



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Implementação de sistemas fotovoltaicos em Portugal versus nos Estados Unidos da América

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Sistemas de Produção

Autor

Filipe Manuel Brás Tralhão

Orientador

Professor Doutor Almerindo Domingues Ferreira

Júri

Presidente Professor Doutor Pedro de Figueiredo Vieira Carvalheira
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Almerindo Domingues Ferreira
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Professor Doutor António Mendes Raimundo
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Coimbra, Setembro, 2012

We are like tenant farmers chopping down the fence around our house for fuel when we should be using Nature's inexhaustible sources of energy — sun, wind and tide. ... I'd put my money on the sun and solar energy. What a source of power! I hope we don't have to wait until oil and coal run out before we tackle that.

[Thomas Edison, em Uncommon Friends : Life with Tomas Edison, Henry Ford, Harvey Firestone, Alexis Carrel & Charles Lindbergh 1987.]

Agradecimentos

Ao professor Almerindo Domingues Ferreira expressei um sentido agradecimento pelo apoio e orientação dada ao longo desta tese. A sua exigência e motivação foram fundamentais.

Aos meus colegas de trabalho, Hélder Guimarães, Andrew Corrao e Leandro Bento um obrigado muito especial pelo apoio prestado.

À minha Mãe, ao meu Pai e ao meu Irmão não tenho palavras para agradecer o apoio que me deram mesmo estando tão longe deles. São a minha Família e a base emocional de todo este trabalho.

A todos os meus Amigos, em especial ao Engenheiro Mestre João Vaz, envio um abraço de agradecimento pelo apoio nos momentos mais difíceis.

Resumo

O recurso às chamadas energias renováveis para a produção de energia elétrica é cada vez mais uma aposta global. A dependência de combustíveis fósseis para obtenção de energia tende a ser evitada devido ao aumento da escassez desses recursos e dos seus efeitos negativos para o meio ambiente.

No panorama atual das energias renováveis, o fotovoltaico assume particular relevo. Não só em grandes potências mundiais como os Estados Unidos da América, berço desta tecnologia, mas também em Portugal.

O objetivo principal desta investigação é determinar a diferença entre a implementação de sistemas solares fotovoltaicos para a produção de energia elétrica tanto em Portugal como nos Estados Unidos da América. Serão avaliados os seus mercados de fontes de energias renováveis, em especial o fotovoltaico, as suas indústrias e o impacto que estas produzem na sustentabilidade económica do mercado, tanto para o utilizador como para o país. Serão referidos os tipos de incentivos que os governos de cada país proporcionam aos seus utilizadores e será estudado a viabilidade económica do utilizador aquando da instalação de um sistema solar fotovoltaico residencial em ambos os países.

O estudo realizado permite concluir que Portugal tem ótimas condições para recorrer à produção de energia elétrica recorrendo à energia solar fotovoltaica, mas peca por uma indústria fraca e pouco competitiva, e uma legislação em vigor com bastantes limitações agravada em 2011 por uma crise grave, com vários recuos ao nível de políticas governamentais.

Palavras-chave: Portugal, Estados Unidos da América, Energias Renováveis, Solar Fotovoltaico, Viabilidade Económica

Abstract

The use of renewable energy to produce electrical energy is increasingly a global commitment. The dependency on fossil fuels for energy production tends to be avoided due to the increasing scarcity of these resources and their negative effects on the environment.

In the current scenery of renewable energy, the photovoltaic is particularly important. Not only in major world powers like the United States of America, the birthplace of this technology, but also in Portugal.

The main objective of this research is to determine the difference between the implementation of solar photovoltaic systems for the production of electricity in Portugal and in the United States. This study evaluates their renewable energy markets, particularly the photovoltaic, their industries and the impact they produce on the economic sustainability of their market, both for the user and for the country, the types of rebates that the government of each countries provides to its users and it will be referred the economic feasibility of the user when installing a residential photovoltaic system in both countries.

This report shows that Portugal has great conditions for using photovoltaic solar systems to produce electricity but suffers from a lack of a sustainable and uncompetitive industry and a undeveloped legislation aggravated in 2011 by a severe crisis.

Keywords Portugal, United States of America, Renewable Energies, Solar Photovoltaic, Financial Feasibility.

