statistic elements and secondary data allow then a deeper understanding of the Portuguese energy situation, the national strategy for PV, the entrepreneurial tissue, the laws, and the main barriers to the sector's development. The consideration of all these elements allows then some conclusions: (1) Mainly due to its high costs, PV will probably not have an important role in the global energy supply before 2020, (2) its role will be important or even very important in the mid to long term, (3) these two facts and the current market dynamics show that the opportunity window for those who want to successfully create a cluster in the area is now, (4) the national cluster is at a stall, and the national strategy hasn't brought any added value for the country until now. Considering these elements, new strategic approaches and a new design of the policies for this sector are proposed.

Índice

Agradecimentos	2
Sumário Executivo	3
Palavras-Chave	2
Índice	4
Lista de Tabelas	7
Lista de Siglas e Abreviações	7
1. Introdução	8
2. O Fotovoltaico	9
a. História Breve da Energia Eléctrica	9
b. História das Energias Renováveis	10
c. História da Tecnologia Fotovoltaica	11
d. Aplicações da Tecnologia	13
e. Potencial do Fotovoltaico para Abastecimento de Energia	16
3. As Tecnologias	20
a. O Sistema Fotovoltaico	20
b. Quadro Tecnológico Actual: Tecnologias e suas principais Características	22
i. Células de silício cristalino (1ª Geração)	22
ii. Células de película fina (2ª Geração)	23
iii. Conceitos de novas células solares (3ª Geração)	23
iv. Estado actual das diferentes tecnologias	23
c. Tendências Tecnológicas e Desenvolvimentos Futuros Esperados;	26
d. Conclusão/Resumo	28
4. Análise de Viabilidade	30
a. Comparação de viabilidade com outras E, ER	30
b. Potencial de redução de custos e Curva de Aprendizagem	35
5. O Sector Fotovoltaico no Mundo	41
a. O Mercado	41
b. As Políticas de Apoio	44
c. As Tecnologias mais Utilizadas	45
d. A Indústria	46
e. Grandes Projectos Fotovoltaicos	50
6. Portugal	52
a. Quadro Energético Actual	52
b. As Energias Renováveis em Portugal	54
c. Porque é o Fotovoltaico uma solução viável para Portugal	59

d.	Legislação para o Sector.....	61
e.	Caracterização Empresarial do Sector Fotovoltaico	63
f.	Barreiras ao desenvolvimento do sector	65
7.	Estratégias a seguir/Abordagem para o futuro.....	70
a.	Diagnóstico da Situação nacional	70
b.	Estratégia para o Fotovoltaico.....	73
i.	Conhecimento:	73
ii.	Mercado Induzido:	74
iii.	Serviços:	78
iv.	Indústria:	79
v.	Quantificação das Medidas Propostas.....	81
c.	As Novas Fontes de Energia Renovável – Uma aposta maior	83
8.	Conclusões	85
	Bibliografia.....	86

Lista de Ilustrações

Figura 1: Distribuição do Mercado por Tipo de Sistema em 2005.....	15
Figura 2: Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	15
Figura 3: Previsões de Produção Energética e contributo de Fontes Renováveis nos países EIA .	19
Figura 4: Processo de Fabrico de Módulos PV.....	21
Figura 5: Tecnologias de Células Fotovoltaicas existentes	22
Figura 6: Relação entre preço e performance por tecnologias fotovoltaicas.....	25
Figura 7: Estado Evolutivo das Tecnologias	25
Figura 8: Quota de Mercado das Tecnologias	25
Figura 9: Evolução na Eficiência das Células PV	26
Figura 10: Custos de Geração Eléctrica de diferentes FER	35
Figura 11: Evolução dos custos face ao crescimento do mercado.....	36
Figura 12: Previsão de evolução dos custos de um sistema PV	37
Figura 13: Comparação dos Custos de Sistemas de diversas tecnologias PV previstos para 2010	38
Figura 14: Preço dos sistemas PV actuais e cenários de redução de preços.....	39
Figura 15: Instalações de PV em 2006, por Região. Total = 1744 MW.....	42
Figura 16: Repartição do Mercado PV por tipo de sistemas em 2000	44
Figura 17: Previsões de Produção PV	46
Figura 18: Crescimento da Capacidade Instalada Mundial de PV	46
Figura 19: Etapas Industriais de Produção dos Sistemas PV	47
Figura 20: Estrutura Industrial do Sector PV.....	48
Figura 21: Players Industriais do Sector Fotovoltaico.....	49
Figuras 22: Autonomia Energética de Portugal e da UE	52
Figuras 23: Situação energética de Portugal face à UE	53
Figura 24: Importação Bruta de Energia 1987-2005, a preços correntes (10 ⁶ €)	54
Figura 25: Produção Bruta de Energia Eléctrica e Meta da Directiva 2001/77/CE	56
Figura 26: Produção Bruta de Energia Eléctrica em Portugal, 1988-2003.....	57
Figura 27: Contribuição das Energias Renováveis para o Balanço Energético (Mtep).....	58
Figura 28: Evolução relativa da produção de Energia Primária a partir de FER (1994=100)	58
Figura 29: Potência Fotovoltaica em Portugal	59
Figura 30: Insolação Global por metro quadrado na Europa.....	60
Figura 31: Vectores de Acção da Nova Estratégia para o Fotovoltaico	73
Figura 32: Elementos-chave do Mercado Fotovoltaico.....	76
Figura 33: As Novas Fontes de Energia Renovável	84

Lista de Tabelas

Tabela 1: Novas Aplicações de Sistemas Fotovoltaicos no Tempo	13
Tabela 2: Aplicações de sistemas fotovoltaicos por intervalo de potência.....	14
Tabela 3: Principais características de várias Tecnologias produtoras de Electricidade	17
Tabela 4: Previsões para países da IEA – Cenário de Política Internacional Avançada	18
Tabela 5: Máxima eficiência fotovoltaica	24
Tabela 6: Oportunidades de Melhoria Tecnológica por tipo de Célula.....	27
Tabela 7: Comparação de Custos de Investimento.....	31
Tabela 8: Principais Parâmetros de Custos das Diferentes FER	34
Tabela 9: Capacidade em 2000 e prevista para 2010 de FER no Mundo.....	41
Tabela 10: Previsão futura da capacidade instalada mundial	43
Tabela 11: Modelos de Apoio em diversos Países.....	45
Tabela 12: Áreas de Actuação dos principais Industriais do PV	47
Tabela 13: Metas de Produção Eléctrica por FER em Portugal	55
Tabela 14: Análise SWOT ao Fotovoltaico em Portugal.....	71

Lista de Siglas e Abreviações

UE:	União Europeia
EUA:	Estados Unidos da América
I&D:	Investigação e Desenvolvimento
CSP:	Concentrating Solar Power
EPIA:	European Photovoltaic Industry Association
IEA:	International Energy Association
FER:	Fontes de Energia Renovável
PV:	Fotovoltaico
DGGE:	Direcção Geral de Geologia e Energia
MWp:	Megawatt pico
EREC:	European Renewable Energy Council
BiPV:	Building-integrated Photovoltaics

1. Introdução

O impacto dos problemas ambientais causados pela explosão da actividade económica e industrial desde a revolução industrial, na década de 1860, está hoje na ordem do dia. Depois de algumas décadas de incertezas e hesitações, os governos das grandes potências mundiais estão mais do que nunca concentrados na resolução do problema do aquecimento global, unindo esforços para diminuir os efeitos secundários negativos que a actividade humana tem no nosso planeta. O paradigma da produção de energia eléctrica é aquele que mais rapidamente se está a adaptar à nova realidade: o recurso a combustíveis fósseis é insustentável a médio prazo, e o recurso às chamadas energias renováveis para produção de energia eléctrica é cada vez mais uma aposta global.

No panorama actual das energias renováveis, a electricidade solar fotovoltaica assume particular relevo: embora a produção mundial de electricidade recorrendo a sistemas fotovoltaicos seja ainda marginal quando comparada com a produção total, o mercado tem crescido a uma taxa anual de 30%, e o potencial desta tecnologia é teoricamente infundável – a cada hora, a Terra recebe do Sol uma quantidade de energia superior à produzida anualmente no planeta inteiro.

Portugal tem vindo a participar também ele neste movimento de mudança para um novo paradigma energético, ao mesmo tempo que se tenta posicionar nos novos mercados que lhe surgem associados. Agora que consuma o seu posicionamento na energia eólica, com dificuldades acrescidas devido ao atraso face à janela de oportunidade do mercado, é preciso avaliar bem e atempadamente as novas oportunidades que surgem, para evitar repetir o erro. O presente trabalho vem fazer isso mesmo para o fotovoltaico. Através de uma análise exaustiva dos elementos disponíveis, de estudos científicos, e de entrevistas a especialistas, é avaliado o fotovoltaico como oportunidade de criação de um *cluster* económico, e são dadas sugestões de como proceder na abordagem a esta nova opção energética.

2. O Fotovoltaico

a. História Breve da Energia Eléctrica

Embora já fosse estudada há vários séculos, foi na década de 1880 que a energia eléctrica emergiu, pelos inventos de Thomas Edison, Heinrich Hertz e Nikola Tesla. Foi Thomas Edison quem criou a primeira lâmpada eléctrica comercialmente viável, em 1879, marcando assim o início da sua utilização em massa. O impacto da electricidade na história dos finais do século XIX e século XX é enorme: a gigantesca evolução tecnológica, económica e social a que o Mundo assistiu nos últimos 150 anos teria sido impossível sem o domínio da tecnologia eléctrica, da qual depende todo o sistema global no qual vivemos actualmente.

Ironicamente, a mesma electricidade está hoje no centro de uma nova revolução, na qual cada vez mais vivemos. Depois da euforia evolutiva do século XX, o século XXI terá agora de olhar para os efeitos indesejados dessa evolução, criando soluções que promovam um paradigma evolutivo mais sustentável. O maior efeito indesejado é o da emissão de gases poluentes para a atmosfera, que levou a um aquecimento do planeta com efeitos nefastos que começam a ser bem visíveis. A produção de electricidade, uma das principais responsáveis por essa emissão de gases poluentes, tem de ser repensada.

A produção de energia por meios alternativos surge como primeira resposta a esse problema. A comunidade científica internacional dedica-se há já várias décadas à pesquisa de formas de aproveitar os recursos renováveis que a Terra põe à nossa disposição: a água, o vento e o sol são os principais. É desse esforço que vêm surgindo as tecnologias de aproveitamento das energias renováveis: Os sistemas hidroeléctricos, que aproveitam o caudal dos rios, são já há muito tempo utilizados. A energia eólica, evolução tecnológica dos moinhos de vento, tem sido a grande aposta para geração de electricidade sem emissões poluentes da última década, e continuará certamente a sua evolução exponencial. A energia fotovoltaica dá passos firmes no sentido de seguir esse exemplo. Outras alternativas, como a energia das ondas, dão agora os primeiros passos.

A aposta nestas energias renováveis em particular tomou novos contornos nos últimos anos. As políticas dos países industrializados apontam de forma cada vez mais agressiva para o seu uso: a UE (União Europeia) veio em Janeiro deste ano assumir um objectivo de produzir a curto prazo 20% da energia que consome a partir de recursos renováveis, e os EUA (Estados Unidos da América) implementaram também em Agosto de 2005 a *Energy Bill*, que aponta para o uso mais inteligente dos recursos disponíveis e para uma aposta nos recursos endógenos. As políticas japonesas seguem a mesma tendência. O resto do mundo seguirá gradualmente o exemplo dos

países mais desenvolvidos.

Novas tecnologias e novas necessidades criam sempre novos mercados, e portanto novas oportunidades de negócio e de desenvolvimento. Portugal parece ter visto nas energias renováveis uma boa maneira de compensar o atraso que tem noutras áreas. É o país com a terceira meta mais ambiciosa de produção de electricidade limpa de toda a UE, 45% em 2010, atrás da Suécia (60%) e Áustria (78%). O governo português está a apostar nas energias renováveis como forma de relançar a indústria portuguesa, fomentando o know-how, e levando o país para lugares de destaque nesta área (a Ernest & Young diz que Portugal é o oitavo país do Mundo onde é mais atractivo investir em energias renováveis). Várias empresas nacionais responderam já a este apelo, promovendo projectos eólicos, fotovoltaicos, termoeléctricos e outros (a Martifer e a EDP são talvez os exemplos mais fortes).

b. História das Energias Renováveis

A história das energias renováveis tem já mais de 100 anos e pode ser resumida a três gerações tecnológicas, bem definidas no tempo. A partir das FER, é hoje possível não só produzir electricidade em grande escala, como também outras formas de energia, como são o calor, o frio e os combustíveis:

- A primeira geração de tecnologias resultou da revolução industrial, no final do século XIX. Inclui a energia hidroeléctrica, a combustão de biomassa, e a exploração dos recursos geotérmicos para produção de electricidade e calor. Todas estas tecnologias continuam a ter grande importância, e a sua exploração ainda está longe de ser óptima em muitos países (Portugal, por exemplo, explora apenas 46% da sua capacidade hidroeléctrica potencial, e só muito recentemente lançou um concurso para dez centrais de biomassa);

- As tecnologias de segunda geração incluem o aquecimento e arrefecimento solar, a energia eólica, todas as formas de bioenergia que têm recentemente assumido um protagonismo maior no mercado, e o solar fotovoltaico. É destas formas de produção energética que mais se fala hoje, visto que estão a chegar ao mercado, em resultado de investimentos em I&D (Investigação e Desenvolvimento) que decorrem com maior intensidade desde a década de 1980. Os investimentos nestas fontes de energia resultou inicialmente de preocupações ao nível da segurança energética, depois de várias crises petrolíferas, mas hoje destacam-se sobretudo os seus benefícios ambientais.

- Por fim, todos os novos conceitos de produção energética, ainda em fase de investigação laboratorial ou em escala piloto, constituem as tecnologias de terceira geração: energia dos

oceanos e das ondas, sistemas geotérmicos avançados, sistemas bioenergéticos integrados, sistemas de concentração da potência solar (CSP – Concentrating Solar Power), ou até mesmo ideias futuristas como o aproveitamento energético de gradientes de concentração salina na foz de rios, são exemplos desta nova geração tecnológica cujo impacto futuro apenas se começa a estudar.

c. História da Tecnologia Fotovoltaica

O sonho de aproveitar a energia que nos é fornecida pelo Sol para nosso uso não é novo. No entanto, o desafio tecnológico que está por trás do aproveitamento da radiação solar como fonte de electricidade é complexo. A solução para esse desafio começou a ser construída em 1839, e é ainda hoje alvo de melhorias constantes.

Edmond Becquerel foi quem verificou pela primeira vez que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num electrólito, produzem uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz. Decorria então o ano de 1839, e acabava de ser descoberto o efeito fotovoltaico. Mais tarde, em 1877, W. G. Adams e R. E. Day, desenvolveram o primeiro dispositivo sólido de produção de electricidade por exposição à luz, a partir do selénio. Apesar da baixa eficiência de conversão, da ordem de 0,5%, nos finais do século XIX o engenheiro alemão Werner Siemens (fundador do império industrial com o seu nome) comercializou células de selénio como fotómetros para máquinas fotográficas. Foi a primeira aplicação comercial da tecnologia.

Albert Einstein veio abrir uma época de novos desenvolvimentos na área, ao explicar o efeito fotoeléctrico, em 1905. Seguiram-se o advento da mecânica quântica e a física dos semicondutores, assim como as técnicas de purificação e dopagem associadas ao desenvolvimento do transistor de silício. As grandes melhorias de eficiência na conversão da energia resultantes destes avanços tornaram o fotovoltaico numa solução viável para várias novas situações.

Com o advento da era espacial, a tecnologia assumiu uma nova importância. As células solares começaram por ser usadas como backup às pilhas químicas usadas nos satélites, em 1958. No entanto, rapidamente mostraram ser soluções muito mais fiáveis, pelo que hoje, todos os veículos espaciais são equipados com material fotovoltaico. A utilização no espaço de células solares levou a importantes melhorias na sua eficiência na década de 1960. Foi também na década de sessenta que surgiram as primeiras aplicações terrestres, para casos muito particulares, como sistemas de telecomunicações remotos e bóias de navegação. Apenas este tipo de aplicações podia justificar um custo da electricidade produzida muito elevado.

Mas o grande impulso ao desenvolvimento do fotovoltaico veio do petróleo, com o choque

petrolífero de 1973. O pânico gerado levou a um forte investimento em programas de investigação para reduzir o custo de produção das células solares. Apareceram então ideias revolucionárias, como a utilização de novos materiais, em particular o silício multicristalino (por oposição aos monocristais, cristais únicos de silício, muito mais caros de produzir) ou de métodos de produção de silício directamente em fita (eliminando o processo de corte dos lingotes de silício, e todos os custos associados). De facto, em 1976 surgiu a primeira célula em silício amorfo hidrogenado (a-Si:H), aquela que viria ser a primeira tecnologia da geração do filme fino. O resultado destes e de outros avanços foi uma espectacular redução do custo da electricidade solar de 80 \$/Wp (dólares por Watt pico) para cerca de 12 \$/Wp em menos de uma década.

Nas décadas de oitenta e noventa o investimento em programas de financiamento e de demonstração continuou, motivado pela procura de alternativas aos combustíveis fósseis, para produção de electricidade. Exemplos destas iniciativas são a instalação da primeira central solar de grande envergadura (1 MWp) na Califórnia, em 1982, e o lançamento dos programas de “telhados solares” na Alemanha (1990) e no Japão (1993), pelos quais os governos apoiaram fortemente a microgeração de electricidade por particulares.

De facto, foram os governos da Alemanha e do Japão quem primeiro percebeu que a criação de um verdadeiro mercado fotovoltaico não poderia basear-se apenas no desenvolvimento tecnológico, mas também ser incentivado por meio de incentivos no sentido de criar massa crítica no mercado. Um estudo financiado pela Comissão Europeia, o MUSIC FM, mostrou recentemente que, utilizando tecnologia actual melhorada apenas por investigação focada com resultados previsíveis, uma fábrica de painéis solares com um nível de produção da ordem dos 500 MW anuais levaria a uma redução dos custos dos painéis solares para valores competitivos com a electricidade convencional (1 euro/Wp). Estes resultados vêm confirmar que esta tecnologia não está longe de se tornar competitiva, e que as economias de escala são determinantes.

O apoio político foi aliás o catalisador de um desenvolvimento exponencial, a que se assistiu na última década: em 1999 o total acumulado de painéis solares atingia 1 GW (gigawatt), para duplicar três anos depois. Como era esperado, o desenvolvimento tecnológico do fotovoltaico acompanhou esse crescimento. Em 1998 foi atingida a eficiência de conversão recorde de 24,7% (em laboratório) com células em silício monocristalino, e em 2005, cientistas do alemão Fraunhofer Institut for Solar Energy Systems anunciaram uma eficiência superior a 20% para células em silício multicristalino. Entretanto, células solares com configurações mais complexas, as chamadas células em cascata (ou tandem), que consistem na sobreposição de várias células semicondutoras optimizadas para diferentes comprimentos de onda da radiação, permitem já atingir rendimentos de conversão superiores a 34%. (1)

Apoiado numa série de eventos favoráveis, o fotovoltaico cresceu de forma impressionante em meio século. Em 1954 era apresentada a primeira célula fotovoltaica da era moderna. Hoje o fotovoltaico é a melhor solução energética para um número crescente de nichos de mercado, e estão rapidamente a ser criadas as bases para o desenvolvimento de um verdadeiro mercado de electricidade solar sustentável no médio prazo. No entanto, ainda deverá ser preciso esperar uns anos para que esse mercado se torne uma realidade.

d. Aplicações da Tecnologia

Embora a evolução recente tenha sido notável, o grande inconveniente das células fotovoltaicas (e dos outros constituintes do sistema fotovoltaico – inversores, baterias e controladores de carga) continua a ser o seu preço muito elevado, quando comparado com as tecnologias mais usadas para produção de electricidade. No entanto, o leque de aplicações tem vindo a crescer cada vez mais, resultado de descobertas tecnológicas e do decréscimo do custo de produção das células. A disponibilidade de sol (a matéria-prima) em praticamente todo o lado e a modularidade dos sistemas (os sistemas fotovoltaicos podem ser montados em qualquer escala ou tamanho) são os seus principais pontos fortes. Deveu-se em grande parte a isso um crescimento exponencial da produção de células fotovoltaicas, que hoje cada vez mais se acentua. A tabela 1 mostra alguns momentos chave da evolução do fotovoltaico no tempo. Na tabela 2 podemos ver como a modularidade do fotovoltaico permite as mais variadas aplicações.

Tabela 1: Novas Aplicações de Sistemas Fotovoltaicos no Tempo

Data	Aplicação
Finais Século XIX	Fotómetros para Máquinas Fotográficas
1958	Satélites Espaciais
1960-1969	Sistemas de Telecomunicações Remotos, Bóias de Navegação, etc.
1982	Início da massificação: Primeira Grande Central Solar (1 MWp) na Califórnia
1990	Programa dos 100 000 Telhados Solares, na Alemanha
1993	Programa dos 70 000 Telhados Solares, no Japão
2001	Primeiro voo do Helios, um avião a energia solar

Fonte: Análise própria

Os microsistemas, como por exemplo os utilizados em calculadoras de bolso, estão hoje bem consolidados no mercado. Os esforços de desenvolvimento concentram-se agora em sistemas maiores, que permitam produzir electricidade em quantidades significativas, para abastecimento de

habitações ou mesmo da rede pública. São os sistemas ligados à rede que merecem maior atenção, por terem um enorme potencial económico.

Tabela 2: Aplicações de sistemas fotovoltaicos por intervalo de potência

Tamanho	Exemplos de Aplicações
Até 10 W	Calculadoras de bolso; Rádios; Sensores wireless remotos; Pequenos carregadores; Cercas eléctricas.
10 W a 100 W	Pequenos sistemas de iluminação; Sinais de trânsito luminosos; Parquímetros; Luzes de navegação; Estações meteorológicas; Caixas de comunicação de auto-estrada.
100 W a 1 kW	Sistemas de bombagem e irrigação; propulsão de pequenos barcos de recreio; Produção de electricidade para pequenos edifícios; Sistemas híbridos pequenos.
1 kW a 10 kW	Sistemas ligados à rede eléctrica ou híbridos de média dimensão; Grandes sistemas não ligados à rede, para edifícios isolados.
10 kW a 100 kW	Grandes sistemas ligados à rede: implantação em edifícios ou no solo
100 kW a 1 MW ou mais	Muito grandes sistemas ligados à rede: Centrais fotovoltaicas.

Fonte: Análise própria

Percebe-se assim facilmente que a importância dos sistemas fotovoltaicos no mundo que hoje nos rodeia é já considerável. Os sistemas fotovoltaicos autónomos são a solução mais económica para muitas situações onde há uma necessidade pontual de electricidade, e são mesmo por vezes a única.

A tendência continua a ser a de um crescimento exponencial: nas décadas de oitenta e noventa, a produção de células fotovoltaicas cresceu a uma taxa superior a 15% por ano. Essa taxa aumentou para 30% nos primeiros anos deste novo século. No entanto, grande parte deste crescimento recente deveu-se a uma aposta de diversos governos, que decidiram patrocinar a instalação de painéis solares fotovoltaicos nos seus países. A maioria da potência fotovoltaica actualmente instalada é portanto dependente de subsídios estatais. A figura 1 resume a situação mundial em finais de 2005:

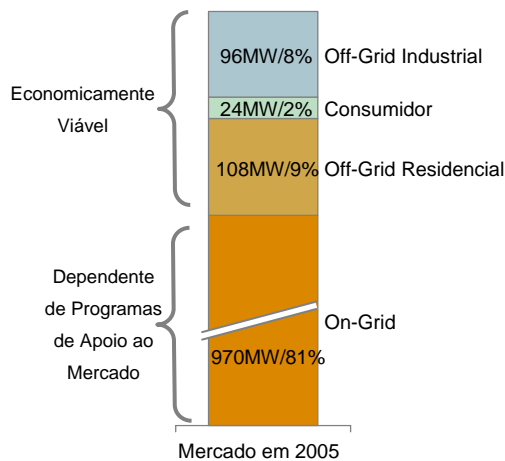


Figura 1: Distribuição do Mercado por Tipo de Sistema em 2005

Fonte: Schott Solar GmbH

Hoje, 81% do mercado assenta em planos de apoio económico de governos que esperam posicionar-se da melhor forma num mercado com potencial futuro imenso. Vários tipos de aplicações têm de ser distinguidos:

- Alguns sistemas são autónomos, produzindo electricidade para consumo directo no local ou armazenagem. É o caso de sistemas em casas remotas, sem acesso à rede (off-grid residencial), ou pequenas aplicações, como sinais de trânsito, antenas de telecomunicações ou mesmo as calculadoras de bolso (consumidor). Nestas aplicações, a energia fotovoltaica é economicamente viável;

- Outros sistemas são ligados à rede, debitando nela a electricidade que produzem. Distinguem-se os pequenos sistemas distribuídos, de microgeração, e os centralizados (grandes centrais, cada vez maiores e mais frequentes - macrogeração). A sua viabilidade económica depende ainda dos apoios que lhes são concedidos.

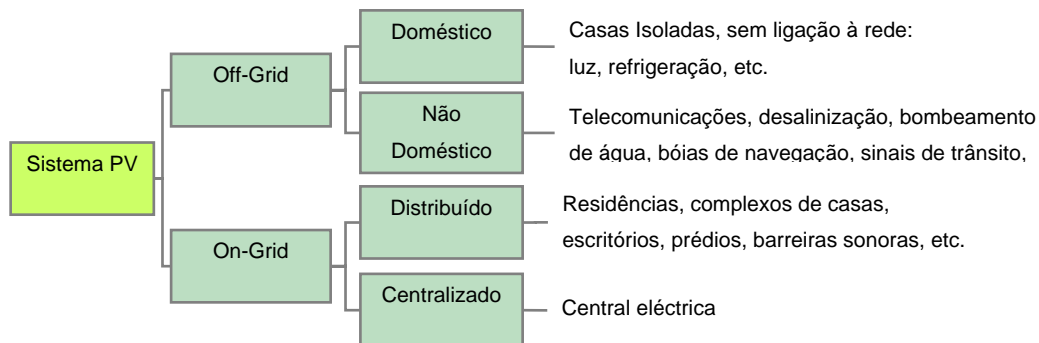


Figura 2: Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Fonte: IEA

É importante relativizar o peso da energia fotovoltaica no contexto da produção mundial de energia eléctrica actual: apenas 1 GW de capacidade fotovoltaica estavam em operação no Mundo em finais de 2002, contra 3300 GW de capacidade eléctrica total. Na UE, região onde o PV está mais desenvolvido, 3,4 GW de potência estavam já instalados em 2006, dos quais 97% tinham ligação à rede (2). Este último número mostra que, embora muito interessantes do ponto de vista económico

e prático, os sistemas autónomos representam um mercado potencial muito pequeno, quando comparado com as necessidades de produção energética totais. O desafio que se põe à indústria actualmente é portanto o de tornar os custos da tecnologia cada vez mais competitivos e alcançar a paridade com a rede (custos ao nível dos praticados pelas outras tecnologias, que vendem à rede) a médio prazo. Só essa competitividade poderá assegurar uma explosão dos sistemas fotovoltaicos ligados à rede, tornando a energia solar numa resposta verdadeiramente viável aos desafios do novo milénio.

e. Potencial do Fotovoltaico para Abastecimento de Electricidade

Prevê-se que o crescimento do mercado fotovoltaico a que se tem assistido nos últimos anos se mantenha no curto prazo. As políticas de incentivos seguidas por diversos países, bem como a adaptação da indústria produtora de sistemas fotovoltaicos às maiores necessidades do mercado, reflectem-se numa estimativa de volume de produção próximo dos 11 GW já em 2010 (contra apenas 1 GW em 2002). A electricidade gerada não chegará a 30 TWh (Terawatt-hora), o que representa menos de 0,15% da produção total de electricidade estimada para o mesmo ano. O crescimento, embora muito tem ainda pouco impacto no *mix* energético mundial. (2)

Por outro lado, este crescimento será na sua grande maioria sustentado pelos subsídios, o que quer dizer que o mercado não será ainda em 2010 auto-suficiente. Para que o nível desejado de autonomia do mercado seja atingido, é preciso que os preços da energia fotovoltaica atinjam a paridade com a rede, ou seja estejam ao nível dos preços praticados junto do consumidor. A partir desse ponto, a energia fotovoltaica poderá competir directamente com as outras formas de produção, pelo que um enorme mercado se abrirá. Veremos que é necessário que os preços dos sistemas sejam reduzidos em 40%, para que se chegue a essa situação.