Índice

Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas	vii
Simbologia e Siglas	viii
Simbologia.....	viii
Siglas	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Introdução à energia solar	2
1.2. Introdução à produção de energia elétrica com recurso a painéis solares fotovoltaicos	4
1.3. Componentes de um sistema solar fotovoltaico	5
1.4. Energia Solar fotovoltaica em Portugal	9
1.5. Energia solar fotovoltaica nos Estados Unidos da América	10
1.6. Objetivos	10
2. A ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PORTUGAL VERSUS NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA.....	12
2.1. Introdução	12
2.2. Produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis.....	13
2.3. Captação de energia solar com recurso a sistemas solares térmicos	16
2.4. Geração de energia elétrica com recurso a sistemas solares fotovoltaicos.....	18
2.5. Produção de componentes fotovoltaicos.....	22
2.6. Produção versus emissão de CO ₂	26
2.7. Exportação/Importação de componentes fotovoltaicos	30
2.8. Incentivos do Estado à utilização de fontes de energia renovável.....	32
2.9. Vantagens e Desvantagens.....	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.1. Energia útil aplicada	38
3.2. Viabilidade económica dos sistemas PV para os proprietários	41
3.3. Viabilidade económica da energia solar em Portugal versus nos Estados Unidos da América.....	47
4. CONCLUSÕES	50
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
6. [Anexo A].....	56
7. [Anexos B].....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Investimento mundial em energias renováveis [Milhares de milhões de dólares - \$bn] (“Bloomberg New Energy Finance – Results Book” 2012)	1
Figura 2. Exposição solar do Planeta Terra (http://bsciencecenter.wordpress.com/).....	3
Figura 3. Várias configurações de painéis solares fotovoltaicos (Estrutura rígida, estrutura flexível e filme fino) (NREL - Photographic Information Change, 2012).....	7
Figura 4. Micro-Inversor Enphase (215 W) e PowerStation™ da Advanced Energy (2000 kW) - 4 Inversores Solaron de 500 kW de potência com transformador acoplado (Acedido a 21 de Abril de 2012 em www.enphase.com e www.advanced-energy.com)	8
Figura 5. Tipos de sistemas Fotovoltaicos (Proença, 2007)	8
Figura 6. Radiação anual na Europa (Inclinação otimizada, orientada para sul) (Acedido em http://en.wikipedia.org/wiki/File:SolarGIS-Solar-map-Europe-en.png).....	9
Figura 7. Tipo de energias Renováveis nos EUA, 2001-2010 (Cochran, Jaquelin et al., 2012).....	13
Figura 8. Energia eólica produzida nos EUA, por estado. (Acedido em http://en.wikipedia.org/wiki/File:Year_End_2011U.S._Installed_Wind_Capacity.svg , 2011).....	14
Figura 9. Repartição por tecnologias de energia comercializada em Portugal, Março 2012 (EDP – Origens da eletricidade (2012))	15
Figura 10. Distribuição de Parques Eólicos em Portugal em 2010. (Go green for the world, 2012).....	15
Figura 11. Instalações de Sistemas Solares Fotovoltaicos nos EUA Q1 2010-Q1 2012 (SEIA (2012), “Solar Market Insight Report 2012 Q1”)	19
Figura 12. Número e potência de instalações fotovoltaicas nos EUA, 1998-Q1 2012 (Em http://openpv.nrel.gov/visualization/index.php , acedido a 8 Junho de 2012)	20
Figura 13. Empresas diretamente ligadas à energia solar fotovoltaica nos EUA em 2011 (SEIA – Solar Industry Data, 2012)	23
Figura 14. Fábricas e localização de fontes de matérias primas para a produção de células, módulos e inversores nos EUA, 2011 (Platzer, Michaela D., 2012).....	24
Figura 15. Evolução dos mercados de produção de Células PV (2007-2011) [%GW] (Solarbuzz Marketbuzz, 2012)	25
Figura 16. Emissões de CO ₂ fóssil – g/kWh de eletricidade utilizada pelo consumidor (Vatenfall, 2005).....	27
Figura 17. Consumo de energia em Portugal por tecnologia e suas emissões de CO ₂ (g/Kwh) (Fonte: http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx) (Maio de 2011-Abril de 2012).....	29
Figura 18. Exportações e Importações de módulos c-Si e de filme fino nos EUA (1999-2009) (Solar Technologies Market Report , 2010).....	30
Figura 19. Exportações (valores positivos) e Importações (valores negativos) mundiais de módulos PV (2007-2011) [GW] (Solarbuzz Marketbuzz, 2012)	31
Figura 20. Diferentes tipos de incentivos solares em utilização nos EUA, por estado (DSIRE – Financial Incentives for Renewable Energy, 2012).....	34