Como já foi referido, o potencial da radiação solar como fonte de energia é praticamente inesgotável. Em primeira análise, toda a energia de que o Mundo precisa poderia ser extraída desta fonte. No entanto, é necessário perceber que produzir energia limpa nunca poderá passar por uma só tecnologia. A energia eléctrica não é armazenável em grandes quantidades, pelo que a sua produção tem de ser praticamente simultânea ao seu consumo. Por isso, a sua produção tem de ser flexível, rapidamente adaptável às necessidades de cada momento. Um bom *mix* de fontes energéticas é portanto essencial.

Interessa perceber quais as principais características de cada fonte de electricidade actualmente utilizada em grande escala, para melhor definir onde se poderá vir a inserir o fotovoltaico, e quais são os seus concorrentes mais directos.

Tabela 3: Principais características de várias Tecnologias produtoras de Electricidade

Tecnologia	Características	
Fotovoltaico	Variabilidade da produção consoante o clima. Produz apenas durante o dia. Pode trabalhar em apoio ao consumo nas horas de pico do comércio e da indústria, mas não da habitação (ao principio da noite).	

Tecnologia	Concorrente do PV?	Características
Hidroelectricidade	Sim	Abastecimento flexível e sempre disponível, mas condicionado por condições excepcionais de sazonalidade (períodos de seca) ou investimento muito elevado, que leve à obrigatoriedade de uma utilização exaustiva.
Turbina a gás	Sim	Normalmente a tecnologia mais barata para cargas de pico, complementares com as tecnologias tradicionais de base.
Central de ciclo combinado	Marginal	Bastante capital-intensiva, preferível para cargas base ou intermédias, mas menos para cargas de pico.
Turbina a Vapor	Marginal	Capital-intensiva, utilizada sobretudo para cargas de base ou intermédias.
Nuclear	Não	Muito capital-intensiva, não poderia servir para cargas de pico.
Eólica	Não	Toda a energia tem de ser vendida para que o investimento seja rentável. Não há controlo sobre a disponibilidade.

Fonte: *B. van der Zwaan, A. Rabl / Solar Energy 74 (2003) 19-31*

A análise das características do fotovoltaico permite perceber que esta será uma fonte de energia adequada para suprir as cargas de pico da rede durante o dia. A dependência da radiação solar, bastante variável, torna-a pouco viável para suprir horas em que a carga exigida à rede é baixa. Assim sendo, as fontes de energia com que compete são aquelas que asseguram o abastecimento em horas de pico, ou seja as fontes pouco capital-intensivas, que fornecem electricidade quando esta é necessária.

Sabendo isto, compreendemos também que a energia fotovoltaica não poderá nunca ser uma solução única, mas apenas mais uma fonte energética que vem contribuir para o conjunto de soluções que devem assegurar o abastecimento de electricidade ao planeta. Falta no entanto perceber até onde pode ir esse contributo. A EPIA elaborou um estudo no qual defende que os custos dos sistemas continuarão a descer proporcionalmente ao crescimento dos volumes de

produção dos painéis, e às consequentes economias de escala. A EPIA antecipa ainda que em 2020 cerca de 1% da electricidade consumida mundialmente será de origem fotovoltaica, elevando-se essa fracção para cerca de 26% em 2040. Num outro estudo, mostra que a importância desta tecnologia em 2020 poderá ser tal, que empregará dois milhões de pessoas, fornecendo electricidade a mil milhões de pessoas.

Tabela 4: Previsões para países da IEA – Cenário de Política Internacional Avançada

Unid: TWh	2001	2010	2020	2030	2040
Consumo Total IEA	15578	19973	25818	30855	36346
Biomassa	180	390	1010	2180	4290
Grande Hídrica	2590	3095	3590	3965	4165
Pequena Hídrica	110	220	570	1230	2200
Eólica	54,5	512	3093	6307	8000
Fotovoltaica	2,2	20	276	2570	9113
Solar Termoeléctrica	1	5	40	195	790
Geotérmica	50	134	318	625	1020
Marinha (Ondas)	0,5	1	4	37	230
Total FER	2988,2	4377	8901	17109	29808
Contributo FER	19,2 %	21,9 %	34,5 %	55,4 %	82,0 %

Fonte: EREC, 2005

Estes valores mostram bem o quão importante pode ser a energia fotovoltaica a médio ou longo prazo. A tabela 4 mostra a evolução que é esperada pela IEA para o conjunto das fontes de energia renovável em estado de desenvolvimento mais avançado actualmente. O estudo é feito com base num cenário no qual as políticas internacionais manterão o seu apoio à produção de energia renovável, cenário este que parece actualmente ser o mais provável, e contabiliza apenas os países pertencentes à IEA¹. Podemos ver que é do fotovoltaico (PV) que se espera a maior evolução. Enquanto em 2010 este será responsável por apenas 0,5% do conjunto da produção de electricidade renovável no conjunto dos países da IEA, espera-se que em 2040 represente já 30%, e seja mesmo a maior fonte de energia renovável. Podemos também ver que se estima que a produção fotovoltaica seja multiplicada por dez a cada década até 2030, com o maior salto a ser dado na década de 2020. Nessa altura, prevê-se que as diversas fontes de energia renovável

¹ Agência Internacional de Energia: Organização ligada à OCDE. São seus membros 28 dos 30 membros da OCDE.

contribuam para mais de 80% da produção energética mundial.

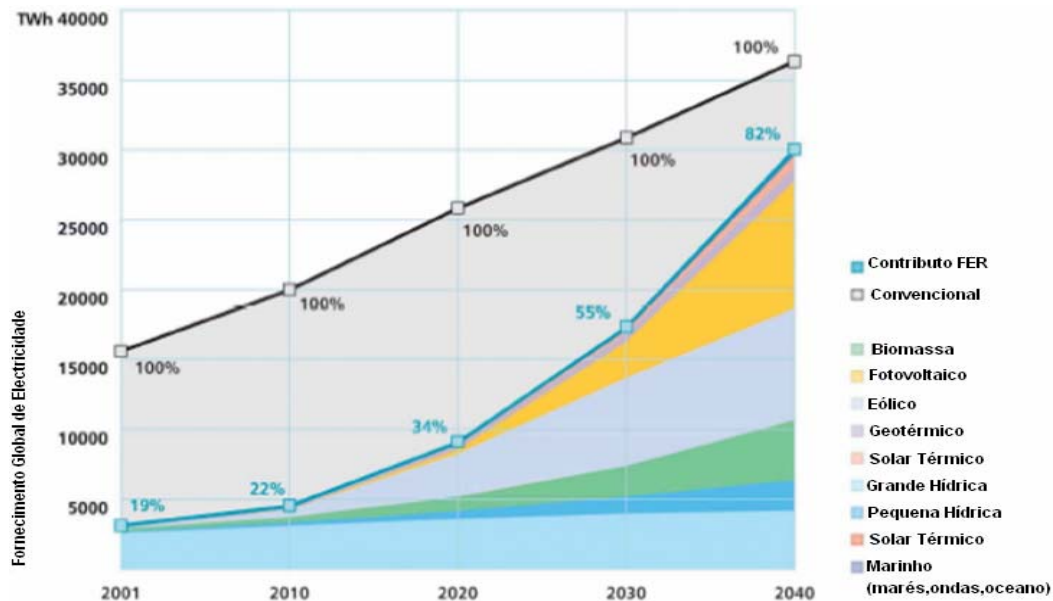


Figura 3: Previsões de Produção Energética e contributo de Fontes Renováveis nos países da IEA

Os valores apresentados mostram que o consenso dos especialistas aponta não só para que o preço do fotovoltaico atinja a paridade com a rede em 2020 ou antes, mas também para que os preços continuem a descer depois de atingido esse objectivo. Por outro lado, um contributo tão grande do fotovoltaico para o mix energético mundial implica grandes alterações ao nível do sistema de distribuição, com o aparecimento de redes cada vez mais inteligentes e descentralizadas. Outras soluções, como por exemplo o recurso a barragens de ciclo reversível, serão também essenciais para que uma quantidade tão grande de electricidade com output variável seja acomodada sem que haja perturbações no abastecimento. Estes assuntos serão abordados em maior detalhe mais adiante.

3. As Tecnologias

As previsões de crescimento do mercado vão ao encontro daquele que é o enorme potencial da tecnologia. De facto, espera-se que o fotovoltaico venha a confirmar que é capaz de fornecer ao Mundo energia limpa e sustentável em larga escala. Para que se possa melhor definir um rumo a seguir para alcançar este objectivo, é importante que se responda antes a um conjunto de questões:

- Quais das actuais tecnologias fotovoltaicas podem efectivamente evoluir e ser desenvolvidas em larga escala? Quais as suas características?
- Em que estado de desenvolvimento estamos?
- Qual o potencial de desenvolvimento futuro?
- Quais são as actuais direcções da investigação e desenvolvimento mais promissoras?

Para além dos painéis solares fotovoltaicos convencionais, outras tecnologias de aproveitamento da radiação solar estão disponíveis: os sistemas solares térmicos, que aproveitam a luz do sol para produzir calor e aquecer água são já bastante utilizados em Portugal. A sua utilização é economicamente vantajosa e uma lei recente obriga a que todos os novos edifícios possuam de raiz condições para que estes equipamentos sejam facilmente instalados. Numa outra solução (sistemas termoeléctricos), os sistemas CSP (do inglês Concentrating Solar Power), lentes ou espelhos parabólicos concentram a radiação solar em painéis de alta eficiência. É utilizado o calor do sol para aquecer fluidos, com os quais é produzida energia eléctrica. A tecnologia é bastante distinta da do fotovoltaico normal, e a sua aplicação em sistemas de pequena escala é mais difícil.

a. O Sistema Fotovoltaico

Antes de especificar em maior detalhe quais as tecnologias actualmente utilizadas, é preciso compreender como funciona todo o sistema que permite obter electricidade a partir do Sol. O módulo fotovoltaico é o seu componente principal. É composto por um material semiconductor, tipicamente silício, constituinte da areia, que se carrega electricamente quando submetido à luz solar. Substâncias dopantes são adicionadas ao semiconductor para permitir uma melhor conversão da potência associada à radiação solar em potência eléctrica.

Os módulos, com potências entre os 50 e 100 W, são constituídos por células fotovoltaicas, que produzem tipicamente potências eléctricas da ordem de 1,5 W (correspondentes a uma tensão de 0,5 V e uma corrente de 3 A). As células são ligadas em série ou paralelo para formarem módulos ou painéis fotovoltaicos. Contactos de metal nas extremidades de cada célula constituem os terminais, que absorvem os electrões livres, concentrando assim a energia.

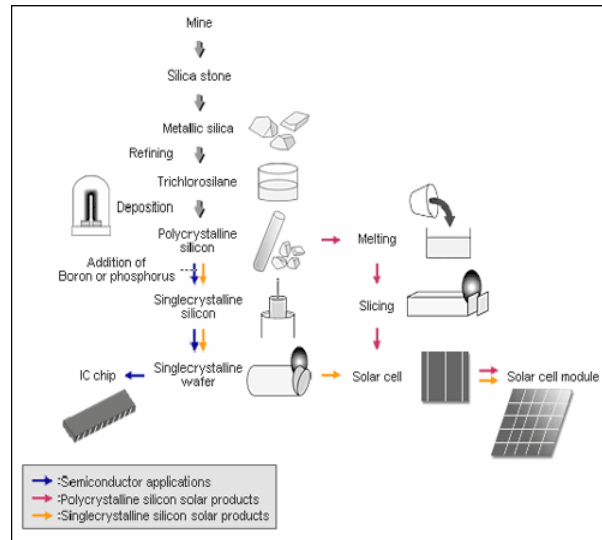


Figura 4: Processo de Fabrico de Módulos PV

A orientação dos painéis solares tem um papel fundamental na produção de electricidade obtida. Inclinando-os com um ângulo igual ao da latitude a que se encontram, maximiza-se a radiação solar incidente sobre o painel ao longo do dia, e do ano. Alguns sistemas mais recentes possuem dispositivos de *tracking*, que localizam o sol e viram o painel na sua direcção. Sendo que a radiação solar varia consoante o período do dia, época do ano e condições climáticas, a quantidade total de radiação solar é expressa em termos de horas de pico solar. Numa hora de pico solar, a potência é de 1000 W/m^2 , e a energia resultante é de 1 kWh/m^2 .

A corrente eléctrica produzida pelos painéis fotovoltaicos é contínua. Para que possa ser utilizada, um inversor converte-a em corrente alternada. Em alguns casos, o inversor já vem incorporado no módulo fotovoltaico. Os sistemas fotovoltaicos não ligados à rede, nos quais é necessário armazenar electricidade, possuem ainda dois outros componentes: baterias, que guardam a energia produzida, e controladores de carga, que monitorizam e protegem a bateria de sobrecargas ou descargas totais. Os dois componentes são colocados entre os painéis e o inversor. No caso dos sistemas ligados à rede, é ainda preciso fazer a ligação, através de um PT (Posto Transformador).

Outros acessórios, como sendo o hardware de montagem, cablagem, caixas de junção, equipamento de solo, protecção contra sobrecargas, completam o sistema fotovoltaico. Ao conjunto dos elementos que compõem o sistema fotovoltaico, excluindo o painel, é dado o nome de *Balance of Systems* (BOS).

b. Quadro Tecnológico Actual: Tecnologias e suas principais Características

A tecnologia fotovoltaica actualmente existente pode ser dividida em três subcategorias. Estas dividem os tipos de células existentes segundo o seu tipo. As células de primeira geração, feitas a partir de silício cristalino, englobam as soluções monocristalinas e policristalinas. As de segunda geração apareceram há cerca de 30 anos, e correspondem às soluções de película fina, onde novos materiais semicondutores são explorados. Por fim, a categoria das células de terceira geração, que engloba vários novos conceitos de células solares, na sua maioria ainda apenas na fase de desenvolvimento. Soluções microcristalinas, nanocristalinas ou híbridas são alguns exemplos. De seguida, apresentam-se os tipos de célula mais frequentes, com as suas principais características.

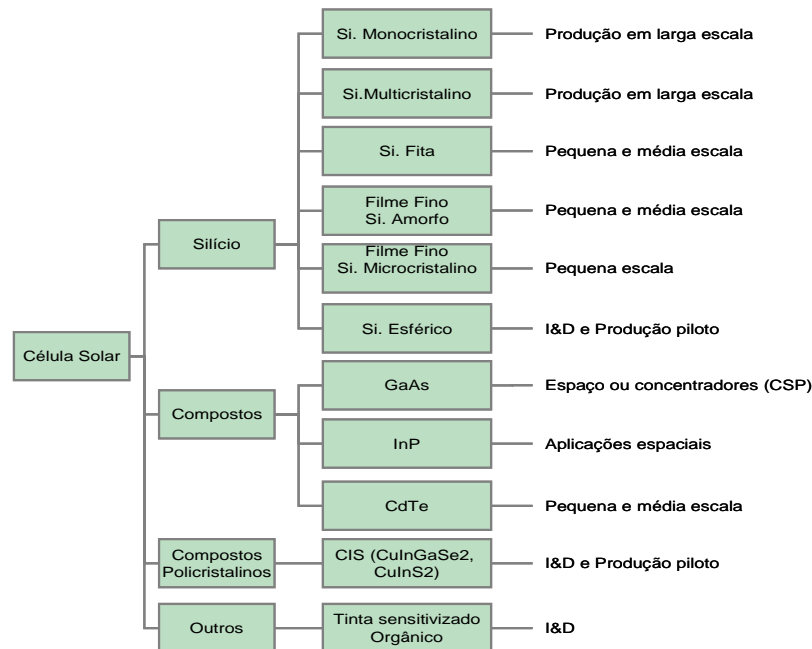


Figura 5: Tecnologias de Células Fotovoltaicas existentes

Fonte: RTS Corporation

i. **Células de silício cristalino (1ª Geração)**

Esta ainda é a geração tecnológica que domina o mercado. Hoje, 90% dos fotogeradores instalados no mundo são feitos à base de silício cristalino. Dentro destes, o silício monocristalino é o mais antigo, e ainda o que domina o mercado. Tipicamente, apresenta eficiências entre os 15% e os 18%, e é utilizado em todo o tipo de aplicações terrestres de média e elevada potência. O silício multicristalino (ou policristalino) é uma alternativa um pouco mais barata, mas também menos performante. A eficiência varia entre os 12% e os 15%, já com camada de anti-reflexão. As células Power são uma variação, resultado da engenharia de pastilha policristalina, e podem ser produzidas com duas faces fotossensíveis, mas têm eficiência da ordem dos 10%. Exemplos de

tecnologias menos comuns são as de silício policristalino EFG, faixa de filamentos (policristalino), rede dendrítica (monocristalino), ou ainda as células policristalinas Apex.

ii. Células de película fina (2ª Geração)

A segunda geração de células vem responder a uma necessidade de redução do consumo de silício, muito oneroso por requerer elevadas temperaturas na produção e um grau de pureza muito alto. A película fina tem também a vantagem de ser muito menos pesada, permitindo aplicações integradas em fachadas de edifícios. A principal tecnologia é a do silício amorfo, muito usada na electrónica profissional e em relógios ou calculadoras. Embora apresente eficiências muito mais baixas do que as de primeira geração, da ordem dos 5% a 7%, o seu fabrico é mais barato, e funciona com uma gama de luminosidade mais alargada: podemos utilizar calculadoras solares apenas com iluminação difusa, em interiores. As células de Diselenieto de Cobre e Índio (CIS) são mais eficientes e igualmente baratas, mas contêm Cádmiu, um material perigoso e interdito pela UE. Há ainda a tecnologia de Telurieto de Cádmiu (CdTe).

iii. Conceitos de novas células solares (3ª Geração)

Muitas novas tecnologias estão ainda em fase de estudos. Prometem grandes eficiências e custos muito mais baixos, mas o seu processo de desenvolvimento tecnológico não deverá permitir que tenham expressão significativa no mercado nos próximos 10 a 15 anos. Refiram-se as tecnologias nanocristalinas sensibilizadas com colorantes, microcristalinas, micromorfas e híbridas (Células solares HCl). É ainda importante referir uma outra, já bastante usada, mas apenas em situações muito específicas: o Arsénio de Gálio (GaAs) apresenta rendimentos que podem chegar a 25%, mas tem custos de produção muito elevados, que só permitem o seu uso em satélites ou sistemas de concentradores (CSP). (3)

iv. Estado actual das diferentes tecnologias

A eficiência de conversão da energia pelas células fotovoltaicas é normalmente baixa. No entanto, a evolução tem sido notável. Esta evolução tem permitido uma redução drástica do custo de produção por kWh. A tabela 5 resume a eficiência de cada tipo de célula acima referido.

É de notar que as células correspondentes às tecnologias de segunda geração têm actualmente uma eficiência mais baixa que as de primeira geração. Este facto deve-se em parte a um estado de desenvolvimento menos avançado, mas é também característico dessas tecnologias. O contraponto deste defeito é um custo de produção das células bastante inferior (nomeadamente por utilizarem menos silício), que aumenta a sua competitividade. Nas tecnologias de terceira geração, os testes em laboratório revelaram já eficiências de conversão que lhes auguram um bom futuro.

As novas tecnologias têm aliás evidenciado uma preocupação dos cientistas em criar soluções mais baratas de produzir. O gráfico 6 mostra precisamente isso. Embora a produção de energia por metro quadrado seja actualmente bem menor nas gerações pós-silício cristalino, o preço por Watt pico diminui consideravelmente, por serem tecnologias de produção muito mais baratas. (3)

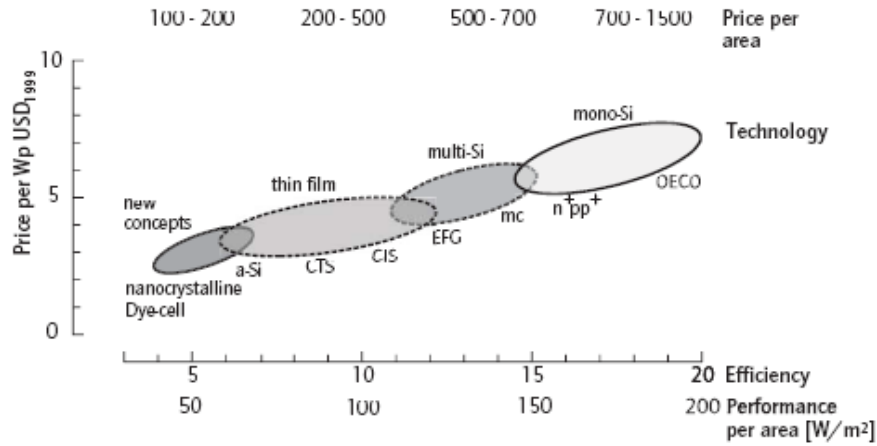
Tabela 5: Máxima eficiência fotovoltaica

Material da Célula	Eficiência Máxima Obtida		
	Laboratório	Produção	Produção em Série
Silício Monocristalino	24,7%	18%	14%
Silício Policristalino	19,8%	15%	13%
Silício Policristalino EFG	19,7%	14%	13%
Película Fina	19,2%	9,5%	7,9%
Silício Amorfo*	13%	10,5%	7,5%
Silício Micromorfo*	12%	10,7%	9,1%
Híbrido HCl	20,1%	17,3%	15,2%
CIS, CIGS	18,8%	14%	10%
Telúreto de Cádmio	16,4%	10%	9%
Semicondutor III-V	35,8%	27,4%	27%
Célula com Corante	12,0%	7%	5%

* No estado estável

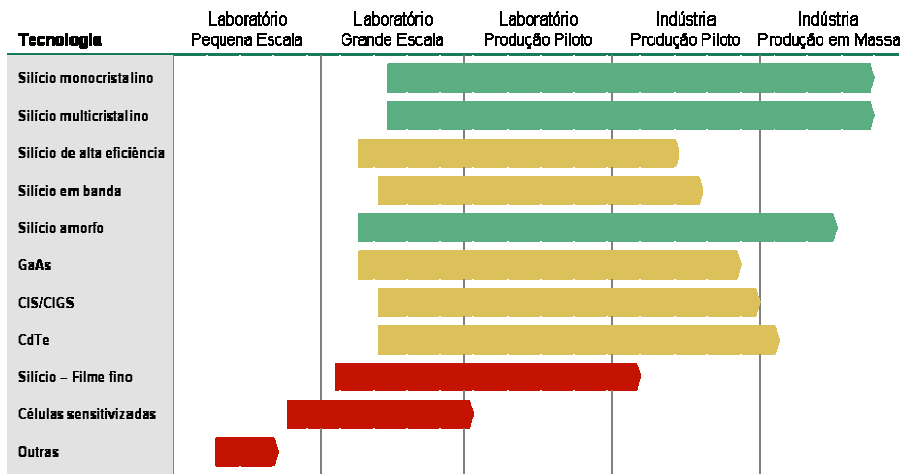
Fonte: *Fraunhofer ISE, Universidade de Stuttgart, 26th IEEE PVSC, NREL, UNSW, folhas de cálculo de fabricantes*

No entanto, as diferentes tecnologias acima descritas estão actualmente em estados de desenvolvimento bastante diferentes. A figura 7 resume a situação actual. Podemos ver que apenas as tecnologias baseadas em silício estão já em fase de produção industrial e comercialização em massa. São estas que actualmente equipam a grande maioria dos dispositivos fotovoltaicos no Mundo. As tecnologias de segunda geração estão actualmente na fase de produção em escala piloto, e as de terceira geração não são ainda comercializadas, sendo que a maioria não saiu ainda de laboratório. Calcula-se que sejam precisos cerca de 10 anos para que uma nova tecnologia faça o seu percurso evolutivo até à produção industrial, pelo que teremos no curto prazo as tecnologias de segunda geração produzidas a nível industrial e comercializadas no mercado. A médio prazo, será a vez das novas ideias tecnológicas, as células de terceira geração, chegarem ao mercado.



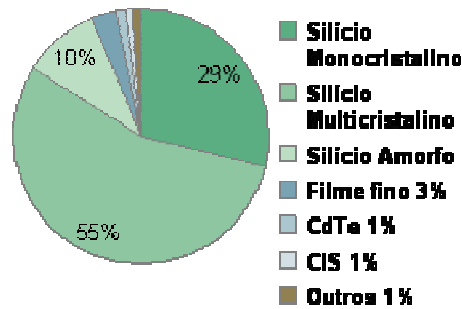
Fonte: NET Ltd.; Systèmes Solaires/EurObserv'ER (2003); Hoffmann / RWE Schott Solar GmbH.

Figura 6: Relação entre preço e performance por tecnologias fotovoltaicas



Fonte: IEA - PVPS

Figura 7: Estado Evolutivo das Tecnologias



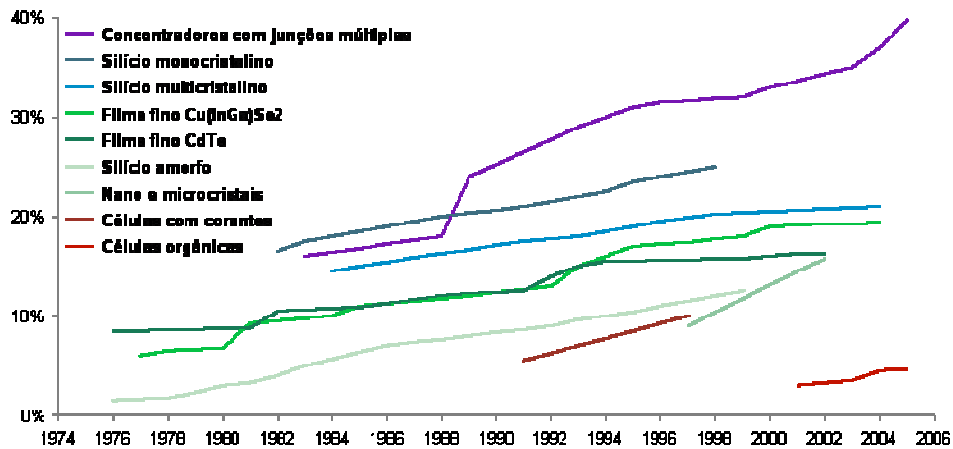
Fonte: IEA PVPS

Figura 8: Quota de Mercado das Tecnologias

A diferença de estados evolutivos e de quotas de mercado não significa no entanto que qualquer das tecnologias tenha chegado à estagnação. É unânime para os peritos que as três gerações tecnológicas apresentam ainda grande potencial de melhorias, tanto ao nível da eficiência como do custo de produção. Resumindo, estamos ainda numa fase ascendente da curva de aprendizagem. Esse facto faz prever que o panorama do fotovoltaico venha a continuar a sua trajectória ascendente nos próximos anos, com o aparecimento de muitas novidades. O mercado continuará portanto muito dinâmico, e apenas aqueles que melhor se souberem posicionar poderão aproveitar essa dinâmica da melhor maneira.

c. Tendências Tecnológicas e Desenvolvimentos Futuros Esperados:

Como já foi referido, a prioridade da Investigação e Desenvolvimento passa actualmente por tornar o custo do fotovoltaico cada vez mais competitivo, com o objectivo de atingir a paridade com os valores praticados na rede. Para tal, há que diminuir os custos de produção dos painéis solares e aumentar a sua eficiência, continuando ou até acelerando a evolução verificada nos últimos anos. O gráfico seguinte mostra como tem sido essa evolução, ao nível da eficiência, para cada tipo de célula.