Figura 21. Energia útil anual para os 4 sistemas em estudo (dados obtidos através da simulação em PVsyst).	40
Figura 22. Amortização anual dos sistemas em estudo em Portugal, no estado da Califórnia e New Jersey, nos EUA.	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição geográfica de instalações construídas, em construção e em desenvolvimento de CSP e PV nos EUA, 2012 (SEIA, “Utility Solar Projects in the United States”, Maio 2012).	18
Tabela 2. Potência instalada em pico de instalações fotovoltaicas na União Europeia (Em http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy_in_the_European_Union , 2012)	21
Tabela 3. Instalações ao abrigo do regime de microprodução e miniprodução em 2011 – Evolução após atribuição, 2012 (Portal “Renováveis na hora”, 2012)	22
Tabela 4. Principais fábricas de produção de células e módulos PV nos EUA [MW], 2011 (Platzer, Michaela D., 2012).	24
Tabela 5. Possível redução de emissões de CO ₂ e o seu valor económico associado à instalação de sistemas PV (Junho 2011-Agosto 2011) (Potential Impact of Solar PV on Electricity Markets in Texas, 2012)	28
Tabela 6. Configuração do sistema solar PV e componentes utilizados.	39
Tabela 7. Energia registada à saída dos módulos, injetada na rede e radiação anual para os sistemas (dados obtidos através da simulação em PVsyst).	39
Tabela 8. Investimento inicial de um sistema solar PV para os países e localidades indicadas.	42
Tabela 9. Incentivos iniciais dos sistemas em estudo em Portugal, no estado da Califórnia e em New Jersey, nos EUA.	44
Tabela 10. Receitas de produção e amortização dos sistemas em estudo nas cidades de Los Angeles e New Jersey nos EUA.	45
Tabela 11. Receitas de produção e amortização dos sistemas em estudo nas cidades de Vila Real e Faro em Portugal.	46

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

CL – Custo Líquido

Earray – Energia gerada à saída dos módulos fotovoltaicos

Egrid – Energia gerada à entrada da rede elétrica

GlobHor – Radiação global anual

II – Investimento Inicial

ITC – Investment Tax Credit

IRS – Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Singulares

PR – Performance Ratio

PTC – Production Tax Credit

Siglas

AIE – Agência Internacional de Energia

AQS – Águas Quentes Sanitárias

CA – Corrente Alternada

CCEF – Connecticut Clean Energy Fund

CEEI – Centro Europeu de Empresas Inovadoras

CSI – California Solar Initiative

CSP – Concentrated Solar Power

DSIRE – Database of State Initiative for Renewables & Efficiency

EDP – Energias de Portugal

EIA – Energy Information Administration

EPA – Energy Policy Act

EPIA – European Photovoltaic Industry Association

EPIAGSGAS – EPIA Greenpeace Solar Generation Advanced Scenario

ESA – Economic Stabilization Act

EUA – Estados Unidos da América
FER – Fonte de Energias Renováveis
FIT – Feed-in Tarifs
NMP – Net Metering Policy
NREL – National Renewable Laboratory
PPA – Power Purchase Agreement
PSE&G – Public Service Electric & Gas Company
REIP - Renewable Energy Incentive Program
RPS – Renewable Portfolio Standard
SCE – Southern California Edison
SREC – Solar Renewable Energy Credits
SEIA – Solar Energy Industries Association
USA – United States of America

1. INTRODUÇÃO

A economia mundial atravessa uma crise acentuada. As economias individuais dos países estão interligadas umas às outras, de modo que, se uma crise económica atinge um país, ou centro financeiro, os outros automaticamente entram em crise também. A utilização de energias renováveis pode ajudar a economia de um país. A independência financeira que estas podem provocar contribui não só para a redução de custos dos seus utilizadores a longo prazo como para a qualidade de vida destes.

Os apoios dos países nestas energias têm vindo a aumentar (Figura 1) ao longo dos anos, os preços dos componentes tem baixado e o rendimento destes tem vindo a aumentar. A energia renovável no entanto, e na maior parte dos casos, tem um custo inicial muito elevado.

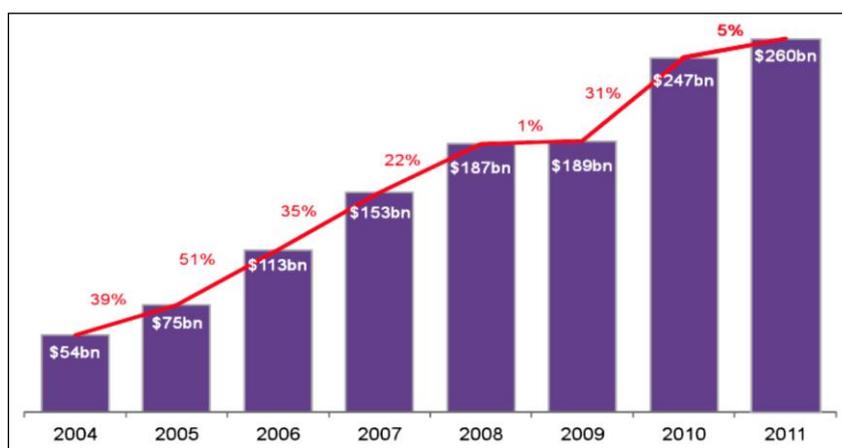


Figura 1. Investimento mundial em energias renováveis [Milhares de milhões de dólares - \$bn] (“Bloomberg New Energy Finance – Results Book” 2012)

Todo o calor da Terra, exceto o obtido no interior dos átomos e da geotermia, vem do Sol. Além de aquecer a Terra, o Sol fornece a energia utilizada pelas plantas na síntese do alimento que fornece o combustível necessário às suas funções e aos animais que se alimentam delas.

Designamos como energia solar qualquer tipo de captação de energia luminosa (e, em certo sentido, da energia térmica) proveniente do Sol, e posterior à transformação dessa energia captada em alguma forma de energia utilizável pelo Homem, seja

diretamente pelo processo térmico (de aquecimento) ou ainda como energia elétrica ou mecânica.

Uma das tecnologias renováveis mais promissoras de geração de energia elétrica é a fotovoltaica (*PV*). Representa uma solução sustentável, uma vez que o material ativo na maioria dos módulos é o silício, o segundo elemento mais abundante na superfície terrestre.

O sistema fotovoltaico é silencioso, estático e converte diretamente a energia do sol em energia elétrica. Esta fonte energética, muito usual em sítios até onde a rede elétrica convencional por qualquer motivo não é estendida (sistemas isolados ou autónomos), começa agora também a ser economicamente interessantes em aplicações ligadas à rede elétrica pública. Neste caso, a energia proveniente dos painéis solares fotovoltaicos é injetada como energia elétrica na rede, funcionando em paralelo com a rede elétrica convencional.

1.1. Introdução à energia solar

Energia Solar é, e como o próprio nome o indica, a energia radiante proveniente do Sol. Todos os dias este fornece quantidades enormes de energia ao Planeta Terra. Esta provém do interior do sol. Como qualquer outra estrela, o sol é uma esfera constituída por átomos de hidrogénio e hélio em forma de gases. O núcleo do átomo de hidrogénio funde e forma hélio e assim gera energia num processo denominado por fusão nuclear. Durante este processo, as pressões e temperaturas elevadas fazem com que os átomos do hidrogénio se desassociem e se fundam ou se agreguem. Dois átomos de hidrogénio formam um de hélio. Este tem menos massa que o átomo de hidrogénio que iniciou o processo. A diferença de massa é convertida em energia, conforme descreve a teoria da relatividade de Albert Einstein (1905). Esta é emitida em diversas formas de luz, num largo espectro de comprimento de onda: raios ultravioleta, raios X, luz visível, infravermelho, microondas e ondas de rádio.

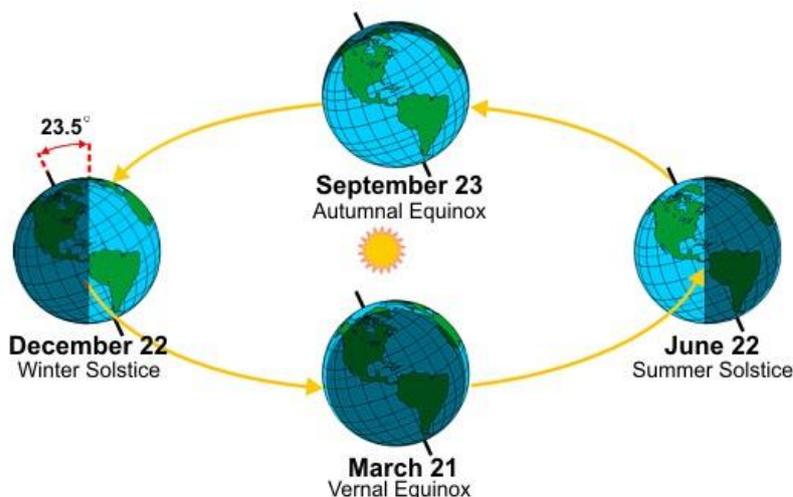


Figura 2. Exposição solar do Planeta Terra (<http://bsciencecenter.wordpress.com/>)

Só uma pequena porção da energia emitida pelo Sol para o espaço, atinge o planeta Terra, numa relação de 1:200,000,000,000 (Figura 2). No entanto esta quantidade é enorme. Num só dia os E.U.A. recebem energia suficiente do Sol para garantir o consumo elétrico do país durante um ano e meio. Porém, 15% da energia solar que atinge a Terra é refletida para o espaço, 30% é usada para evaporar água, uma grande parte é absorvida pelas plantas, pela Terra e pelos Oceanos. O restante pode (e devia) ser utilizado para suportar as nossas necessidades energéticas.