Fonte: NREL

Figura 9: Evolução na Eficiência das Células PV

É de esperar que o dinamismo crescente do mercado venha acelerar o desenvolvimento das soluções já existentes, ou até mesmo ajudar ao aparecimento de novas ideias. No caso das células monocristalinas, por exemplo, a Sanyo anunciou muito recentemente ter alcançado a fasquia de 22% de eficiência em laboratório, e tem como objectivo atingir essa mesma eficiência na produção em massa até 2010. No entanto, a projecção de descida do custo não assenta apenas na expectativa de melhores eficiências de conversão. O quadro que se segue mostra os conjuntos

tecnológicos, e sintetiza os elementos que poderão influenciar positivamente a evolução do seu custo. A margem para progressão é ainda grande em todas as áreas, mesmo nas tecnologias de silício cristalino, já utilizadas há várias décadas.

Tabela 6: Oportunidades de Melhoria Tecnológica por tipo de Célula

Tecnologia	Evoluções Esperadas e Oportunidades
Silício Cristalino	<p><i>Ainda há espaço para melhorias e redução de custos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Diminuição dos custos de refinação de silício para células solares - Melhorias na produção dos cristais: menor espessura das camadas, etc. - Aumento da escala de produção, para aproveitar economias de escala
Película Fina	<p><i>A falta de silício é uma oportunidade, há maior potencial de redução de custos, mas é ainda necessário melhorar muito</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumento da eficiência de conversão - Diminuição das temperaturas no processo de produção - Substratos mais baratos (vidro, aço, polímeros)
Sistema Fotovoltaico	<p><i>Importante para a redução do custo da electricidade obtida</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Melhoria das tecnologias de instalação e integração - Tecnologias de monitorização da performance e de diagnóstico de erros - Combinação com outros sistemas energéticos - Melhores sistemas de armazenamento da electricidade - Concentradores
Novas Tecnologias – 3ª Geração	<p><i>Ainda muito a fazer até à fase de comercialização</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Melhoria da performance por optimização da estrutura, materiais, etc. - Melhoria da estabilidade, durabilidade, etc. - Melhorias nas tecnologias de produção das células, dos módulos, etc.

Fonte: *RTS Corporation*, análise própria

Podemos resumir as actuais direcções da Investigação e Desenvolvimento para o sector em oito pontos principais:

- Pesquisa de novos materiais: o recurso a novos compostos com custos de produção mais baixos ou eficiências de conversão melhores tem sido bastante estudado. A prová-lo está o aparecimento de várias novas soluções recentemente. A falta momentânea de silício cristalino no mercado trouxe um novo fôlego a esta área de pesquisa. Outro material para o qual se procuram substitutos actualmente é a prata, utilizada como condutor de energia nos painéis, visto que o seu mercado é limitado (é um metal raro) e poderá não ter capacidade para abastecer o mercado dentro de alguns anos;

- Tempo de vida útil dos equipamentos: este é também um ponto importante, que influencia directamente a avaliação económica do investimento num sistema fotovoltaico. Ao nível dos BOS,

tanto os inversores como as baterias têm um tempo de vida útil bastante curto (cerca de 10 anos para ambos), e representam uma parte considerável do investimento num sistema. A eficiência destes equipamentos é também um vector de actuação da I&D actual;

- Diminuição do peso: É essencial, para viabilizar soluções integradas em fachadas, por exemplo. As tecnologias de filme fino são as mais leves, e portanto as mais usadas nestas aplicações;

- Melhoria na eficiência de conversão: continua hoje a ser uma prioridade da investigação. Redução da reflexão e das perdas internas nas células, maior espectro de luminosidade capturado e ventilação do sistema são algumas das formas de o fazer;

- Menor consumo de silício: A redução do uso de matéria-prima permitiria a diminuição do custo do sistema. Novas formas de produzir silício, mais eficientes e menos caras, estão em estudo;

- Maiores módulos de filme fino, de forma a reduzir custos de produção. Destaque-se ainda o desenvolvimento de novas técnicas de soldadura dos contactos eléctricos entre células individuais que hoje limitam fortemente a automatização dos processos de montagem de painéis solares;

- BIPV: Em fachadas, os painéis vêm substituir outros materiais caros, como vidro ou mármore. Há portanto uma diminuição de custo na construção do edifício, que será tida em conta na avaliação do investimento. Por outro lado, esta solução pode ser associada ao reforço da imagem de uma empresa que ocupe o edifício. As soluções integradas em edifícios são também aquelas que mais aproximam a produção do consumo da electricidade. Alterações ao nível do suporte físico do sistema ou do seu peso estão a ser estudadas;

- Módulos flexíveis: as primeiras soluções deste tipo já apareceram, no Japão. A grande vantagem passa por um maior leque de aplicações para os painéis, que poderão acompanhar formas irregulares em edifícios, por exemplo. A componente estética é melhorada;

d. Conclusão/Resumo

Vendo o percurso do mercado fotovoltaico em geral desde o seu início, e tendo em conta o que se espera venha a acontecer nos próximos anos, podemos resumir a sua evolução a quatro momentos bem definidos no tempo:

- 1960 - 1980: fase das primeiras aplicações comerciais, apenas em nichos de mercado muito específicos. É a época das células solares espaciais, e as três maiores potências económicas da altura são actores quase exclusivos: os Estados Unidos, pelo seu programa espacial dos Estados Unidos, a Alemanha, onde a Siemens foi precursora, e o Japão;

- 1980 - 2000: fase de investigação e desenvolvimento, impulsionada pelas grandes crises petrolíferas. Os três actores principais mantêm-se: os EUA lançam programas de apoio a sistemas

autónomos nos anos 80, e o Japão segue o exemplo a meio da década de 90, com a primeira política industrial de fundo e o programa dos 70000 telhados (300MW). A Alemanha começa por lançar uma iniciativa piloto de 1000 telhados (7MW), e implementa depois, em finais do século, a primeira tarifa bonificada para sistemas fotovoltaicos. No âmbito dessa iniciativa foi até hoje instalada uma potência superior a 1000MW;

- 2000 - 2020: a fase actual é de transição, estão a ser criadas as bases para a competitividade em todos os segmentos de mercado. Novos países, entre os quais a maioria dos estados europeus, têm lançado iniciativas de apoio de forma a tornar a instalação de painéis economicamente viável. Há sinais cada vez mais fortes de que as condições de competitividade dos sistemas fotovoltaicos possam ser atingidas antes de 2020.

- 2020 - 2040: será a fase em que a tecnologia parte à conquista do mercado mundial, já como alternativa real às tecnologias convencionais de produção eléctrica. A partir dessa altura é difícil prever até onde irá o uso dos sistemas fotovoltaicos, mas há previsões que apontam para que em 2100, 70% da electricidade mundial seja produzida a partir do sol.

4. Análise de Viabilidade

O uso de sistemas fotovoltaicos é já há alguns anos uma solução viável para aplicações de média potência em locais isolados (um monte, um conjunto de casas, por exemplo). É mais barato e muito menos prejudicial para o ambiente do que o uso de geradores a gás ou uma extensão à rede, pela instalação de um PT. Por outro lado, e tal como foi já descrito, o fotovoltaico é já há largos anos a melhor solução para inúmeras aplicações autónomas de baixa potência. Esta é a situação nos dispositivos autónomos, não ligados à rede.

Em relação aos sistemas híbridos ou de produção totalmente dedicada à rede, a situação é bem mais complexa do ponto de vista económico. Tendo a tecnologia fotovoltaica à partida um custo substancialmente mais elevado do que as suas concorrentes, tem no entanto visto esse valor diminuir de forma radical ao longo dos últimos anos, e espera-se a continuidade desse movimento. A comparação com as outras fontes energéticas permite situar melhor esta solução no panorama da produção eléctrica actual.

a. Comparação de viabilidade com outras fontes de energia

Na presente parte, apresentam-se as outras fontes energéticas mais importantes no mundo actual. Uma análise sucinta de cada uma permitirá contextualizar melhor os valores acima obtidos, e perceber qual pode ser o papel a desempenhar pela tecnologia PV.

As primeiras tecnologias a referir são as tradicionais: **centrais a fuel, carvão, ciclo combinado e gás natural**. A tabela abaixo resume valores típicos de investimento específico de cada uma destas tecnologias, assumindo o tamanho da instalação mais usual para cada um dos casos.

Vale a pena referir o caso da **tecnologia de gás**: embora tenha custos de geração mais elevados (devidos a um custo elevado do combustível), os custos de investimento são substancialmente mais baixos do que os do fuel e do nuclear. A flexibilidade garantida é também um pouco maior, com um tamanho típico muito menor. Por fim, os impactos ambientais são também menores. Estes elementos têm feito com que esta tecnologia tenha tido uma procura crescente nos últimos anos. É interessante também referir que, em resultado dos custos superiores, é o gás que determina normalmente os preços num mercado de energia eléctrica concorrencial. É assim esta tecnologia que normalmente supre as cargas de ponta, pelo que o PV lhe é complementar.

Tabela 7: Comparação de Custos de Investimento

Tecnologia de Geração	Potência Típica	Geração por Ano	Investimento por Potência	Investimento por Geração	Custo de Geração	Comentário ao Custo de Geração
	MW	TWh	€/W	€/kWh	Cts/kWh	
Nuclear	1500	12	0,8-1,6	0,1-0,2	1,5-2,5	Custo de Capital = 50%
Carvão	500	3,5	0,8-1,2	0,1-0,15	2-4	Inv ^o =35%, Fuel=45%
Gás	250	1,5	0,3-0,6	0,04-0,08	3-5	Fuel = 80% do total
Eólico	100	0,5	0,8-1,6	0,3-0,6	3-7	Depende da localização
Fotovoltaico	1	0,001	4-7	3-6	30-60	Depende da localização

Fonte: *Driving the PV Industry Towards Competitiveness*

Na tecnologia **eólica**, podemos distinguir duas realidades: a eólica *onshore* e a eólica *offshore*. Os valores apresentados no quadro correspondem à **eólica onshore**, a mais comum e a única utilizada em Portugal actualmente. Esta tecnologia assume particular relevância, devido aos avultados investimentos que lhe têm sido dirigidos, e também por ser a primeira FER da nova geração a atingir custos de produção próximos da competitividade industrial. A evolução tecnológica e o crescimento do mercado permitiram que se passasse de custos na ordem dos 40cts/kWh em 1981 para 3 a 7cts/kWh em 2006. Prevê-se ainda que o custo continue a diminuir, embora mais devagar, nos próximos anos.

O uso desta FER insere-se perfeitamente nos objectivos estratégicos nacionais, vindo diminuir a dependência de importações de energia, e também a variabilidade de um *mix* com uma forte componente hídrica. No entanto, e ao contrário de países como a Espanha, Alemanha e Dinamarca, Portugal acordou tarde para esta realidade. É hoje claro que perdemos a corrida da energia eólica, ao investirmos massivamente nela à última hora, sem ter feito antes investimentos estruturantes, que permitissem controlar a tecnologia e criar um tecido empresarial capaz de produzir os equipamentos que hoje nos vemos obrigados a comprar a outros países. O caso de Espanha mostra como foi errada a nossa abordagem do mercado: é hoje um grande utilizador, grande produtor de equipamentos eólicos, e grande exportador. É aliás ao país vizinho que vamos comprar a maioria dos equipamentos que usamos.

A energia **eólica offshore** apresenta alguns elementos que agravam o seu custo: por ser

explorada no mar, exige estruturas de suporte caras, e cabos que liguem a infra-estrutura à costa. Estas desvantagens são parcialmente compensadas por uma maior utilização em operação, dado que os ventos no mar são mais fortes e constantes. Em 2006, os custos situavam-se na ordem dos 9,5cts/kWh, e prevê-se que desçam para 5cts/kWh até 2014. Portugal, com a sua vasta costa, apresenta algum potencial, embora os melhores locais para exploração desta fonte se situem no mar do Norte e no mar Báltico, por terem placas continentais pouco profundas, que não exigem estruturas de fundeamento dos moinhos tão caras. A Inglaterra e a Dinamarca são aliás os países mais fortes.

A última linha apresenta valores típicos para o **fotovoltaico**, mostrando o quanto esta tecnologia ainda está longe de poder competir directamente com as tradicionais, numa perspectiva meramente industrial. Este facto obriga ao estabelecimento de uma meta intermédia de redução de custos, a da competitividade de preços ao nível do consumidor (a paridade com a rede). Atingido esse ponto, o sector poderá assistir a uma primeira explosão de procura. Uma segunda e última explosão da procura está prevista para mais tarde, quando a tecnologia atingir uma maturidade que lhe permita competir directamente com as outras, a nível industrial.

Num outro plano, podemos referir as tecnologias **geotérmica e de biomassa**. A primeira tem um potencial reduzido, tanto em Portugal como no mundo, dado que necessita de condições de actividade térmica muito particulares, apenas existentes em zonas de actividade vulcânica. Estas condições verificam-se apenas nos Açores, onde uma central geotérmica de baixa entalpia está actualmente em operação, com uma potência instalada de 12MW. A segunda tecnologia, a biomassa, assenta na produção de calor por queima de resíduos, resultantes por exemplo da limpeza de florestas. A electricidade produzida a partir de biomassa representou em 2005 cerca de 3,7% do total produzido em Portugal. Existe ainda potencial por explorar, tanto na biomassa sólida como no biogás. Nos últimos dois anos, esta tecnologia esteve em foco, e em Janeiro de 2006 foi lançado um concurso para a instalação de 15 centrais a biomassa florestal, com uma potência total instalada de 100 MW. O aproveitamento desta fonte energética vem ajudar à limpeza das florestas e à valorização de resíduos, mas tem também um potencial limitado pela escassez de combustível, pelo que a sua importância para o *mix* eléctrico será sempre reduzida.

Estas são algumas das fontes energéticas mais utilizadas para produção de electricidade. Na verdade, e como foi já referido, apenas o gás é concorrente parcial do PV: o aproveitamento da energia solar produz electricidade durante o dia, coincidindo o seu *input* na rede com os momentos de pico de procura diária do comércio e da indústria. Assim, as fontes energéticas que pode vir a substituir, ou pelo menos complementar, são aquelas que suprem as necessidades de pico de procura. Não é o caso da energia nuclear, do fuel ou da biomassa, cuja produção tem de justificar

os custos de investimento elevados, e tem tempos de reiniciação demasiado elevados para poder produzir de forma irregular. Não é o caso também da eólica, com a amortização dos investimentos iniciais a corresponder a praticamente 100% do custo de operação, e com produção dependente do vento. É o caso sim da energia hídrica assente em barragens de albufeira e das tecnologias solares termoeléctricas (com padrões de produção coincidentes com o PV), abordadas de seguida.

Na **energia hídrica**, há duas realidades a distinguir: existem centrais hidroeléctricas a fio de água e de albufeira, sendo que as primeiras produzem electricidade constantemente e as segundas funcionam como reservatório, podendo entrar em funcionamento rapidamente e suprir as necessidades de pico. São estas segundas as concorrentes mais directas do PV. A importância de ambas é considerável em Portugal: temos bons recursos aquíferos, e rios com declives consideráveis, razões pelas quais temos um excelente potencial hidroeléctrico. O custo de um aproveitamento hídrico por MW instalado, com ou sem reversibilidade, varia fortemente em função da queda disponível e da potência instalada, podendo oscilar entre menos de 1 M€/MW e mais de 3 M€/MW. No caso nacional, uma outra vantagem a ter em conta é a taxa de incorporação nacional na construção de barragens, que ronda tipicamente os 80%. Esta realidade contrasta no entanto com outra: dentro da UE, Portugal é simultaneamente um dos países com mais água por habitante e aquele que mais a desperdiça, visto que apenas explora 43% do seu potencial.

Face a isso, e ao facto de há já onze anos nenhum concurso para novas barragens ser aberto, parece finalmente que o panorama vai mudar: prevista pela DGGE e a EDP está a instalação de mais 1350 MW em centros produtores hidráulicos, sendo que dois terços estarão equipados com sistemas de bombagem. Esses sistemas de reversibilidade podem fazer da barragem um armazém de energia potencial, alimentado por fontes de energia eléctrica intermitentes. Pode-se assim utilizar energia eólica ou fotovoltaica para bombear a água para a albufeira, retransformando-a em electricidade pelas turbinas hídricas quando esta for necessária. Desta forma é eliminado o efeito prejudicial da intermitência dessas fontes de energia eléctrica, sendo que o processo tem uma eficiência da ordem dos 80%.

A **energia solar termoeléctrica** pode quase ser considerada como um substituto perfeito da fotovoltaica. O processo é simples: espelhos concentram a luz solar num ponto ou eixo, no qual um fluido (ar, água ou óleo térmico) é aquecido. A partir desse momento, tudo funciona como numa central termoeléctrica convencional, com o fluido a mover uma turbina a vapor ou a gás. Uma outra opção é a dos motores *Stirling*, que funcionam com um ciclo de compressão e expansão de um gás.

Esta opção tecnológica está ainda numa fase de estudo e demonstração, mas apresenta já custos

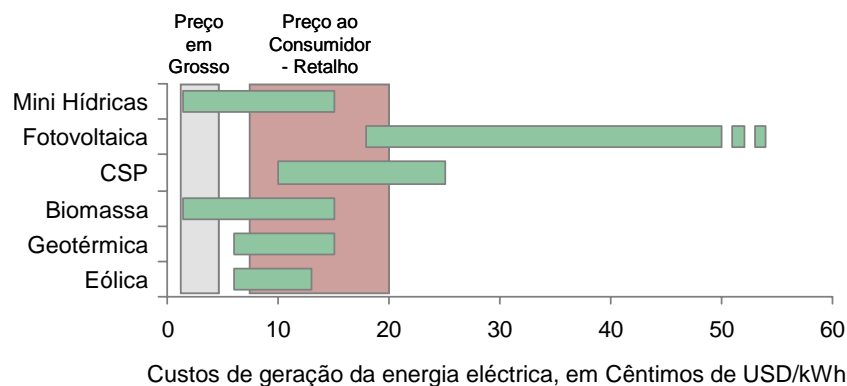
inferiores ao fotovoltaico. Espanha é um dos países onde a pesquisa está mais avançada (há mais de 20 anos), e as centrais de demonstração apresentam já custos na ordem dos 3€/W para as centrais de torre, abaixo dos 3€/W para os sistemas de cilindro parabólico, e cerca de 2€/W para as do tipo CLFR (Fresnel). Neste último caso, prevê-se que possam ser atingidos custos de 1€/W para grandes potências (50MW), o que faria desta a primeira tecnologia com custos competitivos face ao eólico.

Face a estes números, a pergunta óbvia que se põe é se esta não será uma melhor aposta do que o fotovoltaico. A resposta, embora careça de uma investigação mais aprofundada, será à partida não. Isto porque esta opção assenta numa tecnologia totalmente dominada, a das turbinas, o que lhe dá um potencial de redução de custos muito mais limitado (ver alínea seguinte). Por outro lado, há problemas de adaptação do conceito ao paradigma da microgeração. Uma aplicação mais adaptada às suas características será por exemplo o pré-aquecimento de centrais maiores. Os custos de operação e manutenção são também bastante mais elevados. Por fim, o *output* eléctrico não é exactamente coincidente com o PV: neste caso, o sistema não funciona com radiação difusa, pelo que praticamente não produz em dias nublados, e um período de aquecimento e arrefecimento faz com que o diagrama de carga esteja desfasado do de um sistema PV em algumas horas.

De qualquer maneira, esta é uma opção a ter em conta: o aumento de produção e o aperfeiçoamento tecnológico poderão torná-la uma boa opção para equilibrar a variabilidade do *mix* eléctrico nacional. Em Portugal, uma central de 6,5 MW do tipo CLFR está à espera de aprovação do governo, já que não há ainda regulamentação específica no país. O INETI e a Universidade do Algarve estão envolvidos no projecto, que poderá servir de demonstração e de base para estudos mais aprofundados nos próximos anos. Uma vantagem interessante é a possibilidade de ser inteiramente construída em Portugal. A tabela e figura seguintes resumem a situação actual no que toca aos custos de geração de electricidade para as FER mais comuns.

Tabela 8: Principais Parâmetros de Custos das Diferentes FER

Tecnologia	Investimento [€/kW _{el}]	Custo O&M [€/(kW _{el} *ano)]	Tempo de vida [anos]	Potência Típica [MW _{el}]
Fotovoltaico	5400 - 6300	40 - 50	25	0,005-0,05
Solar Termoeléctrico	2900 - 4500	165 - 230	30	2 - 50
Eólico onshore	950 - 1200	36 - 40	20	2
Eólico offshore	2000	70	25	5



Fonte: *Renewable Energy: RD&D Priorities*, OECD/IEA 2006.

Figura 10: Custos de Geração Eléctrica de diferentes FER

b. Potencial de redução de custos e Curva de Aprendizagem

A comparação do potencial da tecnologia fotovoltaica face às outras formas de produção energética estudadas na parte anterior, mostra um cenário pouco abonatório para este. Percebe-se facilmente que a aposta de vários países nesta fonte energética dificilmente se justifica no curto prazo. Sendo assim, porque se continua a apostar numa tecnologia muito mais cara que as convencionais? O estudo das curvas de aprendizagem e do potencial de redução de custos da tecnologia dá uma medida da maturidade tecnológica e explica porquê. Antes de mais, é importante referir três conceitos:

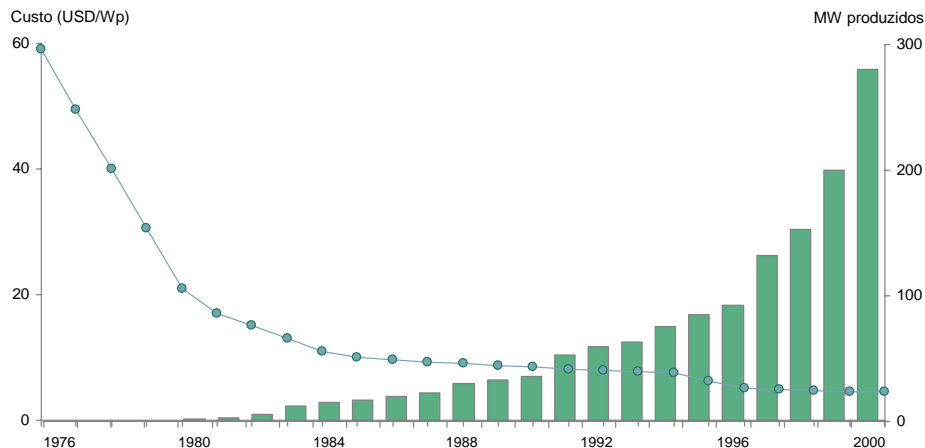
- A curva de aprendizagem descreve como o custo marginal do trabalho diminui com o crescimento da produção, para um dado bem de manufactura e uma determinada empresa;
- A curva de experiência generaliza a curva de aprendizagem da produtividade do trabalho, de forma a incluir todos os custos necessários à investigação, desenvolvimento, produção e venda de um dado produto;
- Por fim, o rácio de progresso determina a evolução do custo marginal. Por cada duplicação da produção acumulada, o custo marginal decresce $(1-PR)$ por cento.

As curvas de aprendizagem mostram, através dos dados da evolução do mercado nos últimos anos, como tecnologia, indústria e mercado se relacionam e podem levar a uma redução de custos muito considerável. É nessa relação entre os três factores que assenta a teoria do ciclo virtuoso das iniciativas políticas capazes de gerar um ambiente propício ao desenvolvimento do mercado.

O estudo estatístico das evoluções passadas permitiu estabelecer três escalas de potencial de redução de custo, para diferentes tipos de tecnologias de ER. Verificou-se que tecnologias caras e

de desenvolvimento recente são as que têm o maior potencial de redução de custos. Tendem a ter uma curva de aprendizagem muito pronunciada, com uma redução de custos de cerca de 20% por cada duplicação do volume produzido, a que corresponde um rácio de progresso de 80%. Inserem-se nesta categoria as tecnologias solares. Cruzando este padrão com as previsões de aumento da produção para os próximos anos, podemos antecipar uma redução de custos da ordem dos 30% a 50%, para cada uma das próximas duas décadas. Num segundo nível, as tecnologias que apresentam custos baixos a médios e têm um desenvolvimento recente apresentam um padrão de redução de custos médio. Nestes casos, a tendência aponta para uma redução de custos da ordem dos 10% por cada duplicação do volume produzido. As tecnologias eólicas e geotérmicas têm assim um potencial de redução de custos de 25% e 10% a 25% por década respectivamente, para as próximas duas décadas. Por fim, o terceiro nível engloba as tecnologias mais maduras, para as quais não se prevê que venham a aparecer grandes mudanças face ao que já se conhece delas. Tecnologias hídricas e de biomassa, por exemplo, poderão assim apresentar reduções de custos na ordem dos 5% a 10% por década. (4)

A curva de experiência apresentada de seguida confirma a tendência de forte descida de custos que se tem verificado nos últimos anos no mercado fotovoltaico. A extrapolação desta evolução para o futuro faria com que rapidamente se atingissem custos de produção compatíveis com o uso do fotovoltaico sem necessidade de recorrer a incentivos.



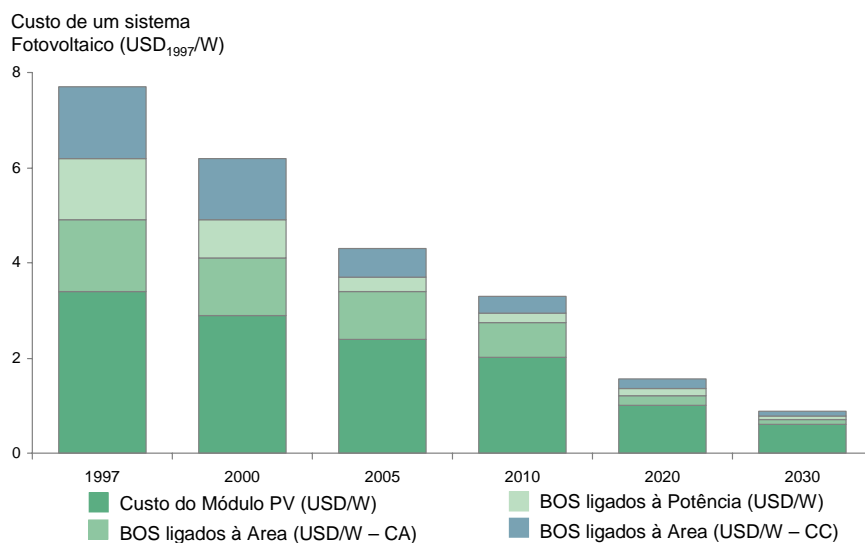
Fonte: NET Ltd, Suíça

Figura 11: Evolução dos custos face ao crescimento do mercado

Conclui-se que, embora o fotovoltaico se apresente actualmente como uma tecnologia muito cara, é uma aposta de futuro, com potencial para alcançar níveis de custo competitivos com outras fontes energéticas actualmente utilizadas. Esse facto é de extrema importância, não só pelas consequências de negócio e ambiental, mas também porque a introdução de mais uma fonte

variável de abastecimento eléctrico permite reduzir a variabilidade ligada aos *mix* energéticos com forte representação eólica e/ou hídrica, tornando o seu *output* mais estável e previsível.