As duas principais formas de capturar a energia solar são a térmica (captura da energia solar através da construção e desenho de edifícios) e a fotovoltaica (energia solar convertida em eletricidade). A evolução da tecnologia de aproveitamento da energia proveniente do sol começou com a solar passiva muitos séculos atrás. Já no século VII os edifícios eram construídos com as janelas viradas para Sul (localizados no hemisfério norte) para melhor aproveitamento do calor proveniente do sol. Ainda hoje tiramos partido desta técnica como no caso das estufas agrícolas. Nos últimos séculos temos utilizado e apostado na evolução da solar térmica e mais recentemente, na solar fotovoltaica. Em 1760, o suíço Horace de Saussure criou uma caixa térmica que captava o calor no seu interior utilizando vidro laminado. Quase dois séculos depois, em 1891, Clarence Kemp de Baltimore, USA recebeu a patente pelo primeiro coletor solar para aquecimento de água que foi comercializado com o nome *Climax*. Este foi o primeiro sistema energético solar do mundo a ser comercializado com sucesso.

1.2. Introdução à produção de energia elétrica com recurso a painéis solares fotovoltaicos

O desafio tecnológico de aproveitar a energia que nos é fornecida pelo Sol para produzir eletricidade não é novo. A solução para esse desafio sempre foi complexa e começou a ser construída em 1839, e é ainda hoje alvo de melhorias constantes.

Edmond Becquerel verificou que placas metálicas de platina ou prata mergulhadas num eletrólito, quando expostas à luz, produziam uma pequena diferença de potencial. Decorria o ano de 1839 e o efeito fotovoltaico acabara de ser descoberto. Quase 40 anos depois, em 1877, W. G. Adams e R. E. Day, desenvolveram o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição à luz, fabricado a partir do selénio. Mais tarde, nos finais do século XIX, o alemão Werner Siemens (fundador do Império Industrial Siemens), comercializou células de selénio como fotómetros para máquinas fotográficas. Apesar da baixa eficiência de conversão (na ordem dos 0,5%), esta foi a primeira aplicação comercial da tecnologia.

Em 1905, Albert Einstein veio abrir uma nova porta a uma época de desenvolvimentos ao explicar o efeito fotoelétrico. Seguiu-se uma pesquisa constante de melhoria de eficiência na conversão da energia resultante destes avanços tecnológicos, que tornavam cada vez mais o fotovoltaico numa solução viável para várias instalações.

O satélite Vanguard I, em 1958, usou um pequeno conjunto de células (menos de um Watt de potência) para alimentar os seus rádios. Um ano depois, os vaivéns espaciais, Explorer III, Vanguard III e Sputnik III, foram lançados com sistemas fotovoltaicos. Apesar de várias tentativas falhadas para comercializar células de silício na década de 1950-1960, foi a era espacial e a alimentação dos seus veículos que mostrou a potencial do fotovoltaico. Esta prática ainda se mantém nos dias de hoje.

Mas o grande *boom* ao desenvolvimento do fotovoltaico veio aquando da crise petrolífera em 1973. O pânico criado pelos mercados financeiros levou a um forte investimento em programas de investigação para reduzir os custos de produção das células fotovoltaicas. Foi nesta fase que surgiu a aplicação de novos materiais, em particular do silício multicristalino (mais barato de produzir que os cristais únicos de silício, monocristais) e de processos de fabrico como o de produção de silício em fita, em oposição ao corte de lingotes do mesmo. O resultado destes e de outros avanços provocou uma redução do custo de eletricidade solar de \$80 /kWh para cerca de \$12 /kWh em menos de uma década.

Apesar da evolução constante até aos dias de hoje ter sido notável, o grande inconveniente das células fotovoltaicas (e de outros constituintes de um sistema *PV* como o Inversor) continua a ser o seu preço muito elevado quando comparado com outras formas de produção de energia elétrica. O número de aplicações utilizando células desta tecnologia aumenta diariamente com o custo de produção a diminuir proporcionalmente. A disponibilidade do sol aliada ao facto das células produzirem mesmo quando a meteorologia apresenta condições como chuva, neve ou nevoeiro e a modularidade dos seus sistemas (podem ser montados em qualquer escala ou tamanho) tornou esta energia renovável em um investimento seguro e rentável. Por vezes, os sistemas solares fotovoltaicos são a solução mais económica para muitas situações onde há uma necessidade pontual de eletricidade.

1.3. Componentes de um sistema solar fotovoltaico

O princípio de funcionamento de um sistema solar fotovoltaico é bastante diferente de um sistema solar térmico. Apesar da fonte da energia ser a mesma, ambos diferem na forma, no seu propósito e nos seus componentes.

O processo fotovoltaico transforma energia luminosa em eletricidade, como indicado pela origem da palavra: foto vem de “photo”, derivada da palavra grega “phos”, que significa luz; “Volt” é uma unidade de medida batizada em homenagem a Alessandro Volta (1745-1827), pioneiro nos estudos sobre eletricidade. O processo não envolve partes móveis ou fluídos, não consome combustíveis fósseis, utiliza tecnologias recentes e fidedignas e é auto sustentável, requerendo muito pouca manutenção.

Os componentes básicos e principais de um sistema solar *PV* incluem a unidade fotovoltaica que captura a energia solar (célula), o módulo (conjunto de células), o inversor que converte a corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC) e a cablagem adjacente. Outros equipamentos importantes podem fazer ou não parte do sistema como o sistema de suporte, baterias, controladores de carga, contadores de energia, entre outros.

A conversão direta da radiação solar em corrente elétrica é realizada nas células solares através do efeito fotovoltaico, que consiste na geração de uma diferença de potencial elétrico através de radiação. As principais tecnologias de fabricação de células fotoelétricas utilizadas atualmente são:

- Células de Silício Cristalino (C-Si) – Policristalino e Monicristalino

É a tecnologia mais utilizada no mercado atualmente, com uma participação de 95% no mercado de células fotoelétricas. Apresentam um rendimento de 15 a 21%. Os painéis solares feitos de células de silício cristalino conseguem obter um rendimento de 13 a 17%.

- CIGS (Copper Indium Gallium)

CIGS é o nome comercial para as células de filme fino fabricadas com $Cu(In,Ga)Se_2$. Representam 0,2% do mercado de células fotoelétricas, sendo a sua eficiência de 18,8% para pequenas áreas e de 11,8% para grandes áreas. A sua produção não se pode efetuar em larga escala visto que 75% de toda a matéria-prima disponível no planeta é empregue na fabricação de monitores de tela plana, como *LCD's* e monitores de plasma.

- Telureto de Cádmio (CdTe)

Apesar de representarem 1,1% do mercado de células fotoelétricas, as células CdTe são uma tecnologia que emprega filmes finos de telureto de cádmio, altamente tóxico, logo pouco atrativas comercialmente.

- Células de silício amorfo (a-Si)

O seu rendimento é de cerca de 7%, e a sua participação no mercado de células fotoelétricas é de cerca de 3,7%.

Sabemos ainda que as células de arseneto de Gálio são atualmente a tecnologia mais eficiente empregada em células solares, com rendimento de 28%. Porém o seu custo de fabricação é extremamente alto, tornando-se proibitivo para produção comercial, sendo usado apenas em painéis solares de satélites artificiais.

Os principais componentes da célula fotovoltaica correspondem às camadas (em sanduíche) de materiais semicondutores (cristais de silício) onde é produzida a corrente elétrica. Além dos materiais semicondutores, a célula fotovoltaica apresenta dois contactos metálicos, em lados opostos, para fechar o circuito elétrico. O conjunto encontra-se encapsulado entre um vidro e um fundo, essencialmente para evitar a sua degradação provocada pelos fatores atmosféricos (vento, chuva, poeira, vapor, entre outros).

O processo de conversão (rendimento médio na ordem dos 11%) não depende do calor, pelo contrário, o rendimento da célula solar diminui quando a sua temperatura aumenta. Deste modo, as células solares não só são apropriadas para regiões ensolaradas,

mas também parecem promissoras para áreas em que os outros tipos de sistemas de energia solar não são eficazes, como as de baixa insolação.

A sua montagem é simples e adaptável a várias necessidades energéticas, podendo ser dimensionado para potências das dezenas de Watt (uma calculadora solar tem uma célula fotovoltaica que produz até 10 W) até às centenas (o módulo mais potente no mercado produz 333 W – Sun Power E333).