Poder-se ia argumentar que a produção de electricidade por via solar termoeléctrica, que concorre quase directamente com a fotovoltaica, e que apresenta já custos mais baixos, apesar de estar num estado de desenvolvimento mais prematuro, tornaria o fotovoltaico numa tecnologia ultrapassada. No entanto, como já foi referido, o solar termoeléctrico assenta na geração de energia por turbinas, tecnologia que está já totalmente dominada, pelo que a sua evolução de custos que se enquadrará no segundo padrão acima explicado, com uma diminuição de custos prevista muito menor. É aliás interessante notar que praticamente todas as fontes de energia actuais assentam na geração de electricidade pelo movimento de turbinas. As excepções são a energia nuclear e o fotovoltaico. Esta singularidade faz com que a I&D seja nestes casos muito mais determinante para o futuro do mercado. Evoluções tecnológicas significativas são ainda aguardadas, e poderão trazer diminuições de custo capazes de antecipar em vários anos as metas de paridade com a rede e competitividade industrial. O gráfico seguinte mostra que, no caso do fotovoltaico, todos os componentes do sistema carecem de melhorias, e poderão contribuir para a diminuição do custo global. É também visível a diminuição constante e sustentada do custo global, prevista para os próximos 25 anos. Obviamente, estas previsões não incorporam rupturas significativas a nível tecnológico, que podem surgir a qualquer momento, mas são imprevisíveis. De notar que estas projecções foram feitas para sistemas residenciais de silício monocristalino, que dominam o mercado de microgeração, e nos quais os custos dos componentes BOS têm maior peso no custo global.

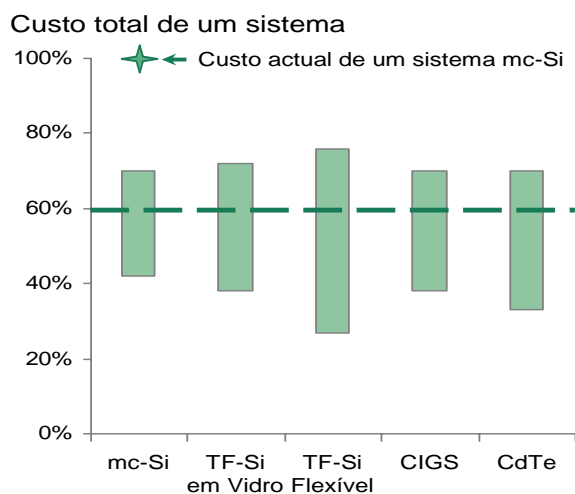


Nota: baseado em sistemas residenciais de silício cristalino. Fonte: EPRI, US DOE

Figura 12: Previsão de evolução dos custos de um sistema PV

Esta análise sucinta mostra que o esforço de desenvolvimento do fotovoltaico é pertinente, e assenta na previsão de que serão atingidos valores de custo que tornem o mercado sustentável, no curto a médio prazo. Os últimos dados confirmam uma descida anual nos custos dos sistemas na ordem dos 6% (EPIA), o que equivale a uma redução para metade a cada 10 anos. No entanto, várias tecnologias de geração de energia pelo efeito fotovoltaico, embora com algumas diferenças entre si, competem por um mesmo mercado. É importante perceber quais delas têm realmente potencial de diminuição de custos suficiente, de modo a justificar uma aposta nelas.

O estudo que se segue (2) vem responder a esta pergunta. Nesse estudo, O. Hartley fez uma análise do potencial de redução de custos de diversas tecnologias fotovoltaicas, comparando os valores de cada uma delas. Com isto, pretendia-se perceber quais as tecnologias em que o mercado devia concentrar esforços, no sentido de as tornar viáveis mais rapidamente. As conclusões são resumidas pela figura que se segue, onde os custos de um sistema baseado em cada uma das tecnologias em análise foram comparados com o custo dos sistemas de silício multicristalino actualmente no mercado.



X: custo actual (2006) de sistemas em silício multicristalino

Figura 13: Comparação dos Custos de Sistemas de diversas tecnologias PV previstos para 2010

Fonte: Q-Cells AG

A primeira conclusão que pode ser retirada deste gráfico é a de que confirma um decréscimo de custos muito rápido e acentuado para todas as tecnologias PV, a verificar-se no curto prazo. Outra conclusão é a de que todas as tecnologias analisadas têm potencial para ser líder de custos em 2010. Um maior detalhe permite perceber como cada tecnologia verá os seus custos diminuídos:

- Silício multicristalino (mc-Si): a redução de custos entre 2006 e 2010 poderá superar os 50%, com melhorias a todos os níveis da cadeia de valor, mas também da eficiência e da

espessura dos *wafers* de silício;

- Filme fino sobre vidro (TF-Si on glass): Apresenta um potencial de redução de custos entre os 30% e os 60%, por via de uma maior eficiência, aumento da produtividade, e melhor aproveitamento das economias de escala;

- Filme fino sobre elementos flexíveis (TF-Si on flexible): é a tecnologia que apresenta maiores incertezas na evolução do seu custo. Poderá por um lado atingir custos inferiores aos do filme fino sobre vidro, por via de uma diminuição mais acentuada nos componentes BOS associados a aplicações BiPV (onde o peso menor desta solução é um elemento crítico). Por outro lado, esse potencial de redução de custos poderá não ser totalmente alavancado, o que levará a que os custos se mantenham superiores. Mesmo assim, o menor peso garante ao filme fino sobre elementos flexíveis um nicho de mercado inacessível às outras soluções;

- CIGC e CdTe: Por ter maior eficiência, o CIGS é a alternativa natural para segmentos de mercado onde a área disponível seja limitada, ou a estética seja mais relevante. Um uso das melhores práticas nas fábricas associado a um aproveitamento do potencial de melhoria na eficiência poderão levar os custos destas soluções abaixo dos do silício multicristalino;

O objectivo para 2010 é reduzir custos de geração até níveis que comecem a ser competitivos com a rede. Obviamente, sendo o *output* eléctrico do PV muito dependente da localização geográfica, e sendo que as tarifas ao consumidor variam consideravelmente pelo mundo fora, essa competitividade não será atingida para qualquer situação de uma vez, mas começará pelas regiões em que o uso de PV é mais favorável (boa insolação e tarifas de pico mais caras). O preço dos sistemas PV em 2005 rondava os 5€/Wp. A figura seguinte mostra que um decréscimo anual dos preços de 5% levaria a um custo próximo dos 4€/Wp, o que ainda não permite produzir electricidade em paridade com as tarifas de pico (zona a azul claro, entre os 2,8€/Wp e os 3,3€/Wp).

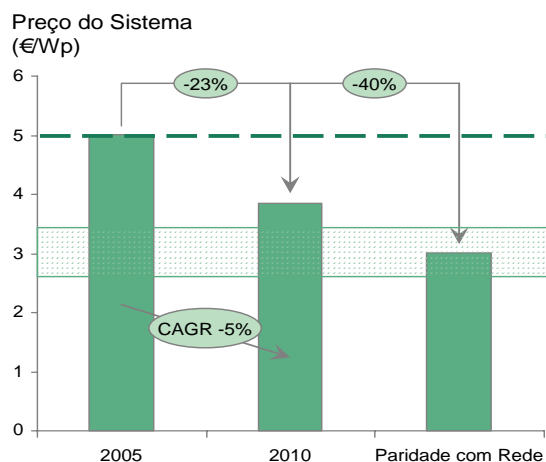


Figura 14: Preço dos sistemas PV actuais e cenários de redução de preços

Fonte: Q-Cells AG

Assim, e para que se possa assegurar uma procura muito maior de sistemas PV, já independente de ajudas estatais, o mercado terá de conseguir reduzir custos em 10%/ano (cenário de *Grid Parity*), a que corresponde uma redução acumulada de 40% até 2010. Este valor pode ser comparado com o potencial de redução obtido para cada tecnologia estudada. Dessa comparação se conclui que todas as tecnologias estão em condições de o atingir, mas que em nenhum caso se pode ter a certeza.

Este estudo vem reafirmar a necessidade de prosseguir com uma forte redução de custos. Vem também mostrar que, no estado actual de desenvolvimento, não se pode saber que tecnologias dominarão o mercado no futuro. O desafio passa por isso por manter os esforços de progresso em toda a linha. Só num estado de desenvolvimento mais avançado se poderá perceber quais são efectivamente as tecnologias que melhores condições têm para dominar o mercado e abandonar as outras.

5. O Sector Fotovoltaico no Mundo

Nesta primeira década do século XXI, a energia solar fotovoltaica é aquela que mais está a crescer, em termos relativos. É esperado que em 2010 se alcance uma capacidade instalada no Mundo de 11 GW, dez vezes mais do que a que existia em 2000. Nem mesmo a energia eólica tem uma evolução tão expressiva, embora em termos absolutos os 130 GW de energia do vento esperados superem em doze vezes a previsão para o fotovoltaico.

Nesta parte, são estudados os movimentos que estão a potenciar este crescimento exponencial. É explicado como está a evoluir o mercado a nível mundial, quais são as políticas seguidas pelos países mais activos no âmbito das energias renováveis, as tecnologias com maior expressão actual e potencial a curto prazo. Fala-se ainda da estrutura organizativa da indústria do sector e dos principais *players* e projectos em curso.

Tabela 9: Capacidade em 2000 e prevista para 2010 de FER no Mundo

Unid: GW

Fonte	Capacidade Instalada em 2000	Previsão para 2010
Pequena Hídrica	32	45
Fotovoltaico	1,1	11
CSP	0,4	2
Biomassa	37	55
Geotérmico	8	14
Eólico	17	130

Fonte: *NET Ltd, Suíça*

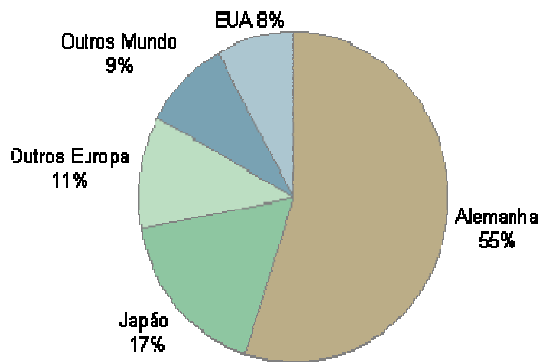
a. O Mercado

Segundo a *SolarBuzz* (5), consultora especializada em energia solar, as instalações de sistemas fotovoltaicos atingiram em 2006 um recorde de 1744 MW no Mundo, representando um crescimento de 19% em relação ao ano anterior. Este número vem confirmar a trajectória fortemente ascendente dos últimos anos, com uma taxa anual entre os 20% e os 30% desde meados dos anos 1990. A tendência é de recuperação para valores de crescimento anual ainda mais elevados, acompanhando a entrada de novos países e a resolução dos problemas de falta de abastecimento de silício ou até capacidade produtiva a nível industrial.

Apesar do espectacular crescimento dos últimos anos, o mercado está ainda muito concentrado. Alemanha e Japão, países que apostam no fotovoltaico há já vários anos, concentram mais de dois terços da capacidade instalada, bem como da produção de sistemas solares. Foram instalados em 2006 960 MW de sistemas fotovoltaicos apenas na Alemanha, o que corresponde a 55% das instalações a nível mundial. A Alemanha continuou assim o seu fortíssimo crescimento, e contava já no final do ano com uma capacidade acumulada superior a 2 GW. No caso do Japão, a capacidade instalada evoluiu pouco face aos anos anteriores, situando-se próxima dos 300 MW (17% da mundial). O decréscimo da evolução neste mercado deve-se a uma revisão da política de incentivos, que será abordada mais adiante. A capacidade total em operação neste país é actualmente da ordem dos 1,7 GW.

O ano de 2006 ficou também marcado por um crescimento fortíssimo tanto em Espanha como nos EUA: o mercado espanhol cresceu 200%, ao passo que o norte-americano aumentou 33%. Estes dois países apresentam-se agora como dois novos *players* importantes do sector. Espanha constitui aliás, a par da Itália (que reviu este ano a sua legislação para o PV e aumentou a remuneração), a segunda linha em termos de desenvolvimento do mercado na Europa, logo a seguir à Alemanha. Numa terceira linha, com promessas de forte crescimento que ainda têm de ser cimentadas, estão Portugal, França e Grécia. Os três têm políticas favoráveis, um forte potencial assegurado por uma geografia propícia, mas um mercado ainda bastante atrasado.

Figura 15: Instalações de PV em 2006, por Região. Total = 1744 MW



Fonte: SolarBuzz

Em todos estes países, é o ambiente regulatório que está a impulsionar o crescimento do mercado. Apenas o Japão conseguiu já fazer descer os preços dos sistemas fotovoltaicos de microgeração para preços competitivos com os do mercado da electricidade, e pôde eliminar a sua política de incentivos para este segmento. Na Alemanha, prevê-se que a descida recente dos preços e o aumento exponencial da capacidade instalada leve a uma revisão em baixa dos incentivos já este verão.

A Europa, encabeçada pela Alemanha, está assim muito bem posicionada no mercado mundial. No entanto, a médio prazo, outros países têm já definidas metas muito ambiciosas de produção eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos. O quadro seguinte mostra as metas dos principais países, até 2025.

Tabela 10: Previsão futura da capacidade instalada mundial

Tamanho de Mercado Anual por Região (Unid: MW)

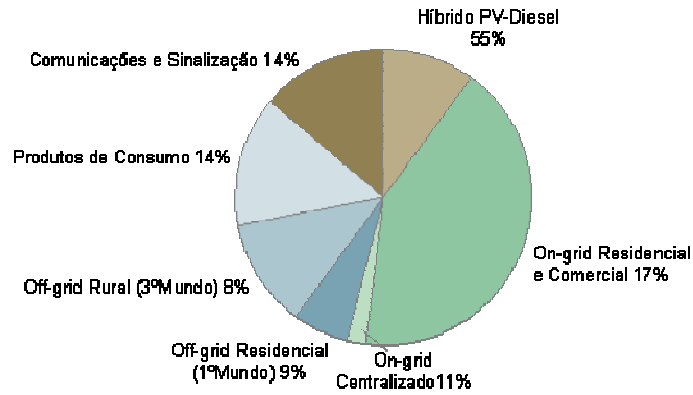
Região	País	2005	2010	2015	2020	2025
Europa	Alemanha	700	1200	1293	1359	1428
	Japão	291	1038	2451	3129	2975
	China	44	211	1351	8657	13942
Ásia	Índia	16	180	968	1947	3509
	Tailândia	8	82	306	762	1227
Oceania	Austrália	8	89	398	989	1412
América	EUA	105	603	2240	3608	5811
	Brasil	3	62	332	827	2057

Fontes: EPIA, Greenpeace, "Solar Generation", Setembro 2006

A indústria tem vindo a acompanhar o crescimento da procura e das instalações de sistemas por todo o Mundo. Foram geradas receitas de 10,6 mil milhões de dólares em 2006, ao passo que os investimentos em toda a cadeia de valor foram da ordem dos 2,8 mil milhões de dólares. Os investimentos mostram mais uma vez o ritmo de crescimento fortíssimo do sector, e as perspectivas muito positivas. Os especialistas esperam que a evolução dos próximos cinco anos eleve a receitas globais a valores entre os 18,6 e os 31,5 mil milhões de dólares já em 2011, dependendo sobretudo da evolução do cenário regulatório e da produção industrial. No entanto, é já certo que a produção de silício vai aumentar rapidamente, devido a fortes investimentos em fábricas, que começarão a operar nos próximos três anos. Um crescimento global da indústria ainda mais rápido está por isso assegurado. Estima-se que haverá em 2010 uma produção mundial instalada de 60 000 toneladas, 31 000 das quais para sistemas PV, permitindo uma produção de 4750 MW (2,5 vezes a actual) (6).

Como já foi dito, o objectivo para a tecnologia fotovoltaico é torná-la competitiva face às fontes de energia eléctrica convencionais, no curto a médio prazo. É isso que tem justificado o enorme aumento da sua importância a cada ano, com o aparecimento de mega centrais fotovoltaicas e a aplicação maciça de sistemas de microgeração, cada vez mais ligados à rede. Em 1990, os sistemas solares eram praticamente todos autónomos, e serviam para electrificação rural ou aplicações de pequena e muito pequena escala. O mercado era pequeno e limitado a nichos. No entanto, em 2001, já 63% das aplicações fotovoltaicas estavam ligadas à rede eléctrica local, e esse número não tem parado de crescer. A figura 16 mostra qual era então a repartição da quota de mercado, por segmentos de utilização. A tendência aponta para uma importância crescente dos

sistemas ligados à rede, tanto de pequena como grande dimensão. O mercado de aplicações autónomas continuará a ter uma certa importância, e novas aplicações continuam a aparecer, a acompanhar a descida dos preços dos sistemas.



Fonte: Sarasin Bank

Figura 16: Repartição do Mercado PV por tipo de sistemas em 2000

b. As Políticas de Apoio

Foi explicado na parte anterior como políticas governamentais incentivadoras de um mercado, e em particular do mercado PV, podem ser essenciais para o viabilizar no médio prazo. Foram também explicados os mecanismos de apoio mais utilizados actualmente. O quadro 11 vem resumir os modelos que vigoram actualmente nos países onde o sector está mais avançado, ou cujo papel no futuro próximo poderá influenciar fortemente a definição estratégica nacional.

O modelo alemão, tendo sido aquele que maior sucesso teve até agora, é a referência dos modelos seguidos por diversos países europeus, que utilizam na sua grande maioria tarifas fixas de remuneração da electricidade de FER. Mesmo assim, cada país adoptou algumas singularidades, com as quais pretende obter resultados mais próximos daquilo que são os seus objectivos: alguns países querem apenas cumprir metas de redução de emissões de gases poluentes, outros não podem sobrecarregar as suas tarifas eléctricas, etc. Para cada caso, um modelo diferente. O modelo seguido na Europa está no entanto longe de ser o preferido no resto do Mundo: nos EUA, o governo federal dos EUA dá benefícios na forma de créditos de impostos. Estes são depois complementados por políticas que diferem de estado para estado, sendo que uma boa parte destes apoia já o uso de FER. O Japão tem uma política de subsídios agressiva, e está já a diminuí-los porque o mercado está a tornar-se auto-suficiente. Por fim, a China avançou em finais de Junho último com uma lei que obriga à instalação de painéis fotovoltaicos em todos os novos edifícios de grande dimensão. Os casos mais significativos são discutidos em maior detalhe no Anexo 6.

Tabela 11: Modelos de Apoio em diversos Países

PAÍS	MODELO	DETALHE
Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifa fixa 	Definida pelo German Renewable Energy Act de 2004 que garante durante 10 anos a tarifa.
Espanha	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifa fixa • Prémio fixo • Subsídios • Redução Impostos 	Decreto 436/2004: produtor pode optar por um dos dois sistemas de pagamento da energia. Os subsídios são definidos pelo Plan de Fomento de las Energías Renovables.
França	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifa fixa • Concurso 	Tarifa fixa para centrais <12MW e concurso para centrais > 12MW (duração até 20 anos).
Itália	<ul style="list-style-type: none"> • Certificados verdes • Subsídios 	Quota de 2% a subir anualmente 0,35% até 2007. Subsídios para área fotovoltaica através do programa Roof-Top.
Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifa fixa • Subsídios • Redução Impostos 	Decreto-Lei nº33-A/2005, subsídios até 40% de qualquer investimento elegível.
Reino-unido	<ul style="list-style-type: none"> • Certificados verdes 	Quota de 7,9% estabelecida pela OFGEM para produtores, com objectivo de 10,4% previsto em 2010/2011.
EUA	<ul style="list-style-type: none"> • Redução Impostos • Sistemas diferentes para cada estado 	Na Califórnia, a Solar Energy Initiative veio estipular alguns dos objectivos mais ambiciosos do planeta (ver anexo 6)

c. As Tecnologias mais Utilizadas

Como já foi visto, as primeiras tecnologias de células fotovoltaicas utilizavam silício monocristalino. Mais tarde apareceram as soluções de silício multicristalino, depois as de película fina e, mais recentemente, novos compostos. Como seria expectável, a ordem de maturidade das tecnologias é sensivelmente a mesma, bem como a ordem de importância no mercado.

Efectivamente, é o silício cristalino que mais é utilizado, correspondendo a cerca de 90% das aplicações. No entanto, esta importância tende a diminuir, por acção de vários elementos: a falta de silício sentida nos últimos anos no mercado fez com que muitos produtores procurassem novas formas de produção, com especial ênfase para a tecnologia de filme fino (já dominavam o composto, diminuía assim o seu consumo). Por outro lado, as novas soluções têm vantagens face às tradicionais, já explicadas anteriormente: os módulos de película fina são mais leves,

permitindo uma aplicação em fachadas de edifícios ou telhados, e outras novas soluções apresentam rendimentos mais elevados, o que permite um melhor aproveitamento do espaço disponível, quando é limitado. Até 2010, estima-se que as soluções de silício cristalino passem a valer apenas 80% do mercado total.

Projeções a mais longo prazo apontam para um crescimento muito mais rápido dos sistemas baseados em película fina ou novas tecnologias, que levarão a que o mercado esteja em 2030 dividido em três partes aproximadamente iguais, como se pode ver no gráfico da direita.

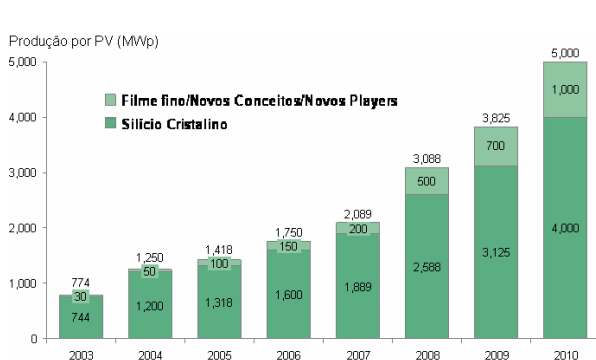


Figura 17: Previsões de Produção PV (MWp)

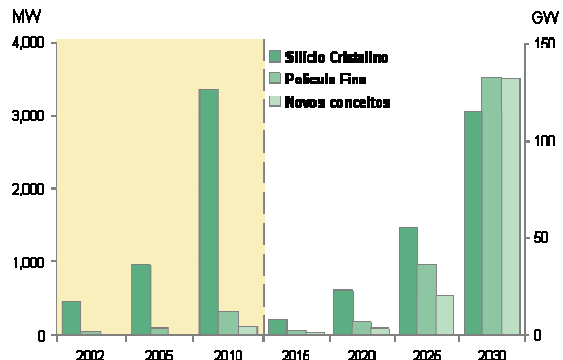


Figura 18: Crescimento da Capacidade Instalada Mundial de PV

Fonte: EPIA

d. A Indústria

O sector industrial tem vindo a evoluir a um ritmo muito elevado, acompanhando ou mesmo antecipando o mercado. Actualmente, praticamente todas as semanas surgem notícias de novas fábricas. O número de actores tem também vindo a aumentar consideravelmente. No início, apenas as grandes empresas energéticas (como a BP e a Shell) ou as de electrónica (Sharp, Kyocera e Sanyo) marcavam presença no mercado. Têm uma capacidade financeira enorme, necessidade de inovar, e conhecimentos na área. No entanto, o negócio tem hoje consistência suficiente para sustentar empresas dedicadas em exclusivo ao ramo, como é o caso da REC, da Isofoton e da Schott Solar. Começaram por ser usados restos de silício da indústria de electrónica e computadores, mas os volumes de produção actuais são já abastecidos por produção dedicada.

Ao nível dos países, e embora a produção se continue a concentrar maioritariamente na Alemanha, EUA e Japão, países como a China, Espanha, Coreia e outros têm visto a sua importância aumentar consideravelmente, fazendo com que o negócio assuma proporções mundiais. O Japão produz 39% das células do mundo, sendo que o essencial da sua produção é destinado ao seu mercado interno. Nos EUA, a exportação continua a ser o destino da maioria dos produtos, com um mercado interno ainda pouco significativo. A Europa tem uma balança comercial

equilibrada, com as exportações a igualarem sensivelmente as importações.

A produção mundial de células atingiu em 2006 2200 MW, que compararam com os 1656 MW de 2005. A produção de silício também aumentou 16%, mantendo-se no entanto como o principal obstáculo a um crescimento mais rápido do mercado. Essa situação deverá manter-se em 2007, e ficar resolvida em 2008 ou 2009, com uma quantidade significativa de novas fábricas a entrar em operação. Face a esta limitação da oferta, os preços praticados em toda a cadeia de produção sofreram um ligeiro aumento nos primeiros meses de 2006, tendo voltado à sua trajectória descendente depois. No diagrama 19, são resumidas sucintamente as etapas industriais do processo de construção dos sistemas fotovoltaicos.



Figura 19: Etapas Industriais de Produção dos Sistemas PV

Os fabricantes do sector podem ser divididos em duas categorias: aqueles que compram células já feitas e constroem módulos, e os que controlam todo o processo produtivo, por integração vertical. No caso específico dos fabricantes de silício amorfo, as linhas de produção são quase sempre integradas verticalmente, visto que as células e os módulos são montados no mesmo processo. Podemos ver pelo quadro seguinte como boa parte dos principais fabricantes tem vindo a adoptar estratégias de integração vertical. A falta de silício no mercado tornou a segurança de abastecimento desta matéria-prima num factor chave para o sucesso das empresas. Foram feitos vários contratos de longo prazo com os poucos produtores de silício, e foram anunciados novos investimentos em capacidade de produção de silício adicional, que começam este ano a fazer-se sentir.

Tabela 12: Áreas de Actuação dos principais Industriais do PV

Empresas	Silício	Wafers	Células	Módulos	Sistemas
BP Solar		✓	✓	✓	
Kyocera		✓	✓	✓	✓
Q-Cells			✓		
REC	✓	✓	✓	✓	✓
Sharp		✓	✓	✓	✓
SolarWorld		✓	✓	✓	✓

Fonte: website REC

Outras estratégias adoptadas pelos industriais do sector incluem a localização em proximidade com a procura (permite um contacto próximo com os clientes, feedback), entrada em pequenos mercados locais (reduz os custos de transporte, permite feedback, e expansão à medida que a procura cresce), entrada em grande escala (permite economias de escala e volume, mas pode levar a problemas financeiros caso a procura não apareça rapidamente), separação entre a produção de células e módulos (as células requerem especialização e infra-estruturas, enquanto que os módulos são mais simples. Vários produzem células localmente e montam os módulos próximo da procura), ou ainda presença no país de destino dos produtos (Tratamento preferencial. Alguns países, como a Alemanha, incentivam a instalação de fábricas).

Fonte: *PV Market in Japan, RTS Corp, Nov 2006*

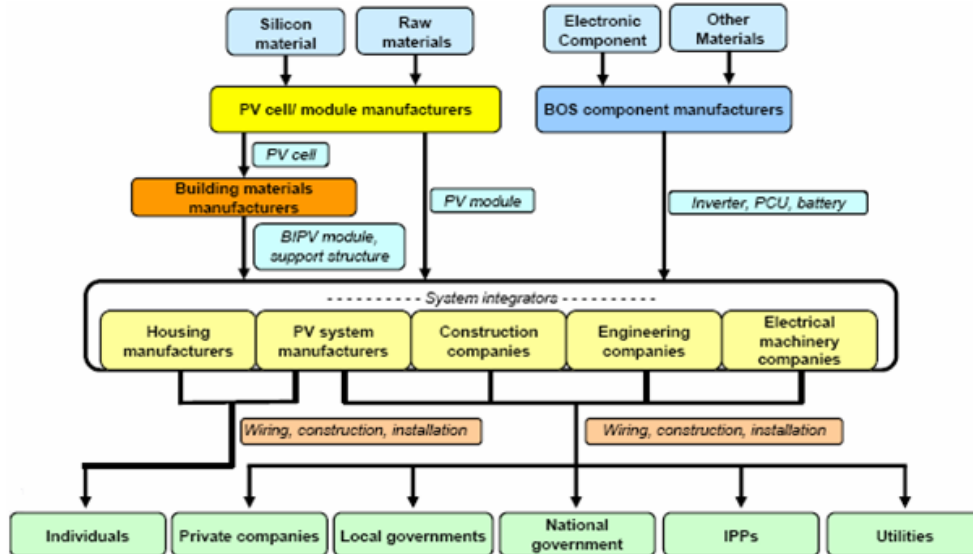
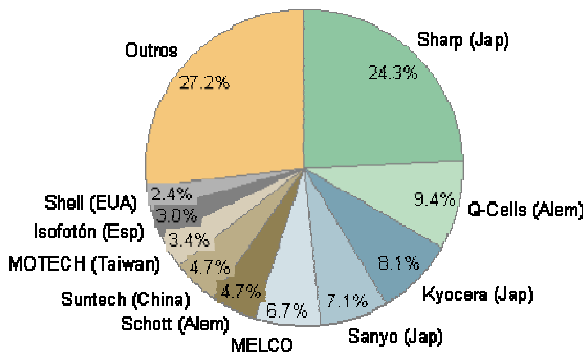


Figura 20: Estrutura Industrial do Sector PV

Muitos outros actores têm um papel relevante no mercado do fotovoltaico, ao produzirem os acessórios indispensáveis ao funcionamento de um sistema PV. São os produtores de componentes BOS, tais como inversores, baterias, controladores de carga, e estruturas de suporte dos painéis. Vários países têm bastante força nestas e outras áreas da indústria, mesmo não tendo produção de módulos significativa. É o caso da Áustria, onde a Isovolta/Werndorf produz e exporta cerca de 50% do tedlar usado em todo o mundo na produção dos módulos, ou da Suíça, país de origem da Meyer & Burger e da HCT Shaping Systems, que controlam o mercado das serras de foi usadas na produção de células. Estes exemplos, como muitos outros, mostram uma estrutura industrial associada ao PV bastante complexa e extensa, da qual é feito um esboço abaixo.

Principais produtores de Células Solares



Volume produzido: 1758MW (2005)

Fonte: PV News

Principais Players Industriais EUA

Polysilicon, ingot and wafer	Hemlock Semiconductor (HSC), Advanced Silicon Materials (ASMI), Solar Grade Silicon (SGS), MEMC Electronic Materials ...	
Raw material	DuPont Microcircuit Materials, Ferro Electric Material Systems ...	
PV	Cell (affiliation)	Solar World (DEU, former Shell Solar Industries), BP Solar (GBR/NLD), United Solar Ovonic, First Solar, GE Energy, Evergreen Solar, Schott Solar (DEU) ...
	Module	-
BOS (inverter/charge controller)	SatCon Power Systems, Xantrex Technology (CAN), Morningstar ...	
Integrator/ Installer	PowerLight, SunEdison, Akeena Solar, SunWize ...	
Equipment	BTU International, GT Solar Technologies, MVSystems, Spire Solar ...	

Fonte: RTS Corporation

Principais Players Industriais UE

Polysilicon, ingot and wafer	PV Crystalox Solar (DEU), Wacker Polysilicon (DEU), REC (NOR), Joint Solar Silicon (DEU), Deutsche Solar (DEU) ...	
Raw material	Isovolta (AUT), Multi-Contact (CHE) ...	
PV	Cell	Q-Cells (DEU), Schott Solar (DEU), Deutsche Cell (DEU), ErSol (DEU), Shell Germany (DEU), Sunways (DEU), Antec (DEU), Isofotón (ESP), BP Solar (ESP), Photowatt International (FRA), EniTecnologie (ITA), Helios Technology (ITA), Intersolar (GBR), Photovoltch (BEF), Konkar (CRO) ...
	Module	Solon (DEU), Saint Gobain (DEU), Solar-Fabrik (DEU), Webasto (DEU), Solarwatt (DEU), Solarc (DEU) ...
BOS (inverter/charge controller)	Kaco Geratetechnik (DEU), Siemens (DEU), SMA Technologie (DEU), Mastervolt (NLD), Philips (NLD), Fronius (AUT) ...	
Integrator/ Installer	IBC Solar (DEU), Schüco International (DEU), Phönix SonnenStrom (DEU), Conergy Systems (DEU) ...	
Equipment	Gehr. Schmid (DEU), Centrotherm (DEU), M+W Zander (DEU), Roth & Rau (DEU), Aixtron (DEU), Baccini (ITA), HCT Shaping system (CHE), Meyer & Burger (CHE), Oerlikon (LTU) ...	

Fonte: RTS Corporation

Principais Players Industriais Japão

Polysilicon, ingot and wafer	Tokuyama, JFE Steel, M.Setek, SUMCO, Space Energy ...	
Raw material	Asahi Glass, Nippon Sheet Glass, Sankyo Aluminium Industry, Bridgestone, Mitsui Chemicals Fabro, Toray ...	
PV	Cell	Sharp, Kyocera, Sanyo Erectric, Mitsubishi Electric (MELCO), Kaneka, Mitsubishi Heavy Industry (MHI), Hitachi, Showa Shell Sekiyu, Fuji Electric Systems, Honda Motor ...
	Module	MSK (Suntech, China), Fujipream ...
BOS (inverter/charge controller)	Omron, GS Yuasa, Nisshin Electric, Tabuchi Electric, Sanyo Denki ...	
Integrator/ Installer	Gantan Beauty Sanko Metal Industrial, Sekisui Chemical, PanaHome, Kajima, Shimizu, NTT Facilities ...	
Equipment	Shimadzu, NPC ...	

Fonte: RTS Corporation

Figura 21: Players Industriais do Sector Fotovoltaico

A figura 21 resume os principais *players* que intervêm no sector industrial do fotovoltaico, por blocos comerciais (Europa, EUA e Japão) e por componente do sistema onde se destacam. Estes eram os principais actores em 2005.

Algumas destas empresas são verdadeiros pilares desta indústria, controlando uma boa parte do mercado e as melhores tecnologias. Segue-se uma breve apresentação desses *players* mais importantes:

- A Sharp Solar, filial do grupo japonês de electrónica Sharp, é o maior produtor de módulos fotovoltaicos e de células do mundo, com fábricas no Japão e Reino Unido. Produz células mono e multicristalinas usadas nas mais variadas aplicações, desde satélites a faróis, e com usos

industriais a residenciais. O seu historial remonta a 1959, quando começou a pesquisar esta tecnologia. Em 1963 começou a produção em massa. Em 2004 tinha uma capacidade de produção de 324 MW.

- A Q-Cells é o segundo produtor mundial de células PV. Tem sede na Alemanha, e diferencia-se dos grandes concorrentes por não ser integrada verticalmente, operando apenas na produção de células;

- A Kyocera, terceiro maior produtor, anunciou recentemente um plano para atingir uma capacidade produtiva de 500 MW de células em 2010, triplicando a sua capacidade em 5 anos. Tem produção no Japão, EUA, Europa e China;

- A Sanyo Electric produz no Japão e na Hungria;

- A BP Solar está sediada em Espanha, e tem produção nos EUA, Espanha, Índia e Austrália. Emprega cerca de 2000 pessoas;

- A REC (Renewable Energy Corporation é a empresa mais verticalizada do sector. Foi criada em 1996 na Noruega, e tornou-se rapidamente no maior produtor de silício e *wafers* para aplicações PV do mundo. Produz na Noruega e Suécia, mostrando que o controlo da tecnologia é tão importante como a proximidade ao mercado final ou a produção em países de mão-de-obra barata;

- A Suntech Power está sediada na China, e começou já a construir uma fábrica de módulos de 1 GW. Espera produzir 480 MW só em 2007. (7)

e. Grandes Projectos Fotovoltaicos

Em termos de macrogeração, estão actualmente em projecto, construção ou mesmo operação já várias centrais fotovoltaicas com potências entre os 5MW e os 15MW. É o caso das recentes centrais de Pocking, na Alemanha (10MW, 40 milhões de euros) e de Serpa, com 11MWp, ou de uma nova central em construção na Coreia do Sul, com 15MWp. A evolução foi exponencial, visto que ainda em 2004 a maior central fotovoltaica do mundo tinha apenas 5MWp. No entanto, a próxima geração de centrais está já a ser preparada, e contempla um aumento ainda maior, multiplicando por dez a potência instalada. Entre as que estão numa fase mais avançada de desenvolvimento, são de destacar:

- Uma central de 100MW na cidade de Dunhuang, na China, a ser construída pela empresa local Zonghao New Energy Investments até 2011, que pode marcar o acordar de um novo gigante para o mundo do fotovoltaico (sobretudo tendo em conta o crescimento exponencial das necessidades energéticas da China);

- Uma central de 62MW, planeada para Moura, e a construir até 2010 pela espanhola Acciona (Ver anexo 7);

- O projecto de uma central de 50MW em Ontário, Canadá, promovido pelas empresas SunEdison (EUA) e SkyPower (Canadá), com conclusão prevista para 2009;

- Outros projectos contemplam uma central de 80MW em Brandis (Alemanha), outra de

100MW no Deserto do Negev (Israel), uma de 116MW em Beja (anexo 7), ou ainda uma mega central de 300MW no Novo México (EUA).

(Fontes: Treehuger, Herald Tribune, The Guardian)

Estes projectos demonstram bem a modularidade e as potencialidades do fotovoltaico enquanto fonte de macrogeração, bem como o forte dinamismo do mercado. Na maioria dos casos, o avanço dos projectos deverá acontecer a partir de 2009, altura em que o problema da falta de silício para painéis estará resolvido e a capacidade de produção mundial de painéis poderá comportar encomendas deste tamanho. Projectos maiores visam aproveitar economias de escala ao nível dos componentes BOS, bem como conseguir contratos mais vantajosos junto dos fornecedores de equipamento. O facto de dois destes grandes projectos estarem previstos para Portugal mostra bem as vantagens competitivas do nosso país em relação à exploração do sol como recurso.

Como já foi referido, neste tipo de mega projectos os painéis fotovoltaicos utilizados são sempre de primeira geração (silício cristalino), por ocuparem menos espaço por watt produzido (maior eficiência de conversão) e por requererem menos cablagem para as ligações. Ao contrário, em aplicações de microgeração são muitas vezes preferidos os painéis de segunda geração, por terem um peso inferior (factor importante quando são instalados nos telhados ou nas fachadas de edifícios, por exemplo).

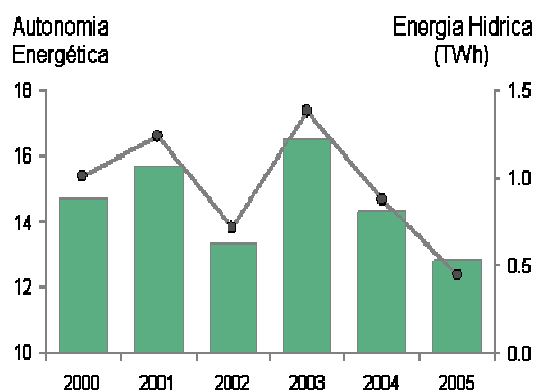
6. Portugal

O cenário eléctrico nacional tem sofrido fortes alterações nos últimos anos. Esta dinâmica foi impulsionada tanto pela ênfase dada aos problemas energéticos e às energias renováveis em toda a União Europeia como pelas excelentes condições que o país apresenta para a exploração das novas fontes de origem endógena, mas também pela muito deficiente situação energética que se vive em Portugal. De seguida é analisada de forma detalhada a situação nacional em relação à energia, e em particular o fotovoltaico, nomeadamente aquilo que já foi feito ou está em curso, no que respeita à legislação, ao *cluster* industrial do sector e aos projectos mais importantes promovidos na área.

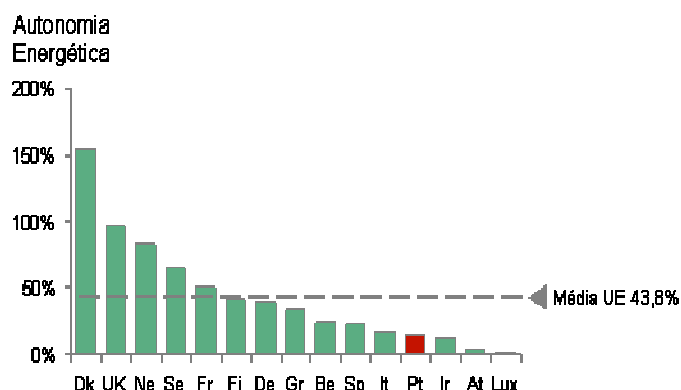
a. Quadro Energético Actual

Como é sabido, Portugal apresenta uma forte dependência energética do exterior, das maiores da UE. Não explorando quaisquer recursos energéticos fósseis no seu território desde 1995 (quando deixou de extrair carvão), a sua produção própria de energia assenta exclusivamente no aproveitamento dos recursos renováveis, como sendo a água, o vento, a biomassa, e outros em menor escala. A autonomia energética nacional, definida como o rácio entre a produção doméstica de energia primária e o consumo da mesma, foi em 2005 de apenas 12,8%, o que coloca Portugal em 12º lugar no ranking de autonomia energética da UE a 15. Como agravante, este valor está fortemente dependente da produção de energia hídrica, bastante variável de ano para ano (em 2003, ano de anormalmente boa pluviosidade, o rácio subiu para 16,5%).

Autonomia Energética de Portugal, 2000-2005



Autonomia Energética na EU-15, 2004

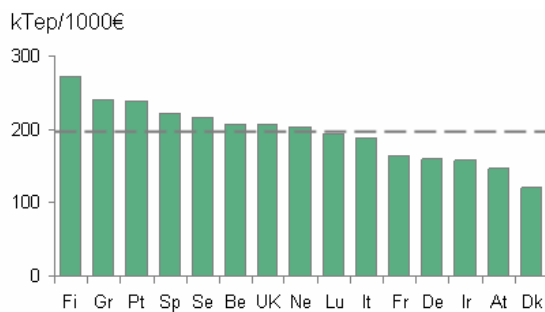


Fontes: DGGE, IEA, ES Research

Figuras 22: Autonomia Energética de Portugal e da UE

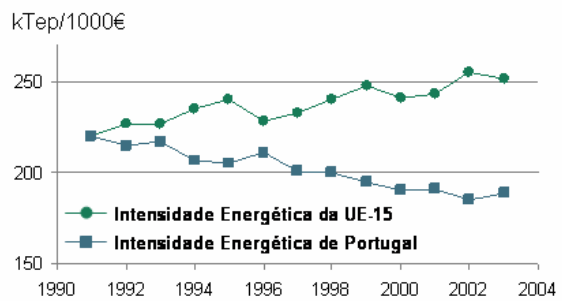
A eficiência energética da economia nacional apresenta também um panorama alarmante. A Intensidade Energética, definida como o rácio entre o consumo bruto de energia e o PIB (já referida anteriormente), é superior à média europeia, e é apenas superada pela Grécia e Finlândia. Isto significa que gastamos mais energia do que os outros países, para produzir menos riqueza. Como agravante, e enquanto nestes dois países este rácio diminuiu 6,5% e 9% entre 2001 e 2004, em Portugal a tendência foi a inversa, com um aumento superior a 10% no mesmo período. Na UE, apenas a Espanha nos seguiu nesta tendência, com um aumento muito mais ténue. (8)

Intensidade Energética na UE-15, em 2004



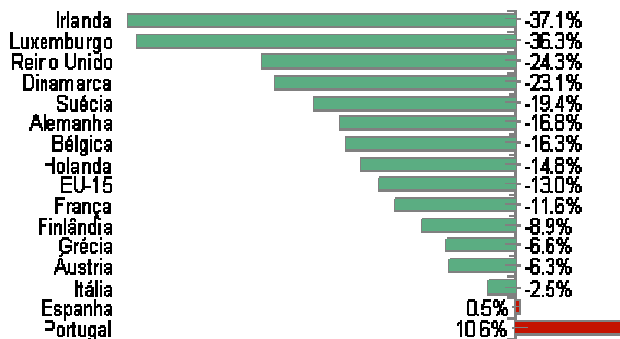
Fonte: ES Research

Evolução da Intensidade Energética, 91-2003



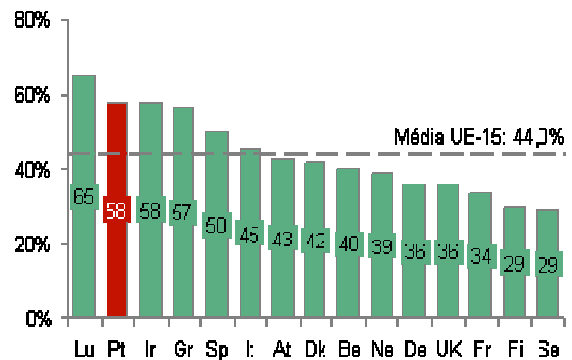
Fonte: Ministério do Ambiente, Eurostat

Varição da Intensidade Energética, 2004/2001



Fonte: ES Research

Dependência face ao Petróleo

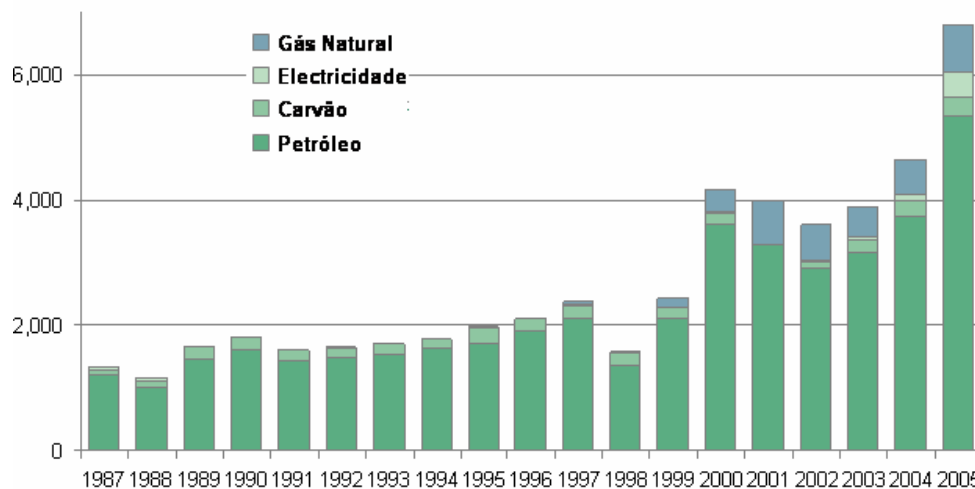


Fonte: AIE

Figuras 23: Situação energética de Portugal face à UE

Em consequência deste mau comportamento ao nível dos consumos energéticos, a importação de energia tem vindo a aumentar fortemente. Portugal é o segundo país da UE com maior dependência em relação ao petróleo. Está portanto mais vulnerável a flutuações de preço e a problemas geopolíticos. Em 2003, a factura da importação energética chegou aos 5% do PIB, o que traz evidentes problemas para a economia nacional. Foi também a partir desse ano que as importações de electricidade começaram a aumentar fortemente. Não somos hoje auto-suficientes

na produção de electricidade, problema que se agrava em ano de fraca hidraulicidade (em 2005, a electricidade comprada superou a vendida em 89 milhões de euros – 35 GWh). No saldo importador de petróleo, gás natural e carvão estão também incluídas as necessidades de abastecimento das centrais eléctricas que funcionam a combustíveis fósseis, e que também têm aumentado em proporção com o crescimento das necessidades eléctricas.



Fonte: DGGE

Figura 24: Importação Bruta de Energia 1987-2005, a preços correntes (10⁶ €)

Entre 1990 e 2003 o consumo de energia primária aumentou 48%. Em consequência, as emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) aumentaram 37%, valor que está 10 pontos base acima dos 27% acordados entre os estados-membros da UE para 2008-2012, no âmbito do protocolo de Quioto. A grande maioria das emissões de GEE é imputável aos sectores da produção e transformação de energia, e dos transportes (cerca de 25% das emissões totais cada).

Ao nível das tarifas eléctricas, a taxa de imposto é a mais baixa de toda a UE (5% - IVA). No entanto, as tarifas estão em geral pouco abaixo da média europeia. No sector doméstico, os preços com impostos praticados em Portugal são em média 18% superiores aos praticados em Espanha. Excluindo o IVA, os preços são superiores aos de Espanha para todos os consumidores-tipo (31% em média). Para clientes industriais, as tarifas são praticamente iguais às de Espanha. No entanto, excluindo o IVA, elas são quase 10% superiores. O *mix* energético nacional é portanto caro e pouco adaptado a cargas de ponta, com a falta de concorrência na produção a agravar os preços.

b. As Energias Renováveis em Portugal

As Energias Renováveis têm assumido um papel cada vez mais relevante no discurso político

nacional. Os compromissos assumidos pelo país a nível internacional fixaram metas ambiciosas de incorporação de FER no *mix* energético nacional, e os grandes projectos que vêm explorar as condições favoráveis ao investimento oferecidas pelo governo não tardaram em aparecer. A situação actual e as metas que o país se comprometeu cumprir perante a comunidade internacional são temas abordados de seguida.

O protocolo de Quioto veio criar as bases para um maior empenho dos seus signatários no combate às emissões de GEE. Face aos desafios propostos nesse documento, e com o objectivo de se manter na vanguarda da evolução associada às FER, a UE publicou a Directiva nº 2001/77/CE de 27 de Setembro, onde fixa metas indicativas para 2010, estabelecidas com base na produção de energia por FER verificada em 1997 nos Estados-membros. A UE propôs assim um objectivo global de 22,1% de incorporação de FER na produção eléctrica, e repartiu os esforços pelos Estados-membros, indicando metas individuais. No caso de Portugal, o valor é de 39%, um dos mais elevados. Em resposta a este objectivo, foi publicada a Resolução de Conselho de Ministros (RCM) nº 63/2003, actualizada depois pela RCM 119/2004 (Plano Nacional para as Alterações Climáticas) e pela RCM 171/2004 (meta para a Energia Eólica). Nestes documentos são fixados mecanismos de incentivos para as diversas FER e estabelecidos mecanismos de melhor aproveitamento das hidroeléctricas. O objectivo era alcançar até 2010, 4500MW de potência eólica instalada, 5000MW de grandes hídricas e 930MW para outras fontes (mini-hídricas, biomassa, biogás, fotovoltaico, etc.), o que permitiria cumprir as metas da UE.

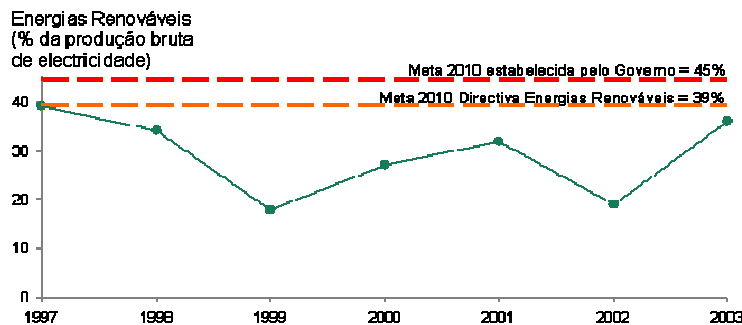
Entretanto, o novo governo veio rever em alta estes valores, e propor-se criar as bases para que se alcance uma incorporação de 45% de FER na produção eléctrica já em 2010. O quadro abaixo resume os objectivos por fonte, de acordo com as metas actualmente em vigor.

Tabela 13: Metas de Produção Eléctrica por FER em Portugal

Situação Nov. 2005	2005	Metas 2010	Parâmetros
Eólico (Eólico em Meio Urbano)	1000 MW	5100 MW	1000 €/kW; 2300 kWh/kW 4000 €/kW; 2300kWh/kW
Solar Térmico	250 000 m2 175 MW	1 000 000 m2 700 MW	900 €/kW 700 W/m2
Solar Fotovoltaico	2,5 MW	150 MW	5000 €/kW ; 1400 kWh/kWp (ligado à rede)
Ondas	0 MW	50 MW	O potencial pode ser igual ao do Eólico
Geotérmico	12 MW	n.a.	Aplicações de baixa entalpia (Açores)

A revisão em alta unilateral por parte de Portugal de metas já por si ambiciosas foi recebida com espanto na UE, onde a maioria dos países está com grandes dificuldades em honrar os seus compromissos. Esta notícia mostrou que Portugal também é capaz de ser cumpridor e exigente. No entanto, a meta nacional muito acima da média das metas dos outros países merece uma explicação. Na verdade, Portugal tinha já em 2003 uma taxa de incorporação de FER de 36%, fruto de um grande potencial hídrico (em 2005, as grandes hídricas foram responsáveis por 80% da produção eléctrica por FER nacional). Assim se percebe melhor que o terceiro objectivo mais ambicioso da UE em termos de incorporação de FER no *mix* traduz apenas um enorme potencial hídrico específico da geografia do país, que já é explorado há algumas décadas. Esse mesmo potencial está até sub-explorado no país: Portugal explora cerca de 40% do seu potencial hídrico, quando a média dos países da UE-15 explora quase 70% do seu potencial. O país tem ainda um enorme potencial eólico, associado a uma grande faixa costeira, que só agora começa a ser explorado mais seriamente (em zonas costeiras, os ventos são mais regulares e propícios à produção eólica). A faixa costeira, contígua com uma das maiores Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) do Mundo, representa também uma grande mais-valia nacional para a exploração da energia das ondas. Por fim, e como já foi visto, a insolação portuguesa é uma das melhores da UE.

Face a vantagens tão significativas, seria de esperar que o país as estivesse a explorar de forma massiva. No entanto, uma análise mais detalhada da evolução da exploração dos recursos renováveis no nosso país mostra uma realidade mais alarmante. Até 2003, e embora muito se falasse do assunto e todos estivessem cientes da importância das FER para o país, a verdade é que estas perderam importância relativa no conjunto do mix energético. O gráfico seguinte mostra mesmo que a meta de 39% era já uma realidade em 1997, que foi perdida nos anos seguintes. Em 2003, os 36% alcançados escondem uma produção hídrica fora do normal. Conclui-se que os investimentos em FER entre 1997 e 2003 não foram sequer suficientes para acompanhar o crescimento do consumo eléctrico no mesmo período.