No entanto, e como dito anteriormente, o fabrico dos módulos requer tecnologia muito sofisticada, sendo o custo de investimento elevado. Estes podem ser de estrutura rígida, estrutura flexível ou filme fino (Figura 3). Além disso, quando é necessário proceder ao armazenamento de energia sob a forma química (baterias), o custo do sistema fotovoltaico torna-se ainda mais elevado. Convém referir que a variação de energia produzida durante períodos de chuva e neve, além de que durante a noite não existe produção de energia, obriga a que existam meios de armazenamento da energia produzida durante o dia, em locais onde os painéis solares não estejam ligados à rede nacional de transmissão de energia.



Figura 3. Várias configurações de painéis solares fotovoltaicos (Estrutura rígida, estrutura flexível e filme fino) (NREL - Photographic Information Change, 2012).

O sistema de suporte, como o nome indica, serve de apoio para os módulos solares. Este pode ser fixo ou móvel. Nos fixos encontramos vários sistemas disponíveis no mercado, alguns permanentes (tipicamente em superfícies inclinadas) e os que através da utilização de pesos se fixam na sua posição final (superfícies planas). Os móveis, podendo ser uniaxiais ou biaxiais, movem-se segundo a orientação do sol sendo normalmente designados de seguidores (*tracker*, na designação anglo-saxónica). A orientação dos painéis solares em relação ao sol tem um papel fundamental na eficiência e no rendimento da produção de eletricidade 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. O valor de radiação solar varia consoante o período do dia, época do ano e condições climáticas, e pode ser expressa em kilowatt por hora (kWh).

O inversor, ou inversor grid-tie, é um dispositivo elétrico que converte a tensão elétrica proveniente dos painéis solares, em forma de corrente contínua (CC), em corrente alternada (CA). Em termos de preço por unidade, este é o componente mais caro do sistema, com potências a variar entre os 215 W e 2 MW (Figura 4).

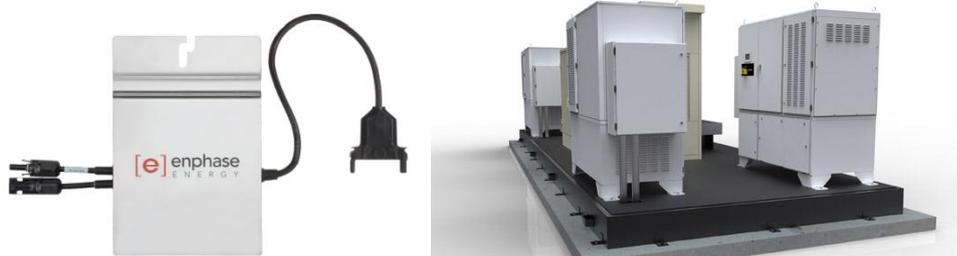


Figura 4. Micro-Inversor Enphase (215 W) e PowerStation™ da Advanced Energy (2000 kW) - 4 Inversores Solaron de 500 kW de potência com transformador acoplado (Acedido a 21 de Abril de 2012 em www.enphase.com e www.advanced-energy.com).

Outros acessórios como a cablagem, a caixa de junção, equipamento de solo, proteção contra sobrecargas, baterias de armazenamento (no caso de sistemas isolados) e sistemas de aquisição de dados, completam o sistema fotovoltaico.

A aplicação dos sistemas solar fotovoltaicos pode ser dividida em duas categorias (Figura 5): sistemas autónomos (não-domésticos e domésticos) e sistemas não autónomos (distribuídos e centralizados)..



Figura 5. Tipos de sistemas Fotovoltaicos (Proença, 2007)

1.4. Energia Solar fotovoltaica em Portugal

Portugal durante muitos anos dependeu e continua a depender de terceiros para o abastecimento nacional de energia. Desde 1995, ano em que deixámos de extrair carvão em território nacional que passámos a depender exclusivamente de recursos renováveis, como a água, o vento, o sol e a biomassa. A aposta nestas energias renováveis desde esse ano tem vindo a aumentar mas a um ritmo instável, agravado por fracos apoios financeiros e pelas crises económicas que não só afetam Portugal como toda a Europa. Portugal atualmente tem a sua economia em recessão e luta para cumprir as suas obrigações perante a União Europeia. No entanto no mercado *PV* está previsto aumentar até ao final de 2012 cerca de 30% (para 40 MW) em novas construções (33 kW em 2010) perfazendo um total de 153 MW instalados. (Solarbuzz Marketbuzz, 2012)

Portugal é, em conjunto com a Espanha, Grécia, Sul de França e a Turquia, a zona da Europa mais atraente para investir em energia solar. Os elevados valores de radiação anuais (Figura 6) rondam em média as 2500 horas solares anuais, sendo a zona do Algarve e do Alentejo as regiões que apresentam os valores mais elevados (chegam a ultrapassar as 3000 horas anuais).