Fonte: DGGE 2005

Figura 25: Produção Bruta de Energia Renovável face ao total de Energia Eléctrica

A análise de dados mais antigos permite perceber o que foi feito em relação às novas FER, desde 1988. São visíveis no gráfico seguinte os momentos onde tanto as mini-hídricas como as eólicas começaram a ser exploradas com alguma intensidade.

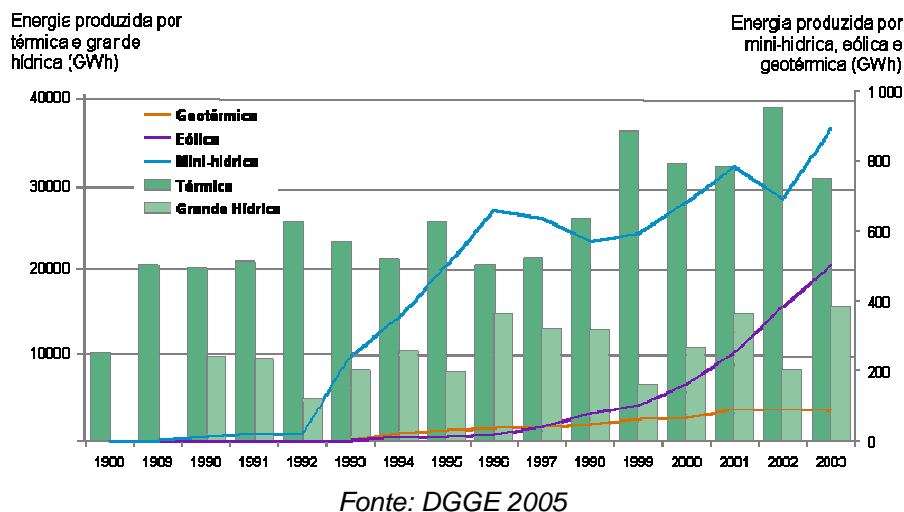
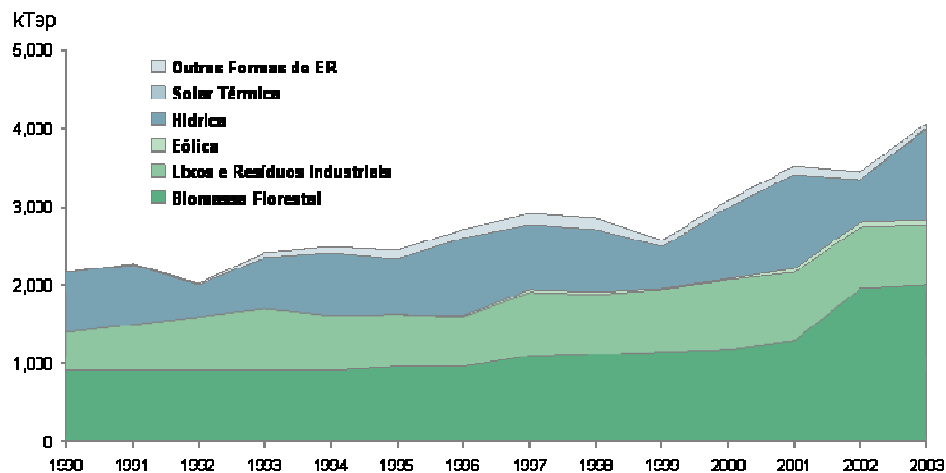


Figura 26: Produção Bruta de Energia Eléctrica em Portugal, 1988-2003

As mini-hídricas começaram a ser exploradas em 1992, e a evolução foi forte até 1996. Desde então, no entanto, o caminho seguido tem sido o da estabilização. No conjunto, valem apenas cerca de 10% da electricidade produzida pelas grandes hídricas. Com as eólicas, a evolução exponencial começou em 1997, e continua ainda hoje. Nos últimos movimentos do sector, há a destacar os dois grandes concursos de potência, com 1000 MW e 600 MW, ganhos respectivamente por um consórcio liderado pela EDP e outro pela Galp. A instalação dessa potência eólica adicional deverá ocorrer nos próximos três anos, e fará com que Portugal fique próximo da meta de 5100 MW de potência instalada a que se propôs.

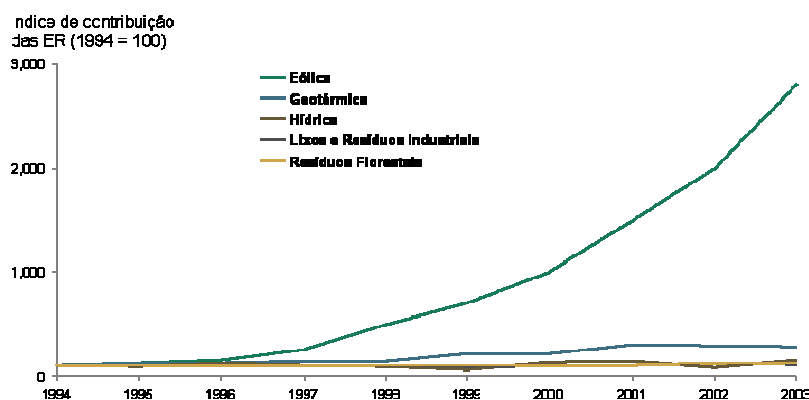
É ainda importante ver que apenas nos dois últimos anos se começou a dar maior importância ao “cluster do eólico”. As contrapartidas negociadas nestes dois concursos vêm criar as bases para uma força industrial séria nesta área, capaz de criar riqueza e exportar. No entanto, parece óbvio que essa devia ter sido uma prioridade oito anos antes, logo em 1997. Se nessa altura tivesse sido feita uma aposta forte em indústria associada ao eólico, estaríamos hoje provavelmente a competir com Espanha ou a Alemanha, por exemplo (a espanhola Gamesa alcançou este ano a liderança mundial no mercado da produção de pás e sistemas eólicos). Este atraso, associado a uma falta de planeamento dos objectivos do país a longo prazo, é um erro que não deve voltar a ser cometido nas fontes de energia que ainda estão por explorar.

Até 2003, nenhuma outra fonte de energia renovável ganhou peso relativo digno de realçar no panorama nacional. A exceção vai para a energia geotérmica, com a instalação da central dos Açores em 1993. A produção energética nacional continuou a crescer, acompanhando o ritmo de crescimento do consumo, apoiada no consumo de recursos fósseis importados, mas também no aproveitamento de biomassa (madeiras e resíduos vegetais), e lixos e resíduos industriais. Todas estas fontes mantiveram sensivelmente o seu peso relativo no *mix* energético. Apenas a eólica apresentou um aumento significativo.



Nota: Outras Formas de ER compreende solar fotovoltaica, geotérmica, bombas de calor, biogás e carvão vegetal

Figura 27: Contribuição das Energias Renováveis para o Balanço Energético (Mtep)

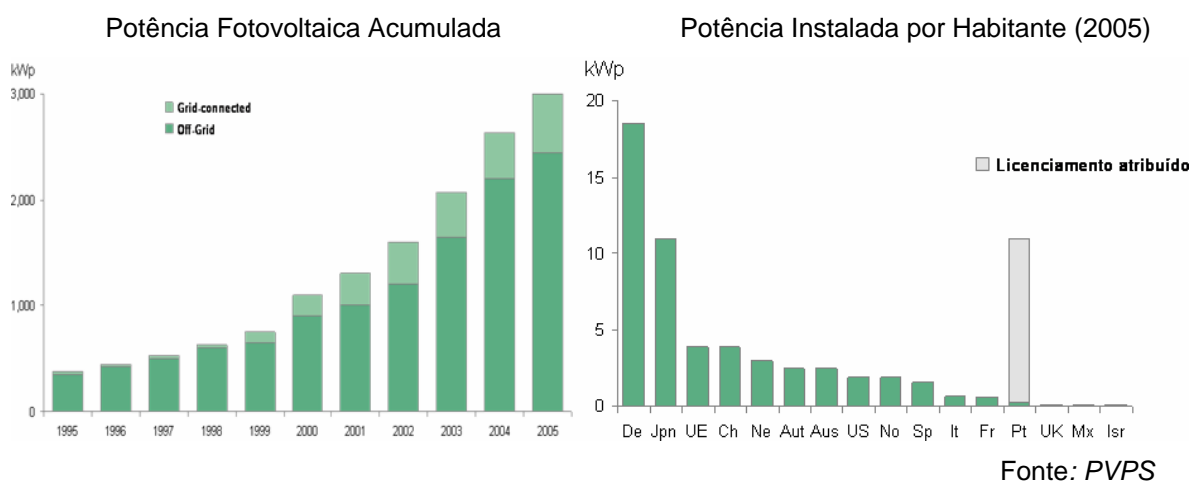


Fonte: DGGE 2005

Figura 28: Evolução relativa da produção de Energia Primária a partir de FER (1994=100)

Estes factos vêm mostrar que a taxa de incorporação de FER apenas reforça aquilo que é a realidade: o país tem alguns dos melhores recursos renováveis da UE, e apresenta vantagens competitivas enormes nesta área. Há até quem diga que esses recursos podem ser o “petróleo” do país. As vantagens estão na geografia, falta aproveitá-las da melhor maneira. Tudo isto mostra que

a meta de 39%, ou mesmo a de 45%, deveria apenas ser vista como um passo normal, no sentido de aproveitar da melhor forma a riqueza que daí pode advir. Os passos seguintes passam por criar condições para que se gere uma indústria forte e competitiva ligada às FER, para que o investimento associado a estas metas traga mais ao país do que a mera exploração dos recursos para produção eléctrica.



Fonte: PVPS

Figura 29: Potência Fotovoltaica em Portugal

A potência fotovoltaica instalada em Portugal valia em 2005 apenas 3MW, com os sistemas *off-grid* a representarem aproximadamente 80% da capacidade instalada. Comparando com a situação observado no Mundo, é perceptível uma situação normal dos sistemas autónomos, mas um enorme atraso nos sistemas ligados à rede. Nessa área, tudo estava então por fazer. No entanto, da meta de 150MWp para 2010, 128 MW estão já atribuídos, o que transformará Portugal num grande produtor de energia PV por habitante, atingindo valores superiores aos apresentados em 2005 pelo Japão (ver figura 29). No entanto, em termos absolutos pertenceremos apenas ao “grupo dois” europeu. A central prevista para Moura representa por si só metade da capacidade de instalação prevista. A estrutura do mercado nacional está a passar por alterações radicais. Em 2010 predominarão os grandes sistemas ligados à rede. Refira-se ainda que a instalação dos 150 MW significa um investimento na ordem dos 700 a 800 milhões de euros, o que mostra que o negócio move já quantias consideráveis, embora esteja ainda numa fase muito incipiente.

c. Porque é o Fotovoltaico uma solução viável para Portugal

Portugal tem a melhor insolação anual de toda a Europa (o Chipre é a única excepção), com valores 70% superiores aos verificados na Alemanha. Esta diferença leva a que o custo da electricidade produzida em condições idênticas seja 40% menor em Portugal. É uma vantagem

enorme, que tem de ser capitalizada.

A juntar a este factor, muitos outros fazem com que seja importante explorar da melhor maneira o fotovoltaico. Esses factores podem ser classificados em quatro categorias: socio-económicos, ecológicos e ambientais, energéticos e arquitecturais. Os benefícios socio-económicos são certamente os mais importantes para Portugal.

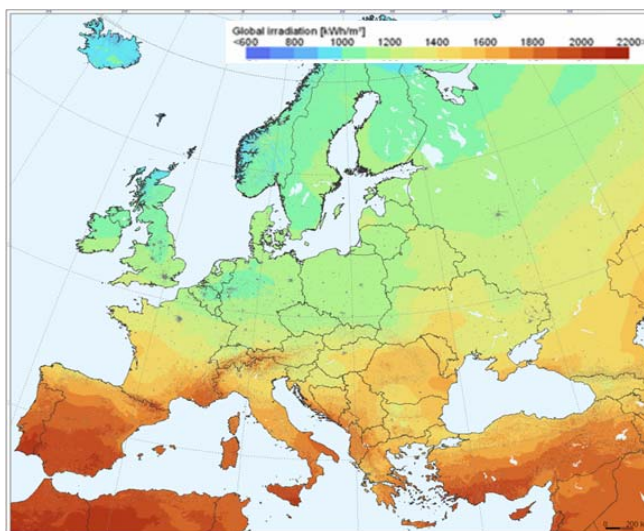


Figura 30: Insolação Global por metro quadrado na Europa

Fonte: *Joint Research Centre, Comissão Europeia*

Os benefícios ambientais são provavelmente os mais óbvios: incluem a geração de uma quantidade significativa de energia ao longo do período de vida útil, a consequente redução em emissões de gases com efeito de estufa, e em ocorrência de chuvas ácidas ou *smog* (embora estes não sejam problemas frequentes em Portugal). Há aproveitamento de um recurso endógeno universal, gratuito e não poluente, o que contribui para um desenvolvimento sustentável. A produção de electricidade em horas de ponta vem também melhorar o *mix* energético nacional, muito caro e poluente nesses períodos.

Esta última vantagem remete para os benefícios eléctricos. Aqui, pode ainda ser referida a redução no uso das grandes centrais, a disponibilidade de electricidade em situações de emergência, o investimento evitado em extensões da rede para locais remotos, a diminuição das perdas no transporte, a melhoria da fiabilidade da rede e sobretudo a diminuição da variabilidade na produção, factor muito importante num país com forte componente hídrica no *mix* eléctrico. A nível arquitectural, há que referir a substituição de material de construção (em fachadas), a recolha e dissipação térmica, e o efeito estético possível, por variações de cor, transparência, ou ainda

superfícies sem reflexão. Por fim, os custos de manutenção e substituição de um telhado PV, por exemplo, são bastante mais reduzidos.

A criação de novas fileiras industriais, com elevado valor acrescentado, a geração de emprego, o reforço da imagem de responsabilidade social e de capacidade tecnológica de qualquer instituição são alguns dos benefícios socio-económicos. As novas indústrias trazem também novos produtos e mercados, vários serviços são desenvolvidos (gerando mais emprego), o tecido empresarial de regiões deprimidas pode ser renovado, o salário médio sobe, são abertas novas áreas de formação, e é invertido o despovoamento, com a criação de novas infra-estruturas e centralidades. Refira-se mais uma vez que previsões apontam para que o cluster do fotovoltaico empregue dois milhões de pessoas no mundo dentro de 15 a 20 anos.

A modularidade traz também vantagens significativas: permite tempos de construção muito curtos (a central de Serpa foi construída em 3 meses), a manutenção é reduzida e o equilíbrio entre oferta e procura é mais fácil de atingir. A diversificação de fontes energéticas, a diminuição das importações de combustíveis fósseis e a reduzida volatilidade dos preços são outras vantagens económicas. As externalidades (impacto ambiental, deslocamentos sociais, necessidades de infra-estruturas) são muito menores do que para os combustíveis fósseis e o nuclear. Por fim, é ainda de referir a importância que esta tecnologia poderá ter no futuro, no apoio a países em vias de desenvolvimento por exemplo.

Resumindo, o fotovoltaico pode beneficiar a indústria e a economia (no curto prazo e com efeitos duráveis), a segurança do abastecimento energético (médio prazo), e o ambiente (longo prazo).

d. Legislação para o Sector

O regime de tarifas de compra a preço garantido existe em Portugal desde 1988, e encontra-se em vigor em muitos outros países da UE. No caso nacional, a tarifa consiste no pagamento por cada unidade de electricidade entregue à rede, calculado com base nos custos evitados ao Sistema Eléctrico Público com a entrada em serviço e funcionamento do centro electroprodutor, incluindo o investimento evitado em novos centros de produção, os custos de transporte, de operação e manutenção, incluindo a aquisição de matéria-prima. A estas parcelas acresce um prémio que reflecta o benefício ambiental proporcionado pelo uso dos recursos endógenos.

O tarifário de compra da energia eléctrica pela rede foi fixado nos termos do Anexo II do DL 168/99, com alterações introduzidas pelo DL 33-A/2005 de 16 de Fevereiro. Os custos evitados que são tidos em conta para o cálculo da tarifa são definidos em termos de potência (investimento

em novas instalações), de energia produzida (custos de combustível), e do ambiente (valorização das emissões de CO₂ evitadas).

Assim, e para os produtores que gozem do estatuto de Regime Especial, a tarifa paga pela REN é próxima de 0,447 €/kWh para instalações com potência instalada inferior a 5kW, e de 0,317 €/kWh para potências superiores a 5kW, o que compara com a tarifa eléctrica média ao consumidor de 0,1077 €/kWh (BTN) em 2007. Os valores mudam no entanto consoante as especificidades do projecto em questão. Esta tarifa é garantida para um período de 15 anos ou 21 GWh/MW instalado, e pressupõe o débito na rede de 100% da energia produzida. No entanto, o limite de potência de 150 MW já referido está praticamente esgotado (128 MW foram licenciados), e os processos de atribuição de licenças estão parados. O governo manifestou já a intenção de atribuir os 22 MW restantes pelo método de concurso internacional. Este é o regime vigente para as centrais PV.

A este regime, juntava-se um outro, também referente ao PV, e cujos objectivos eram a promoção da microgeração em Portugal e do conceito de produtor-consumidor. Neste sentido, foi lançado um programa, o PV3, no qual o aderente, produtor de electricidade em baixa tensão, beneficiava de uma remuneração bonificada para a electricidade que entregava à rede, tendo no entanto de consumir mais electricidade do que a que vendia. Este programa foi regulado pelo Decreto-Lei n.º 68/2002, de 25 de Março, e tinha como meta a instalação de 50 MW, que seriam remunerados pelo sistema de prémio fixo, com a tarifa indexada à praticada para os contratos BTE (Potência <5kw: €0.47/KWh. Potência entre 5kw e 150kw: €0.355/KWh). Entretanto, o número de sistemas licenciados e em operação ao abrigo desta lei é muito reduzido.

Por outro lado, o Decreto-Lei n.º 312/2001, de 10 de Dezembro, estabeleceu as disposições aplicáveis à gestão da capacidade de recepção de energia eléctrica nas redes do Sistema Eléctrico de Serviço Público (SEP), de forma a permitir a recepção e entrega de energia eléctrica proveniente de novos centros electroprodutores do Sistema Eléctrico Independente (SEI). Contudo, esse diploma aplica-se a todos os centros electroprodutores, seja qual for a sua potência nominal ou localização geográfica, conduzindo assim a uma excessiva centralização administrativa dos processos de licenciamento de pequena ou micro dimensão. Ambos estes documentos resultaram num fracasso, fazendo com que o processo de criação de um mercado de microgeração em Portugal esteja parado.

Em reacção a isso, fala-se agora numa revisão profunda do quadro legislativo referente à microprodução. O governo referiu a criação do programa “Renováveis na Hora” como uma das medidas do Simplex 2007, com o objectivo de simplificar o processo burocrático. Espera-se que

seja publicado esse novo enquadramento legal nos próximos meses.

e. Caracterização Empresarial do Sector Fotovoltaico

Foi já referido que o fotovoltaico tem a capacidade de envolver um grande número de actores. Estes podem ser classificados dentro das seguintes categorias: Conhecimento (os institutos de I&D, bem como todos os formadores e disseminadores de conhecimento sobre a área), Indústria (todos os envolvidos na produção de componentes para o sistema fotovoltaico), Serviços (os responsáveis por actividades de serviços relacionadas, desde financiadores a projectistas, passando por montadores e distribuidores) e Exploração Eléctrica. De seguida, é feita a súmula dos intervenientes nestas quatro áreas em Portugal. Um quinto grupo de intervenientes no mercado é obviamente o do Estado, com os legisladores, fiscais, licenciadores e organismos de apoio (PRIME, etc). Estes não são aqui abordados.

Na área do **conhecimento**, é interessante perceber qual a capacidade de I&D que Portugal apresenta. Temos no país diversos pólos universitários onde investigadores se dedicam ao estudo do PV. Entre eles, são de destacar os da Universidade de Coimbra, de Aveiro, e do Minho. A estes, podemos juntar os da FCT-UNL e do IST-UTL, embora estejam inactivos desde cerca de 1995. As competências concentram-se sobretudo no silício amorfo e monocristalino, mas também no CIS (U. Aveiro). Destas universidades têm também saído muitos doutorados em áreas compatíveis, como por exemplo física e química. No entanto, a aparente letargia faz com que acabem por trabalhar noutras áreas.

Essa letargia é facilmente compreendida quando se analisa as apostas do Ministério da Ciência e Ensino Superior, responsável pela distribuição dos fundos para I&D. Há apenas cinco anos existem programas de apoio á investigação na área de Energia. Como se esse facto não demonstrasse um desinteresse enorme pela área, de um orçamento total de cerca de 580 milhões de euros para investimento em Ciência e Tecnologia, o fotovoltaico não chega a receber um milhão. Há até casos de investigadores que têm de concorrer a financiamento para programas de física, quando estão a desenvolver trabalho em energia. Isto acontece não obstante o facto de a Energia ser o primeiro tema do Programa de Redes Temáticas de investigação. Uma breve referência ao caso dinamarquês permite enquadrar melhor esta realidade: a Dinamarca tem um programa de investigação agressivo direccionado para o eólico há mais de 20 anos. Criou-o por ser o vento o único recurso que possuía em abundância, e por ter percebido que era uma área de grande futuro. Em resultado disso, é hoje o país que melhor explora esta FER, e também um líder na indústria: a Vestas é a líder incontestada no mercado mundial, um caso de enorme sucesso industrial. Em Portugal, a melhor insolação da Europa é uma oportunidade clara a explorar, mas a definição de

prioridades e conseqüente acção tardam em aparecer.

Ao nível da **indústria**, Portugal apresenta uma outra mais-valia significativa: várias minas de Trás-os-Montes abasteceram durante muito tempo a indústria electrónica com silício de alta qualidade. Na actualidade, estão desactivadas, mas deve ser estudada a sua reactivação (o mercado está mais dinâmico e os preços da matéria-prima aumentaram). Nas outras componentes da cadeia de valor, o tecido empresarial nacional é bastante fraco. Não temos produção de *wafers* de silício, nem de células. A montagem de módulos e sistemas é a etapa menos exigente do ponto de vista da tecnologia, das economias de escala e do valor acrescentado. É também aquela que apresenta maior fragmentação, com muitos actores por todo o Mundo. A A. J. Lobo detém uma fábrica de montagem de painéis fotovoltaicos de tecnologia monocristalina e multicristalina em Évora, empregando cerca de 80 pessoas e produzindo cerca de 20 MW. O seu parceiro inicial, a Shell Solar, vendeu a sua posição à alemã SolarWorld em 2006, mas a A. J. Lobo estuda já a hipótese de criar uma marca própria. É actualmente a única fábrica a actuar directamente na cadeia de valor do PV. A esta junta-se a Selm, empresa sediada em Braga, que produz um sistema de *tracking* solar, utilizável em qualquer sistema de aproveitamento solar. Por fim, é de referir as empresas Tudor e Autosil, que produzem acumuladores de energia.

Duas novas iniciativas privadas estão em fase de desenvolvimento: a EarthLife, participada da Enervento, e a Solar Plus, detida pelas empresas Telcabo, Netplan (que tem uma central PV em Valadas, de 100 kW), Eurico Ferreira e TVE-Engenharia e Vale do Tejo, têm ambas projectos para a criação de fábricas de produção integral de módulos solares com capacidade de 5 MW anuais, sendo que a tecnologia do primeiro caso será o CdTe, e no segundo o silício amorfo. A Solar Plus prevê começar a laborar em Setembro. A produção integral controla uma grande fatia do valor acrescentado, pelo que estas são boas iniciativas que devem ser apoiadas e incentivadas. A estas poderá vir a juntar-se a fábrica de montagem de módulos da Acciona, caso o projecto avance.

Nos **serviços**, o desenvolvimento do mercado tem vindo a proporcionar algumas oportunidades de negócio, aproveitadas por pequenos distribuidores ou montadores de sistemas, mas também de consultores em ER. A falta de um mercado de microgeração ligada à rede limita muito essas oportunidades, e faz com que este sector não tenha expressão nem visibilidade significativa no mercado. Muitas empresas oferecem serviços para o fotovoltaico em complemento à sua gama de produtos, nomeadamente as que estão ligadas ao solar térmico, consultoria ambiental, aproveitamento energético, etc. Importa referir o caso de uma empresa que mostra a capacidade portuguesa de inovar e criar soluções competitivas neste mercado: a WS-Energia, que cria e desenvolve novas soluções de optimização do uso dos sistemas solares, como é o caso dos sistemas Heliots, que duplicam o *output* de um painel solar graças à concentração de raios solares

por via de espelhos. Podem ainda ser referidas a Martifer Solar, que presta serviços de consultadoria em sistemas solares, a FFSolar, distribuidora de sistemas solares e subsidiária de uma empresa alemã, a Eurosolar, que oferece todos os serviços relacionados com pequenas centrais fotovoltaicas, ou ainda a Ecogen, participada da Galp e EDP para prestação de serviços de energia descentralizada.

No **aproveitamento energético**, várias empresas nacionais desenvolvem já actividade, aproveitando a oportunidade de negócio gerada pelas tarifas bonificadas. Infelizmente, o foco tem sido apenas esse, o de aproveitar uma rentabilidade do capital investido com risco mínimo e atractiva, havendo pouco retorno desse investimento para o estado Português. Alguns dos principais actores têm também negócios noutras FER, nomeadamente no eólico. É o caso da Catavento, representante nacional no consórcio que explora a central de Serpa. Investidores estrangeiros têm também investido na geração de electricidade fotovoltaica em Portugal, como é o caso da GE e da PowerLight (Serpa) ou da Acciona, detentora actual da Amper Solar (Moura).

f. Barreiras ao desenvolvimento do sector

Como em qualquer novo mercado, que atravessa uma fase de crescimento e estruturação muito grande, há uma série de falhas que constituem entraves ao seu bom desenvolvimento. A sua resolução atempada pode impulsionar o crescimento, ajudando à saúde do sector. Só conseguindo ultrapassar barreiras poderemos ter em Portugal um mercado fotovoltaico ao nível dos melhores do Mundo, que potencie a indústria do sector e a torne competitiva mundialmente, e que contribua ao mesmo tempo para uma maior sustentabilidade e competitividade do sector energético nacional. De seguida são apresentadas as principais barreiras com que se depara o fotovoltaico actualmente em Portugal.

Barreiras ao nível do Mercado:

- Serem caras: Já foram aprofundados os problemas de custos com que ainda se depara este sector. No entanto, a tendência é de decréscimo acentuado, ao contrário das outras fontes energéticas. No gás, por exemplo, a evolução do custo da matéria-prima tem sido exponencial. Esse facto é tanto mais importante que o custo da matéria-prima numa central de ciclo combinado alcança os 70% do investimento. Caso a evolução do preço do gás se mantenha, a electricidade produzida pelas centrais de ciclo combinado será mais cara que a das eólicas no curto prazo. No caso do fotovoltaico e eólico, das ondas e hídricas, nunca haverá este problema, dado que os combustíveis são gratuitos e inesgotáveis;

- As energias renováveis encarecem o *mix* energético: Os subsídios concedidos pesam nas tarifas eléctricas, e é por isso que há o limite de capacidade de 150 MW para o fotovoltaico.

Mas é preciso ter em conta que o *mix* energético actual é responsável por uma factura anual que atingiu em 2005 os 5% do PIB. Nas barragens produtoras de energia hídrica, 80% do valor acrescentado fica em Portugal. É esse mesmo cenário que se quer alcançar relativamente às outras FER, e que nunca será uma realidade para as outras fontes energéticas. Assim sendo, o preço a pagar para sustentar uma tecnologia que é agora pouco competitiva deve ser plenamente justificado no longo prazo;

- Falta de pessoal técnico treinado, instaladores de confiança, integradores de sistemas com experiência, e serviços de manutenção: o sector ainda está numa fase incipiente, sobretudo no que toca à venda de microsistemas e a todos os serviços de pós-venda associados. As consequências são uma série de falhas evitáveis, perdas de tempo ou mesmo falta de concorrência, que encarecem o valor final do sistema. Este problema só poderá ser resolvido pelo mercado, com o seu amadurecimento e com políticas de incentivo à microgeração (na Alemanha ou no Japão, a experiência acumulada levou a uma diminuição do preço final em quase 1€/Watt);

- Há falta de promoção e disseminação da informação, pouca sensibilização do cliente doméstico. O apoio dado à microgeração sobretudo deverá ser muito mais efectivo, mas tem de ser precedido de uma nova legislação, e de todo um ambiente que permita aos consumidores domésticos tornarem-se produtores. Só depois, o aumento da informação disponibilizada será o passo óbvio a seguir;

- As opções de financiamento são inadequadas, ou mesmo praticamente inexistentes. Na microgeração, o investimento inicial é considerável, pelo que há uma boa oportunidade para novos produtos de financiamento, tendo por exemplo como garantia os cash-flows futuros do investimento. Opções de leasing do equipamento poderiam também ser boas novidades;

- Pouco envolvimento de potenciais actores interessados: com um mercado praticamente paralisado à espera de licenças, grandes empresas de energia, bancos, e até construtores civis (que têm muito a ganhar com a oferta de sistemas BiPV) não olham ainda para o fotovoltaico como área de negócio.

Barreiras Técnicas ou Tecnológicas:

- A disponibilidade do recurso não é controlável. Há desfasamento entre a produção e o consumo: Mas a sua disponibilidade é também previsível, embora intermitente. Por outro lado, a electricidade é hoje armazenável, por aplicação em processos reversíveis. É o caso da armazenagem recorrendo ao hidrogénio, embora a solução esteja ainda em fase de desenvolvimento e o processo tenha uma eficiência de apenas 20% (o que faz dele uma mera esperança para o futuro, inaplicável em grande escala hoje em dia). No entanto, uma outra solução é muito mais viável e já hoje é utilizada em Portugal: são as centrais hídricas reversíveis, que bombeiam a água de jusante para a albufeira recorrendo a electricidade, e a reprocessam quando a procura alcança picos. Este processo tem uma eficiência de 80% e é ou será utilizado na grande

maioria das barragens mais recentes do país. Hoje, praticamente todas as centrais hídricas são projectadas e construídas com sistema de bombagem;

- Escassez de máquinas fotovoltaicas no mercado: uma situação pontual de ajustamento do mercado ao crescimento dos últimos anos, que será resolvida a curto ou médio prazo. Mais que um *handicap*, é uma oportunidade para um país como Portugal, que tem algum atraso em relação aos *first movers* no sector das ER;

- Foi avançada a ideia de que a produção descentralizada traria problemas de gestão da rede, sobretudo ligados ao débito de potência reactiva e à má qualidade dos inversores. Hoje a tecnologia dos inversores está muito mais avançada, e esses problemas estão praticamente ultrapassados. Há também benefícios significativos em termos de eficiência do transporte. As redes inteligentes integradas numa rede global são apontadas como o futuro da área (ver visão do INESC Porto sobre a matéria);

- Diminuição da eficiência de conversão com calor excessivo: a partir dos 22°C, os painéis vêm a sua eficiência de conversão começar a diminuir. Este é mais um elemento que pesa na avaliação económica de novos projectos, sobretudo em Portugal, onde as temperaturas são superiores durante grande parte do ano. Felizmente, o ganho obtido por uma maior insolação compensa esta perda de eficiência;

- Payback energético: os sistemas fotovoltaicos comportam componentes que requerem muita energia na sua produção. Eram até há pouco tempo necessários cerca de 3 a 4 anos de operação para que o sistema produza tanta energia como aquela que foi gasta na sua produção. No entanto, a situação é hoje diferente, e as emissões de CO₂ durante todo o ciclo de vida de um sistema PV são cerca de 97% menores do que as provocadas por uma central a fuelóleo com mesmo output energético (+- 25 contra 1000 gCO₂ por kWh). Esta evidência tem de ser transmitida ao mercado, de forma a apagar a má imagem provocada por um dado desactualizado;

- Aquecimento da zona onde estão os painéis: em operação, os painéis acumulam calor a nível local. Em grandes centrais fotovoltaicas, a temperatura no local pode chegar a aumentar vários graus. Este é um facto a ter em conta, que pode mesmo ter influências ambientais nos maiores sistemas;

- Corrosão dos materiais: a proximidade com a costa traz problemas ao equipamento, que vai sendo destruído por acção do sal no ar húmido. Instalações próximas do mar vêm o seu tempo de vida útil reduzido para sete a oito anos, o que torna a sua exploração inviável economicamente;

Barreiras Legais ou Burocráticas:

- Uma aposta claramente insuficiente em I&D ligada a esta área, bem como a falta de apoios directos a indústrias ligadas ao fotovoltaico, tornam impossível um desenvolvimento sério do sector. Os 150 MW a licenciar representam investimentos na ordem dos 750 milhões de euros, totalmente viabilizados por um investimento ainda maior em tarifas. Até ao momento, o retorno

desse dinheiro em postos de trabalho, criação de riqueza e disseminação de conhecimento por exemplo, é residual. Não se percebe por isso como é que a investigação em fotovoltaico tem um financiamento na ordem dos milhares de euros, e não é investido dinheiro na captação de projectos de fabrico de células, wafers, módulos, painéis ou mesmo elementos do BOS. Bastaria uma aposta na ordem dos 10 milhões de euros anuais para redespertar a investigação nos institutos que têm capacidade para tal;

- As medidas promovidas por organismos públicos são ainda recentes e carecem de confirmação e continuação no médio e longo prazo: como foi visto no início, as razões que justificam estas políticas são de fundo, e é hoje praticamente impensável que venha a haver uma mudança de posição significativa. A necessidade de um modelo de produção energética mais sustentável é cada vez mais real, e o caminho nesse sentido é uma necessidade irreversível;

- Ao nível da legislação, várias questões estão ainda por resolver. Todo o sistema de ligação à rede está desadequado. Há cerca de dois anos que nenhuma autorização de ligação é concedida para pequenos sistemas, e a burocracia é asfixiante. A falta de um procedimento simplificado para licenciamento e instalação, e a necessidade de obter aprovação de várias entidades, levam a custos administrativos exorbitantes e a enormes tempos de espera. Isso faz com que qualquer projecto de pequena envergadura seja totalmente impraticável. O projecto PV3, no qual o governo procurava promover a microgeração, esbarrou na burocracia e em tarifas pouco apelativas. No entanto, o Projecto Renováveis na Hora e a nova legislação que deverá sair em breve poderão simplificar bastante os procedimentos, e relançar a microgeração;

- O tecto de 150 MW é limitador de um sector que se quereria forte e competitivo. Percebendo-se o porquê desse limite, é no entanto necessário definir se é prioritário para o país posicionar-se fortemente no mercado fotovoltaico mundial, não repetindo o erro que cometeu ao atrasar-se no eólico. Uma indústria do fotovoltaico séria dificilmente nascerá de uma aposta tão limitada como 150 MW, sobretudo quando 128 MW destes foram já licenciados sem que qualquer iniciativa industrial significativa estivesse associada (no fundo, esses 128 MW resultam de uma importação a praticamente 100% dos componentes necessários). O sistema de desenvolvimento do mercado trouxe até á data quase somente investidores interessados em aproveitar a rentabilidade proporcionada pelas tarifas, e não empreendedores que dinamizem um mercado de futuro;

- Alguns membros do sector apontam também como entrave a uma aposta mais forte por parte do governo a existência de um *lobby* do sector eólico, cada vez mais forte. De facto, e apesar da energia fotovoltaica não concorrer com a eólica, a verdade é que ambos concorrem pelo mesmo dinheiro do estado: o que é destinado às Energias Renováveis. Assim, mais dinheiro (ou seja mais apoios) para o fotovoltaico significaria menos dinheiro para as eólicas. Esta relação é perigosa, dado que as duas tecnologias estão em estados de desenvolvimento muito diferentes. O investimento na energia solar deve ser de mais longo prazo, e ter objectivos estruturantes. Assim,

seria até desejável separar as duas realidades, e defender os apoios às energias renováveis emergentes (onde se pode incluir o fotovoltaico, as ondas e o solar térmico e termoeléctrico, entre outros) como uma aposta de futuro, e não uma solução para o presente. Desse modo, tornar-se-ia claro que os objectivos a atingir são totalmente diferentes, e que tudo deve ser pensado de modo a garantir o sucesso no longo prazo de toda uma nova área industrial. A energia eólica está numa fase diferente, na qual o objectivo deverá ser mais o de apoiar a produção energética nacional e o cumprimento das metas definidas para o curto prazo.

7. Estratégias a seguir - Abordagem para o futuro

A análise aos elementos mais relevantes do sector fotovoltaico feita ao longo das últimas seis partes permite que agora se tirem conclusões bem fundamentadas acerca do potencial que encerra esta opção tecnológica, do que os países actualmente mais bem posicionados no mercado têm feito, e do que tem sido feito também no nosso país. A exposição dos principais factores foi essencial para que, atingido um nível satisfatório de conhecimento sobre o sector, se possa agora avançar com linhas de acção bem fundamentadas, que vão no sentido de um aproveitamento óptimo das oportunidades que encerra o fotovoltaico.

Numa primeira fase, será feito um diagnóstico crítico (e já não apenas factual) da situação nacional, o qual fundamenta a proposta de estratégia nacional a seguir pelo estado e pelo país. No final, explica-se que esta estratégia pode ser inserida no contexto de uma maior, que tire o melhor proveito das potencialidades nacionais relativamente às FER.

a. Diagnóstico da Situação nacional

Embora a tecnologia fotovoltaica tenha já várias décadas, e seja aplicada com sucesso num grande leque de situações, a maturidade tecnológica ainda está longe de ser atingida. As evoluções recentes trouxeram os custos de geração energética por esta fonte para níveis cada vez mais próximos dos de outras fontes, que contribuem hoje para a geração de electricidade em grande escala, injectada na rede e consumida diariamente por todos nós. As evoluções previstas para os próximos anos, aquelas que podem ser dadas como quase certas, permitem antever que o PV apresentará custos capazes de competir no mercado da geração eléctrica nos próximos 10 anos, no máximo 15. As perspectivas de crescimento são por isso enormes, tal como a importância futura do mercado. É hoje quase certo que esta tecnologia desempenhará um papel fundamental no panorama de produção energética mundial no médio e longo prazo. Acontecendo isso, o PV confirmará finalmente todo o potencial que há muito lhe era apontado, e o mercado a ele associado valerá muitos biliões de euros.

Na fase que esse mercado actualmente atravessa, os *first movers* (países como a Alemanha e o Japão, e empresas como a Sharp ou a Q-Cells) continuam a crescer e a posicionar-se da melhor maneira para o futuro, e é a vez de entrarem os *followers*. Quem quiser fazer parte deste mercado no futuro e tirar o melhor partido dele deve posicionar-se agora, aproveitando a janela de oportunidade oferecida pelo grande crescimento actualmente verificado (que tem tendência para aumentar), e concentrando esforços nos elementos da cadeia de valor que mais lhe interessam.

Isso aplica-se tanto às empresas do sector como aos países.

Neste cenário, e sabendo que o verdadeiro potencial do PV está no futuro e não no presente, não faz qualquer sentido concentrar agora esforços e recursos na produção energética a partir desta fonte, a não ser que esse seja um meio que permita atingir o fim que se quer: um bom posicionamento no mercado. É nisso que Portugal se deve concentrar. Deve criar bases sólidas para poder extrair riqueza no futuro, evitando que aconteça o que é costume (um posicionamento errado e tardio, que controla muito pouco valor acrescentado, e que exporta riqueza, por via de importações inevitáveis). Para o fazer, é necessário criar e aplicar desde já uma estratégia coerente e vencedora. É uma proposta para essa estratégia que é apresentada de seguida, construída e fundamentada com base na análise completa do sector que foi feita até aqui. Uma análise SWOT ao país na óptica deste novo sector permite sintetizar a posição nacional (Tabela 14)

A estratégia actual do país assenta essencialmente no objectivo definido pelo governo de produzir 150 MW de energia fotovoltaica em 2010. Esse objectivo será atingido por via da criação de um mercado artificial, induzido por uma tarifa de injeção na rede que garante o retorno do investimento aos promotores, e que se reflecte na tarifa de venda aos consumidores finais. Para estes, o custo da electricidade produzida por esta via será quatro a seis vezes mais elevado do que se viesse de uma central eólica, e 6 a 10 vezes mais elevado do que se fosse produzida por fontes convencionais.

Este grande sobrecusto (com um pequeno impacto na tarifa individual de cada consumidor) não está actualmente a ser devidamente justificado. Com uma indústria e um sector de serviços associados ao fotovoltaico ainda fracos, resultantes apenas de iniciativas privadas pontuais e desapoizadas, as centrais fotovoltaicas licenciadas até à data têm uma taxa de incorporação nacional muito baixa. Esta realidade é mais flagrante nos dois megaprojectos (Serpa e Moura) que juntos representam mais de metade da meta de potência a atingir. O modelo actual de apoio ao fotovoltaico está portanto mal pensado, e está a ser responsável por uma perda de riqueza para o país (os equipamentos vêm quase todos de fora, há pouco emprego associado, e até alguns investidores são estrangeiros).

Tabela 14: Análise SWOT ao Fotovoltaico em Portugal

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> - Exposição Solar - UE líder no mercado - Capacidade em I&D mobilizável 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de experiência do mercado - Indústria nacional muito fraca - Atraso face aos <i>first movers</i>

- Desenvolvimento espanhol	- Restrições orçamentais - Burocracia/Imobilidade - Estratégia actual muito fraca - Mercado interno pequeno e periférico
Oportunidades	Ameaças
- Grupos internacionais querem investir - Perspectivas de crescimento do mercado mundial - Mercado ainda residual face ao potencial - Revisão da lei alemã e japonesa vai acelerar internacionalização das empresas - Necessidade de cumprir metas de emissões - Necessidade de rejuvenescer a indústria, reconverter regiões, criar emprego, etc. - Sector da construção civil sólido e internacionalizado	- Competição com outras FER pelos fundos - Custos elevados da tecnologia podem demorar mais do que esperado a descer - Desenvolvimento Termoeléctrico/CPV - Avanço espanhol, indústria na China, etc. - Histórico nacional de não aproveitamento das oportunidades - Insuficiente mobilização do tecido empresarial nacional e dos privados

A estratégia para o sector, tal como está actualmente desenhada, deve ser abandonada. A primeira alternativa, mais simples, passa simplesmente por esquecer esta tecnologia por agora, avançando para ela quando os seus custos justificarem a alternativa por si só (com a devida contabilização das externalidades ambientais e económicas evitadas). Em alternativa, os 150 MW de potência necessários ao cumprimento das metas ambientais podem ser fornecidos por via eólica (apresentam custos quase competitivos com os do *mix* energético, podem aliviar a variabilidade verificada em anos de pluviosidade anormal, e são uma solução mais rápida de implementar), ou mesmo pela antecipação do reforço de potência das barragens.

No entanto, e a meu ver, esta estratégia constitui um grande erro, uma vez que subestima de forma dramática tudo aquilo que as FER podem trazer de positivo para o país. Os objectivos têm de ser claramente mais ambiciosos, bem delineados, e potenciadores de desenvolvimento. Portugal tem excelentes condições para criar um *cluster* fotovoltaico: a insolação anual, a proximidade ao resto da Europa, a presença de mão-de-obra mobilizável para o sector, a consciencialização ambiental da população, as necessidades de reconversão industrial, todos são elementos que devem ser explorados. Os grandes projectos previstos para o país, envolvendo grandes empresas mundiais do sector, mostram que há vontade de investir cá. Há que aproveitar essa vontade em benefício próprio. A política nacional em relação ao fotovoltaico tem de fomentar a criação de um novo sector económico, atrair grandes *players* mundiais, potenciar a criação de

empresas na área (exportadoras de preferência), mas também o controlo tecnológico, entre outros.

Por via do apoio ao fotovoltaico, Portugal tem a oportunidade de se colocar na primeira linha (ou pelo menos na segunda) de um mercado tecnológico que pode vir a mudar a face da produção eléctrica a nível mundial. A acontecer, isso poderá trazer uma enorme riqueza para o país, com um sector industrial vanguardista, com a instalação de fábricas, a criação de postos de trabalho, a exportação de bens, e a promoção da imagem do país no estrangeiro: podemos passar a ser vistos como vanguardistas, ecológicos, desenvolvidos, etc. Podemos também reconverter tecidos empresariais e zonas em risco de desertificação. Por isso, é apresentada de seguida uma proposta de segunda alternativa.

b. Estratégia para o Fotovoltaico

A nova estratégia para o fotovoltaico aqui proposta visa criar todo um novo sector económico no país, que parta da I&D, passe pela indústria e pelos serviços, e acabe na produção energética. O mercado induzido deixa de ser um objectivo, para passar a ser apenas mais um meio de impulsionar o *cluster* fotovoltaico que se quer desenvolver.



Figura 31: Vectores de Acção da Nova Estratégia para o Fotovoltaico

i. **Conhecimento:**

O conhecimento é um dos vectores chave de qualquer estratégia de criação de um novo *cluster*. Foi já visto que a capacidade nacional de I&D nesta área está altamente desaproveitada, por falta de financiamento sobretudo. Portugal tem de colmatar as lacunas a nível de know-how e de experiência de mercado que tem, até porque numa tecnologia em forte evolução, o controlo do conhecimento é essencial. É preciso adjudicar uma parte do orçamento nacional para I&D a esta

área (na parte 6, foi avançado o valor de 10 milhões de euros por ano), criar laboratórios e atrair especialistas mundiais. O instituto que tiver melhor capacidade na área deverá ser responsabilizado por coordenar a pesquisa a nível nacional, e criar uma rede de *networking* internacional, que permita ir buscar know-how a outros países. Nesse aspecto, a parceria firmada recentemente com o MIT poderá ser uma mais-valia. A criação de uma incubadora de empresas num centro de transferência de tecnologia pode ser uma excelente maneira de dinamizar e aproveitar a pesquisa desenvolvida (ver a este respeito o plano da região de Schleswig-Holstein, na Alemanha, que criou uma nova centralidade na área de microtecnologias na pequena cidade de Itzehoe). Ainda mais importante do que criar e controlar conhecimento, é aproveitá-lo em indústrias e serviços nacionais.

Num outro plano de conhecimento, é preciso criar cursos de formação para todos os níveis da cadeia de valor – desde tecnólogos capazes de inovar, a montadores de sistemas, passando por projectistas de sistemas e edifícios e reparadores. Deverão ser promovidos *workshops* para debater ideias e disseminar o conhecimento e pequenos eventos de consciencialização da população. A incubadora de empresas poderá ser dinamizadora destas iniciativas, mas o envolvimento das universidades e escolas profissionais é também essencial. É totalmente paradoxal e inviável que aconteçam situações como a de hoje, em que se lança um programa de certificação energética dos edifícios e cursos universitários de arquitectura por exemplo não contemplam ainda cadeiras de certificação ambiental, comportamento térmico de edifícios, etc. Isso revela uma total falta de planeamento a médio prazo, que não se pode verificar em iniciativas que se querem de sucesso.

Todas as medidas relacionadas com o aumento do conhecimento na área têm vários efeitos: criam um mercado mais profissional, mais bem preparado, mais competitivo e mais maduro, tudo condições para o seu sucesso futuro e para a sua competitividade internacional. Ajudam à diminuição dos custos dos sistemas, pelo efeito da experiência: designers e instaladores com habilitações e experiência melhoram a sua performance, são mais produtivos e cometem menos erros. No médio e longo prazo, estas medidas permitem também controlar as melhores tecnologias industriais, e captar melhores profissionais, mais e melhores empresas, e por consequência mais negócio. O efeito multiplicativo é portanto enorme.

ii. Mercado Induzido:

Na definição do mercado induzido, é primordial ter em conta a sua principal função, que é a de alimentar o crescimento do *cluster*. Não pode haver indústria nem serviços sem mercado que gere negócios, e a investigação é inconsequente para o país se não puder ser aplicada. No entanto, uma coisa é desde já clara: as grandes centrais fazem apenas sentido se o seu licenciamento for

negociado com contrapartidas que incorporem riqueza nacional e iniciativas de dinamização do sector, o que pode ser conseguido pela imposição de condições muito rígidas à atribuição de tarifas bonificadas nesses casos. Só havendo um mercado já maduro, bem desenvolvido, no qual Portugal consegue controlar grande parte do valor acrescentado, é que se poderá pensar em mega centrais que façam sentido *per se*.

De resto, toda a estratégia de distribuição de capacidade deverá ser revista. A microgeração deverá ser sempre favorecida, e todos os anos deverá haver licitação de potência. A ideia é criar um mercado sustentado, que gere negócios todos os anos numa escala confortável, permitindo às empresas de serviços e industriais terem uma base de clientes constante e sustentada. O limite de 150 MW deverá ser abolido, sendo substituído pela atribuição de 40 MW anuais (valor estimado para que o mercado tenha uma massa crítica mínima – ver cálculos mais adiante), crescendo a cada ano, até aos 100 MW/ano em 2015 por exemplo. Poderá ser fixado o objectivo de chegar a 2020 com 1 GW de potência instalada.

O sistema tarifário, a par de todo o sistema legal e burocrático, tem de ser revisto. Deve continuar a contemplar uma rendibilidade do capital investido atractiva (8% ao ano é bom para um investimento com risco muito diminuto), mas também uma diminuição todos os anos, que venha reflectir a variação dos preços no mercado, à semelhança do que já acontece na Alemanha. Não pode ser remunerado aos preços de hoje um investimento realizado para o ano, quando a cada ano esse investimento é 6% menor. Esta redução obrigará o mercado a manter o foco na redução de custos, na optimização e na busca de novas ideias e tecnologias. Evitará também situações em que o promotor garante a licença, mas depois atrasa o processo de instalação o mais que pode, de forma a aproveitar a descida do preço dos sistemas. A opção contrária seria a engorda de um sector, no qual os intervenientes tivessem tendência para a imobilidade: não haveria dinamismo no mercado, nem acompanhamento das novas soluções tecnológicas ou das melhores práticas empresariais.

Para que tudo isto funcione, a aceitação no mercado desta nova tecnologia tem de ser potenciada. Um mercado de microgeração forte implica o envolvimento de muitos actores, o que só é conseguido com disseminação de informação, um processo burocrático claro e muito simplificado, e soluções de financiamento adequadas. Hoje, todo esse processo está inactivo, devido ao impasse na microgeração.

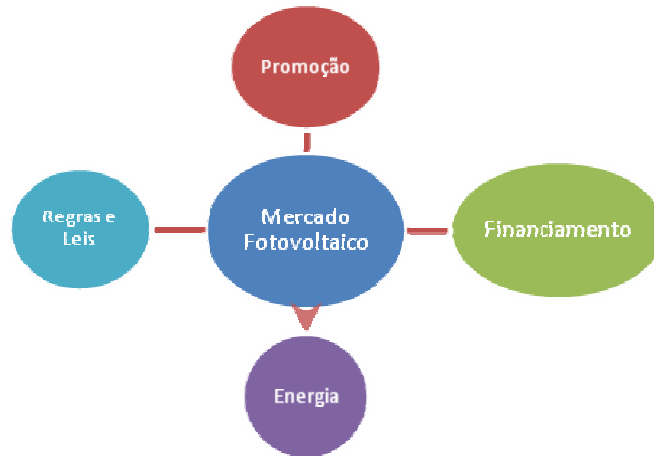


Figura 32: Elementos-chave do Mercado Fotovoltaico

Burocracia

A simplificação de todo o processo burocrático é essencial para que todo o sistema funcione. Sem regras e leis simples e claras, o mercado nunca será dinâmico, e a solução do fotovoltaico e da microgeração nunca será vista como viável e acessível para o consumidor comum. A verdade é que hoje, os processos de licenciamento, atribuição de ligação à rede, e mesmo remuneração, são quase tão complicados para um sistema de alguns kilowatts, como para uma grande central hídrica ou eólica. Os processos demoram três anos, durante os quais o promotor tem de dedicar 30 a 40 horas ao processo, às vezes recorrendo a um engenheiro. Os custos administrativos são portanto enormes (há que considerar que do lado do licenciador, todo este tempo gasto se repete), e inviabilizam qualquer tipo de iniciativa privada.

A situação nos países mais desenvolvidos é completamente distinta: na Alemanha, por exemplo, modelos de equipamentos estandardizados são previamente certificados, para que não precisem de licenciamento. A ligação à rede não precisa de autorização, e a empresa gestora da rede é quem instala o computador de controlo do débito do sistema à rede, sendo obrigada a aceitar a electricidade e a remunerá-la segundo a tabela tarifária fixada. Desde o momento da compra, o promotor gasta cerca de três semanas, e precisa de recorrer uma única vez a um engenheiro.

É essencial que um mecanismo deste tipo seja estabelecido em Portugal. Para sistemas até uma certa capacidade (5 kW, por exemplo), têm de ser criados procedimentos e requisitos estandardizados de ligação à rede e de incorporação em edifícios. Um leque de equipamentos tem de ser certificado, incluindo os sistemas de contagem da electricidade debitada, e os processos de aprovação de projectos, contratos de manutenção, informações sobre os produtos têm de ser estandardizados.

Financiamento

Embora a rendibilidade do projecto seja garantida pela tarifa bonificada, os custos iniciais de um sistema PV continuam a ser bastante elevados. A dinamização de um mercado de microgeração requer que soluções estejam disponíveis para que qualquer consumidor doméstico interessado possa ultrapassar esse problema. Assim, o governo pode e deve negociar com os bancos (a CGD será talvez a opção mais viável) e com as *utilities* (sobretudo a EDP, mas também qualquer outro interessado) a criação de novos produtos financeiros que venham suprir as necessidades deste tipo de aplicações. Estes poderão assumir a forma de empréstimos que têm como garantia a geração futura de *cash-flows* da instalação, ou de contratos de leasing dos equipamentos, por exemplo. Os pacotes de financiamento deverão ter condições pré-negociadas para os pequenos sistemas certificados, para que se mantenha a simplicidade de todo o processo.

Promoção

Garantidas as condições de simplificação burocrática e soluções financeiras ajustadas, essenciais à credibilização de todo o mercado induzido, é preciso aumentar o número de actores envolvidos no mercado, criar massa crítica. Os níveis de consciencialização e aceitação por parte das pessoas têm de ser elevados. Para tal, a disseminação de informação é essencial, e não pode acabar nas medidas acima referidas (parte conhecimento). É preciso que o mercado perceba todos os benefícios da solução PV, e que tenha confiança nela como fonte de energia, material de construção, ou até forma de promoção de uma imagem ecológica das empresas, por exemplo.

São necessárias medidas de educação da comunidade em geral, e de disponibilidade de informação e aconselhamento. Devem ser incentivadas medidas de promoção direccionada em feiras ou directamente aos construtores civis, por exemplo, coordenadas pela APISOLAR ou pelo centro de transferência de tecnologia a criar. A informação deve ser adaptada a arquitectos, engenheiros e consumidores, com os parâmetros que mais interessam a cada um.

Seria também muito positivo criar uma base de dados acessível a todos (por Internet, por exemplo), onde fosse disponibilizada informação regional sobre a fonte solar, produtividade de sistemas, cálculo de rendibilidade, legislação aplicável, opções financeiras e outras informações relevantes para o mercado. Toda esta informação ajudará ao estudo de viabilidade de cada projecto, facilitando a vida aos promotores, reduzindo o seu risco e os seus custos. Mais uma vez, o centro de transferência de tecnologia pode encarregar-se da manutenção da base de dados e da sua actualização, apoiado pela DGGE.

Uma outra medida importante para que o mercado seja eficiente e competitivo é o envolvimento de um maior número de actores e actividades económicas. Exemplos de actores que devem ser

atraídos para o mercado são os governos locais (com um plano de instalação de sistemas como foi já feito na Alemanha e no Japão, mas também como via de disseminação de informação), sector financeiro (com as soluções de apoio já referidas), planeadores de ordenamento do território, construtores de casas e promotores de empreendimentos (há já em Portugal empreendimentos que vendem a sua eficiência energética, por exemplo), e indústria de materiais de construção. A interação entre o maior número de *stakeholders* possível cria soluções inovadoras, que podem dinamizar ainda mais o mercado.

Energia:

Enquanto a tecnologia não for competitiva, pelo menos com as tarifas eléctricas ao consumidor, o *output* energético deverá ser visto pelo estado e por todo o sector como uma mera consequência positiva do seu processo de desenvolvimento. A DGGE, até aqui principal conselheira do governo para a política do sector, deverá ver a sua importância no processo de decisão significativamente reduzida. A REN deverá reunir todas as condições para absorver a electricidade produzida, nomeadamente dos inúmeros sistemas de microgeração, e continuar a reflectir os custos adicionais nas tarifas.

Uma forma de diminuir o impacto desse sobrecurso nas tarifas, e que viria também dar ainda mais visibilidade ao sector, seria a criação de uma tarifa 100% verde regulada. Os seus subscritores pagariam um valor calculado com base num *mix* 100% renovável (ponderado pela capacidade instalada de cada FER vezes a sua tarifa bonificada), e teriam direito a um certificado, emitido pela REN ou pela *Utility* a quem contratavam o serviço, que poderiam utilizar para promoção. Isso traria para o mercado empresas com necessidade de transmitir uma imagem verde.

iii. Serviços:

Sendo que Portugal tem desvantagens a nível industrial (poucas e pequenas empresas, não há indústria de semicondutores por exemplo), a componente terciária assume particular relevo: não tem de começar em grande escala para competir, e é muito mais flexível, adaptável a novas realidades (leia-se soluções ou tecnologias). Pode também estar em diversos mercados ao mesmo tempo, explorando complementaridades de tarefas, funções, ou produtos. Exemplo disso seria um distribuidor de sistemas solares, que pode oferecer painéis térmicos, sistemas de Fresnel e PV.

O novo mercado de microgeração permitirá mobilizar o empreendedorismo de pequenos investidores, criar um tecido de pequenas e médias empresas instaladoras de equipamentos, consultoras ambientais, serviços de manutenção, etc. O desenvolvimento gerado por esse mercado de pequena dimensão permitirá ao sector ir criando massa crítica, gerando emprego e

incorporando cada vez mais valor acrescentado nacional ao produto, ao mesmo tempo que o torna cada vez mais competitivo. Esta é uma parte da cadeia de valor que o país deve e pode controlar (é de lembrar a influência no custo total que têm as parcelas de instalação e manutenção dos equipamentos, e o planeamento das instalações). Por esta via, o sector poderá mesmo tornar-se exportador.

Para o potenciar, poderão ser criados concursos e programas de incentivos específicos para a criação de PME's na área. As empresas de construção civil deverão ser envolvidas (o sector em Portugal é maduro, e está á procura de novas soluções de investimento). O envolvimento do sector da construção civil é importante, por trazer músculo financeiro e abrir portas à internacionalização do sector (muitas são já as empresas de construção com actividades no estrangeiro). A incubadora de empresas deverá também apoiar e incentivar o espírito empreendedor da população.

Com esta política agressiva, será possível a Portugal controlar a parte de serviços da cadeia de valor, ao mesmo tempo que cria um tecido empresarial de PME's sério na área das ER, potencialmente exportável, e aumenta a massa crítica de todo o sistema. No entanto, nesta área é sobretudo o mercado que manda e cria as oportunidades. Uma aposta forte na microgeração, na disseminação de conhecimento e na promoção de ideias inovadoras, elementos já aqui referidos, são os principais motores do desenvolvimento dos serviços, e devem também por isso ser elementos-chave da estratégia global. Em reacção, boas empresas de serviços gerarão mais negócios e melhores soluções e acabarão também por puxar pela indústria. Poderá mesmo haver muitos casos em que indústria e serviços se cruzam, com empresas multidisciplinares a actuar em ambas as áreas.

iv. Indústria:

A maior fatia do valor acrescentado no sector fotovoltaico está na produção industrial de equipamentos. É parte essencial deste plano criar condições para o desenvolvimento de uma actividade industrial forte neste sector. Seria um erro estar a financiar um mercado de microgeração completo e alimentá-lo com importações.

Foram já referidas algumas pequenas iniciativas pontuais no país. No entanto, e como foi visto, se a montagem de módulos e a integração de sistemas não impõem quaisquer problemas a nível técnico, o mesmo já não se pode dizer das outras etapas da cadeia de valor, nomeadamente desde as *wafers* de silício até às células fotovoltaicas. Aqui, o know-how e a escala de produção são fundamentais, e são controlados pelas empresas mais avançadas do mundo na área. Apesar de termos uma localização periférica (o que normalmente dificulta a deslocalização para cá de empresas exportadoras), esse é um factor que pesa apenas na localização de fábricas de

montagem de módulos, tendo pouca importância nas outras etapas da cadeia de valor.

Uma das maneiras de ultrapassar as dificuldades é a aposta no conhecimento já referida. Uma outra seria o incentivo ao investimento em Portugal pelas grandes empresas. A Shell Solar já esteve presente no país e a BP Solar está sediada em Espanha e teve um projecto para Portugal, o que mostra que há potencial para isso. Por outro lado, todas essas grandes empresas estão a passar por um processo acelerado de expansão e de busca de novos mercados, à medida que o crescimento na Alemanha e no Japão começa a ser refreado.

É preciso portanto criar mecanismos que encorajem essas empresas a vir para o país. Uma maneira seria criar um concurso para uma ou duas grandes centrais fotovoltaicas, e negociar muito bem as contrapartidas industriais mais favoráveis. No entanto, a cautela é nessa estratégia essencial: veja-se os erros cometidos no caso de Moura. Uma outra medida possível seria apoiar directamente as empresas industriais desta área, atribuindo-lhes subsídios, no âmbito do Programa PRIME por exemplo. Foi esse modelo o utilizado em Espanha para o eólico, e com muito sucesso (daí nasceram as empresas donde importamos hoje grande parte das máquinas eólicas). Essa é também uma excelente maneira de favorecer a produção nacional face às importações (no espaço Shengen não há a hipótese de taxas aduaneiras). Por fim, seria muito difícil justificar a subsidiação da Central de Serpa e recusar fazer o mesmo (senão mais) para indústrias que realmente trazem valor acrescentado para o país.

Alguns elementos geo-estratégicos são importantes na busca de investimento estrangeiro nesta área. O primeiro é o desenvolvimento da indústria japonesa, líder mundial. Pode ser pensado um acordo de cooperação, que faça de Portugal a plataforma avançada da indústria japonesa na Europa. Do lado concorrente, a Alemanha é um país com um forte historial de investimentos no nosso país. A câmara de Comércio Luso-Alemã seria o veículo de comunicação ideal com as empresas industriais desse país, e projectos como de Minas de São Domingos mostram que são várias as empresas alemãs que pensam no mercado português. Por fim, o forte crescimento espanhol (diz-se mesmo que o mercado nesse país pode estar a ser sobre-estimulado) faz com que haja possibilidades de exportação mesmo aqui ao lado. Basta criar condições de investimento mais favoráveis.

Embora tenha sido visto que nenhuma opção tecnológica seja de descartar, a atenção inicial deverá estar centrada nas opções à base de silício. É nessas que o mercado está mais desenvolvido, e é nessas que temos melhores especialistas. São também as mais adequadas actualmente para sistemas de microgeração, e aquelas que continuarão a dominar o mercado durante muitos anos. Revendo as etapas da cadeia de valor industrial, foi já referido que deve ser

estudada a hipótese de reactivar as minas de silício a Norte. Na produção de silício cristalino, o elevado consumo energético do processo, a escala de produção necessária e a complexidade tecnológica do processo são entraves significativos. Mesmo assim, creio ser de equacionar a produção por novos métodos, como a produção de células em fita, pelo que iniciativas nesse sentido serão de encorajar e apoiar. O INETI e a FCUL estão aliás actualmente envolvidos na investigação de novos processos de produção, apoiados pela BP Solar. Outro mercado a ter em conta no desenho do *cluster* PV é o dos BOS: há em Portugal capacidade tecnológica e empresarial nesta área. A Efacec tem excelentes valências ao nível dos inversores, e foi até referido o caso da Selm, que produz sistemas de *Tracking*.

v. Quantificação das Medidas Propostas

Antes de tentar quantificar o que é proposto, é importante avaliar o investimento que é feito segundo os moldes que estão actualmente em uso. Os 150 MW propostos até 2010 implicariam um investimento de cerca de 500 milhões de euros, assumindo um custo de 3,3 €/W. Repartido por 4 anos (2006 a 2010, já que em 2005 praticamente nada estava feito), equivale a um investimento anual de 125 milhões de euros. A estes deveriam ser juntados os investimentos negociados em contrapartida, mas estes foram até agora escassos. Um máximo de 30 milhões de euros pode ser estimado para esses investimentos acessórios, o que vem aumentar o volume de negócios anual para 132,5 milhões de euros.

O custo anual para os consumidores é dependente do *output* energético da potência instalada. Ora, assumindo uma produção anual de 1800 MWh/MWp, a produção será de 270 GWh anuais. Remunerados com um prémio médio face à tarifa convencional de (35 – 10) 25 cts/kWh, correspondem a um sobrecusto de 67,5 milhões de euros. É portanto esta uma aproximação do valor que é neste momento pago pelo país para que estejam cá instalados 150 MW de potência fotovoltaica que têm muito pouco retorno a nível económico (não geram mercado, não viabilizam indústrias nacionais, etc.)

Na estratégia proposta, e considerando um custo médio de 4 €/W (as aplicações de microgeração são tipicamente mais caras), um mercado anual de 40 MW geraria 160 milhões de euros em negócios. Este parece ser um número mínimo para que o mercado pareça atractivo para indústrias por si só. Ao mercado nacional juntam-se obviamente as oportunidades de exportação, e o seu próprio crescimento (é de lembrar que o modelo prevê um aumento da potência licenciada cada ano). Um *output* razoável para fábricas de montagem de módulos estará na ordem dos 5 a 10 MW por ano, o que pode dar um meio de comparação. Com a instalação de um mínimo de 40MW/ano, será de esperar uma potência instalada entre os 400 MW e os 1000 MW na altura em que o mercado se tornará auto-suficiente (entre 8 a 12 anos, até 2020), o que é totalmente comportável

pela rede e não deverá ter impacto significativo nas tarifas.

O preço a pagar em tarifas aumentaria a cada ano, mas só em 2011-2012 (cerca de 4 anos depois de o plano ser posto em marcha) atingiria o valor a pagar pelos 150 MW já a partir de 2010, mesmo sem que sejam contabilizadas as poupanças relativas ao modelo de reajuste das tarifas à evolução dos preços dos sistemas. Além disso, e nos novos moldes, esse valor já não seria visto como um custo, mas sim como um investimento num novo sector da economia. Apesar disso, a hipótese de licenciar uma grande central negociada com contrapartidas estruturantes para o sector viria agravar estas contas.

A juntar a este valor, há que contabilizar o investimento do estado:

- 10 Milhões de euros em I&D (bastante pouco quando comparado com os 600 milhões de euros do orçamento global);
- Criação do centro de transferência de tecnologia e da incubadora de empresas: 50 a 100 milhões de euros iniciais, mais 10 milhões de euros por ano para financiar a actividade relativa a todas as competências que tem. Este valor pode ser co-financiado por privados, que desejem participar no projecto, e será também financiado pelas *start-ups* que se instalem na incubadora de empresas. A estudar também a candidatura a fundos comunitários;
- Apoio à criação de PME's, concursos de ideias para dinamização do mercado: 5 a 10 milhões de euros anuais, partilhados com privados. O envolvimento de empresas de capitais de risco e *business angels* pode diminuir muito este valor, e trará melhores resultados;
- Apoio à instalação de indústrias do sector no país: impossível de quantificar, a estudar entre a API, o centro de transferência de tecnologia, e a APISOLAR. O valor estará muito dependente da ambição que se puser no projecto do fotovoltaico.

O novo sector do fotovoltaico deve servir como pretexto para a criação de novas centralidades. A vertente serviços estará forçosamente centrada no litoral, com maior densidade populacional. Mas a vertente industrial, associada a centros de I&D e no futuro a grandes centrais, pode apoiar-se em novos eixos de desenvolvimento, no centro do país. É de potenciar a ligação Coimbra-Lisboa (pontos de investigação, mão-de-obra qualificada e universidades bem preparadas), e Alentejo (onde as condições ambientais são ideais para a exploração do sol). No Alentejo, os grandes projectos podem servir de âncora a fábricas, e toda a dinâmica gerada pode ser associada ao sector turístico (que está em franco desenvolvimento na região – caso do parque tecnológico de Moura). A criação de um Museu do Sol ou da Tecnologia Solar na região seria uma hipótese a estudar, bem como a criação de um departamento de energias renováveis no Instituto Politécnico de Beja. O sector projectado tem forte capacidade de geração de riqueza e de fixação de populações, o que é particularmente interessante para as zonas acima citadas. Há também

espaço, bons acessos (as novas AE), e necessidades de emprego e requalificação do tecido empresarial. A localização do centro de transferência de tecnologia, com a incubadora de empresas deverá ser estudada tendo em conta estes factores.

c. As Novas Fontes de Energia Renovável – Uma aposta maior

Os objectivos deste trabalho passavam por provar que o fotovoltaico é uma oportunidade a agarrar por Portugal, e por sugerir como o fazer. Em jeito de balanço, é preciso não esquecer que a “revolução” ao nível da geração de electricidade toma diversas formas, nas quais se contam outras FER. Ficou comprovado que, entre estas, o fotovoltaico é uma das soluções com maior potencial, e seguramente aquela em que o país tem maiores vantagens. No entanto, é preciso não esquecer as outras soluções.

A política nacional tem de olhar de uma nova forma para as FER. Na situação actual, está em cima da mesa um plano ambicioso de investimento em fontes de energia endógena. No entanto, creio estarem a ser feitos dois erros de concepção: o primeiro é a geração de electricidade ser o foco. O segundo é o plano ser feito em nome das FER como um todo.

Estas duas questões fazem com que se percam oportunidades de desenvolvimento de novos sectores da economia. Estamos a criar mercados induzidos para cada FER com custos acima das fontes convencionais, mas estamos a esquecer-nos de criar *clusters* industriais que aproveitem esses mercados. Por outro lado, o modelo actual favorece claramente o curto prazo, com a tecnologia eólica (para a qual a batalha do controlo industrial está praticamente perdida) a receber a maior parte dos investimentos.

Relembrando o caso dinamarquês (que definiu como prioridade o eólico há mais de 20 anos e é hoje uma referência mundial), é preciso definir melhor os objectivos de médio e longo prazo para cada tecnologia em separado, e perceber que a estratégia tem de ser adaptada a cada caso, segundo o estado de maturação, o potencial, e as vantagens competitivas do país:

- O eólico deve permitir-nos cumprir as metas que temos para 2010. O objectivo central é a geração de electricidade. Com uma injeção massiva de capital nos últimos anos, esperamos ter colmatado algum do atraso que tínhamos, e criar um *cluster* com alguma sustentabilidade futura;

- Nas tecnologias solares, o objectivo actual deve ser criar um *cluster* ao nível dos melhores do mundo. Queremos controlar o conhecimento, ter indústria e serviços associados, exportar, criar postos de trabalho e reverter regiões, num plano bem estruturado com um horizonte de 10 a 15 anos. Queremos ter um modelo de produção descentralizada avançado;

- No aproveitamento das ondas, o objectivo deve ser o de controlar a tecnologia e posicionar as empresas para criar um *cluster* a médio prazo. Queremos potenciar o excelente

trabalho que já está a ser feito por iniciativas privadas. Queremos manter uma posição de liderança;

- Nas outras FER, não temos vantagens significativas. A aposta deve ser secundária, sem descuidar no entanto a I&D de forma a monitorar o aparecimento de novas ideias.

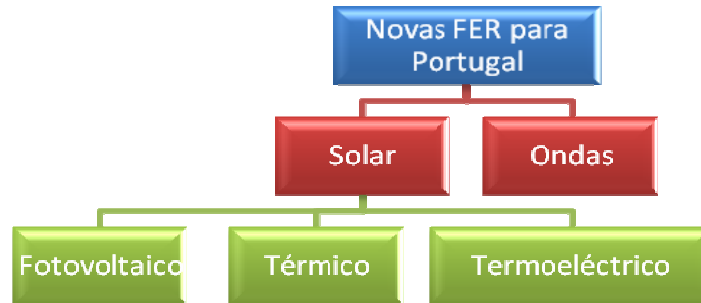


Figura 33: As Novas Fontes de Energia Renovável

Nesta óptica, tanto as tecnologias solares (com especial foco no fotovoltaico) como as tecnologias marinhas têm de ter um tratamento privilegiado, com estratégias próprias, bem definidas, e de longo prazo. Têm enorme potencial e devem constituir um desígnio nacional, uma bandeira de modernidade, evolução tecnológica e desenvolvimento sustentável.

8. Conclusões

A realização deste trabalho permitiu-me estudar em profundidade um tema que é de actualidade, e que é, julgo eu, da maior importância para o país. Através de uma exaustiva pesquisa de documentação sobre o fotovoltaico, abordando grande parte dos aspectos relevantes para a definição de uma estratégia de negócio que assente nesta tecnologia, mas também de entrevistas com vários especialistas da área da energia, do fotovoltaico e da indústria nacional (aos quais agradeço a disponibilidade), pude ao longo de seis meses aprofundar conhecimentos, melhorar métodos de pesquisa, organização e estruturação do trabalho. A realização desta tese de mestrado foi por isso bastante enriquecedora para mim.

No entanto, os objectivos não eram apenas estes: Portugal tem quanto a mim um problema crónico, que é o de não conseguir planear a longo prazo. Esse facto afecta particularmente a inovação, o desenvolvimento, a renovação do tecido económico, e a abordagem de novos mercados. Uma estratégia sem princípio, meio e fim bem estabelecidos à partida não pode ter sucesso. Creio que ficou claro neste trabalho que esse erro está de novo a ser cometido no PV, e que urge mudar de direcção.

O presente trabalho pretendeu por fim demonstrar que a aposta de Portugal na tecnologia fotovoltaica em particular é ganhadora, e deixar algumas sugestões de como agir para tirar partido desta oportunidade de desenvolvimento soberana. Estudos mais aprofundados deveriam permitir confirmar e cimentar as teses aqui apontadas, e definir um plano de acção sério, focado no futuro, com o objectivo de trazer valor acrescentado ao país, modernizando-o e levando-o para a vanguarda tecnológica mundial, numa das áreas mais importantes do mundo actual. Mas o tempo urge, e a janela de oportunidade fecha-se. Espero ter podido contribuir de algum modo para que Portugal não deixe passar mais uma ocasião de crescer e de se tornar um país melhor. Seja como for, continuarei a tentar contribuir nesse sentido.

Bibliografia

- (1) – António M. Vallêra, Miguel Centeno Brito, “Meio Século de História Fotovoltaica”, *Gazeta de Física*, 2006
- (2)- O. Hartley, J. Malmström, A. Milner, “Driving the PV Industry towards Competitiveness”, Q-Cells AG, 2006
- (3) – “Energia Fotovoltaica: manual sobre tecnologias, projecto e instalação”, Instituto Superior Técnico, 2004
- (4) – Bob van der Zwaan , Ari Rabl, “Prospects for PV: a learning curve analysis”, *Solar Energy* 74 (2003) 19–31
- (5) – Estudos diversos da empresa SolarBuzz: www.solarbuzz.com
- (6) – Jesse W. Pichel and Ming Yang, “Polysilicon Supply Constraint Limiting Industry Growth”, *Piper Jaffray*, Janeiro 2006
- (7) – Pesquisa em sites das empresas; www.wikipedia.org
- (8) – “As Energias Renováveis em Portugal e Espanha”, Research sectorial, Espírito Santo Research, 2007

Outras Referências

- *O Mercado Fotovoltaico em Portugal: situação actual e perspectivas*, Pedro Paes, EDP S.A., apresentação no Fórum da Energia, 23 Novembro 2006
- *Energia Fotovoltaica: manual sobre tecnologias, projecto e instalação*, Instituto Superior Técnico, Janeiro de 2004
- *Pessimistic vs Policy Driven market scenarios towards 2010 in Europe and Globally*, Results from 22 December 2005 Workshop, EPIA
- *Photovoltaic Energy Barometer 2005*, Systèmes Solaires 166, EurObserv'ER, April 2005
- *Photovoltaic Energy Barometer 2006*, Systèmes Solaires 172, EurObserv'ER, April 2006
- *Photovoltaic Energy Barometer 2007*, Systèmes Solaires 178, EurObserv'ER, April 2007
- *Energia Solar Fotovoltaica e os Sistemas Tarifários – Comparação entre Produção em Regime Especial e Produção com Auto-Consumo*, João Maciel, EDP S.A., Abril 2004
- Decreto-Lei n.º 33-A/2005 de 16 de Fevereiro, Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho, Diário Da República—I Série-A Nº 33—16 de Fevereiro de 2005
- *Indicadores Eco-Ambientais – NAMEA - 1995-2004*, Instituto Nacional de Estatística, 25 de Janeiro de 2007

- *Comparação Internacional Dos Preços De Energia Eléctrica A 1 De Janeiro De 2006*, Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, Dezembro 2006
- *Petróleo, Gás Natural e Carvão - estatísticas rápidas*, Direcção Geral de Geologia e Energia, Outubro de 2006
- *A Factura Energética Portuguesa 2005*, Direcção-Geral de Geologia e Energia, Ministério da Economia e da Inovação, Nº. 21 - Abril de 2006
- *Tarifário de venda de energia eléctrica a Clientes Finais Ano: 2007*, Direcção Geral de Geologia e Energia
- *Meio Século de História Fotovoltaica*, António M. Vallêra, Departamento de Física e Centro de Física da Matéria Condensada (CFMC), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Miguel Centeno Brito, Bolseiro de Pós-Doutoramento do CFMC
- *Energia e Alterações Climáticas*, Ministério da Economia e da Inovação, 2007
- *Por Que Falha a Energia Solar em Portugal?*, Artigo de Opinião de Maria João Rodrigues, SPES-IN+ IST, Dezembro de 2003
- *Energia solar eléctrica(fotovoltaica)*, António Valleria et al.FCUL –Dep. Física, CFMC, Energias do presente e do Futuro – 21 Nov 2005
- *Energias Renováveis e Produção Descentralizada - Introdução À Energia Fotovoltaica*, Rui M.G. Castro, IST, Janeiro de 2004
- *Relatório Do Estado Do Ambiente 2004*, Instituto do Ambiente, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Outubro de 2005
- *Energia Solar Fotovoltaica*, Maria João Rodrigues, SPES-IN+ IST, Março 2007
- *The Renewable Energies Unit Activities Report 2005*, Jennifer Rundle, European Commission, Joint Research Centre, 2006
- *PV Perspectives: Technologies, applications and market prospects*, Stefan Nowak, Chairman IEA PVPS, IEA International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems Programme
- *The photovoltaics industry, today and tomorrow*, Osamu Ikki, RTS Corporation, Tokyo, Novembro 2006
- *National trends and outlook in key markets Germany (BSW) and rest of Europe (EPIA)*, Dr. Winfried Hoffmann, Schott Solar GmbH, Novembro 2006
- *PV Market and PV Industry in Japan PV Market and PV Industry in Japan*, Izumi Kaizuka, RTS Corporation, November 2006
- *Status of the U.S. Segment of the PV Industry*, Susannah Pedigo, NREL - U.S. Department of Energy
- *Challenges to realise 1% electricity from Photovoltaic solar systems in the EU by 2020*, Arnulf jäger-waldau, European Commission, DG Joint Research Centre, 2006
- *Renováveis – Estatísticas Rápidas*, Direcção Geral de Geologia e Energia
- *Renewables in global energy supply, An IEA Fact Sheet*, IEA, Janeiro 2007

- *Renewables for power generation, Status & Prospects*, IEA, 2003
- *Driving the PV industry towards competitiveness*, O. Hartley, J. Malmström, A. Milner, Q-Cells AG
- *Renewable Energy Country Attractiveness Indices*, Ernest & Young, 2006, 2007
- *Energy Policies of IEA Countries – Portugal, 2004 Review*, IEA, 2004
- *Eólico offshore*, Engº João Maciel, EDP Inovação, Março 2007
- *Solar térmico*, Engº João Maciel, EDP Inovação, Março 2007
- *Solar fotovoltaico*, Engº João Maciel, EDP Inovação, Março 2007
- *Serpa Solar Power Plant*, factsheet do projecto, GE, Powerlight, Catavento
- *Energias Renováveis em Portugal e Espanha*, research sectorial , Espírito Santo Research, Maio 2007
- *Photovoltaic Industry: what next after policy driven demand?*, research sectorial, UBS Investment Research, Abril 2007
- *Solar generation: solar electricity for over one billion people and two million jobs by 2020*, Greenpeace e EPIA, Setembro 2006
- *Trends in photovoltaic applications, survey report of selected IEA countries between 1992 and 2005*, IEA, 2006
- *PV status report 2006, research, solar cell production and market implementation of photovoltaics*, Arnulf Jäger-Waldau, Joint Research Centre, EC, 2006
- *The Climate Change Performance Index, a comparison of the top 53 CO2 emitting nations*, Germanwatch 2006
- *European energy and gas – scenarios on high oil and gas prices*, Dr. L. Mantzos and Prof. P. Capros., EC, Setembro 2006
- *The simulation of building integrated photovoltaics in commercial office buildings*, David Pruitt, Alternative Energy Systems Consulting, Inc., 2001
- *Added Values of Photovoltaic Power Systems*, Dr. Muriel Watt, IEA PVPS, Março 2001
- *Small is Profitable - The Hidden Economic Benefits of Making Electrical Resources the Right Size*, Jenny Constable, Rocky Mountain Institute
- *National Position Paper and Action Plan Photovoltaics in Portugal*, Maria João Rodrigues, IN+ IST, Dezembro 2006