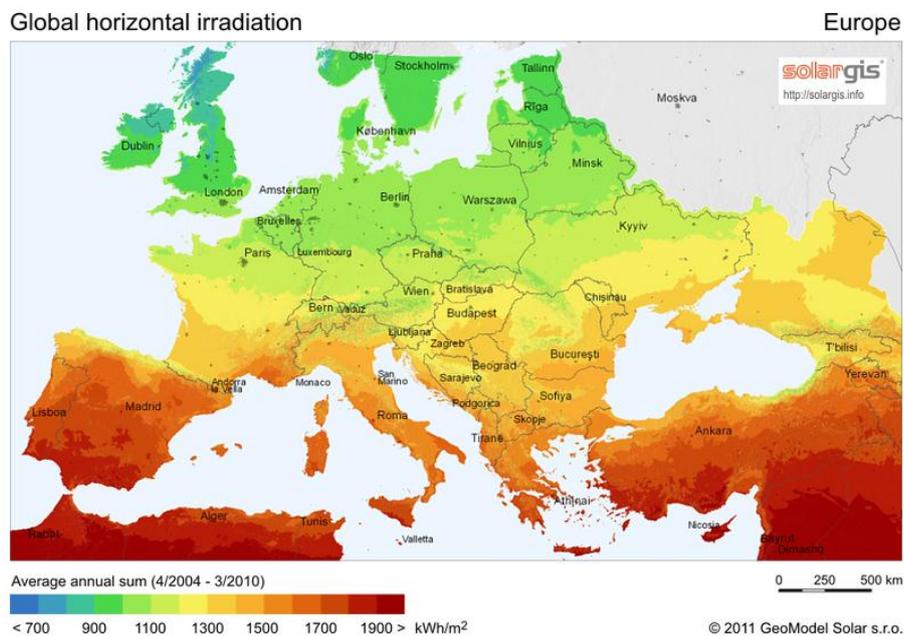


Figura 6. Radiação anual na Europa (Inclinação otimizada, orientada para sul) (Acedido em <http://en.wikipedia.org/wiki/File:SolarGIS-Solar-map-Europe-en.png>)

Atualmente na Europa, os países que mais investem neste tipo de energia são a Alemanha, seguida da Itália. Estes dois países contribuíram com 60% do crescimento

global do mercado no ano de 2011: 21.9 GW foram ligados à rede em 2011, muito superior ao valor de 2010, de apenas 16.8 GW. A energia fotovoltaica é agora, depois da hídrica e da eólica, a terceira energia renovável mais importante na produção de energia elétrica no planeta (EPIA - Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2016, 2012).

1.5. Energia solar fotovoltaica nos Estados Unidos da América

O mercado de energia fotovoltaica nos Estados Unidos da América e mesmo estando aquele país perante uma crise financeira, tende a aumentar de ano para ano, com crescimentos na ordem dos 40%/ano nos últimos 8 anos. Só em 2011 cresceu 112% quando comparado com o valor de 2010.

Dada a sua imensa área geográfica (a área de Portugal representa apenas 0,9% do território dos EUA) e os seus constantes avanços tecnológicos, os EUA sempre estiveram na vanguarda do fotovoltaico. Como referido anteriormente, várias figuras da história americana contribuíram para o estudo e aperfeiçoamento do processo fotovoltaico. A título de exemplo, em 1982 é instalado em Hisperia-Califórnia, o primeiro sistema mundial *PV* de seguidores que produzia 1 MW/AC. Portugal, só no ano 2000 é que fez um valor igual em sistemas instalados.

A produção interna de vários componentes que compõe um sistema solar fotovoltaico, com destaque para os módulos e inversores, e os constantes apoios do Estado às energias renováveis, colocam os Estados Unidos no topo da tabela no que toca à aposta na utilização de sistemas *PV* no mercado mundial (Warren, Ben e Perkins, Andrew, 2011).

1.6. Objetivos

Obstante o facto de Portugal e os Estados Unidos da América serem países muito diferentes em vários aspetos, tanto geograficamente como comparando os seus mercados financeiros e o impacto que estes têm no mercado mundial, o objetivo principal desta dissertação é realizar uma comparação sobre a implementação de sistemas fotovoltaicos naqueles dois países. Irar-se-á debruçar em dois aspetos principais:

- Utilização de energias renováveis: Tamanho do mercado; produção e incentivos.

- Utilização de energia solar fotovoltaica: Tamanho do mercado; Produção de componentes e a emissão de dióxido de Carbono adjacente; Exportação versus Importação de Componentes; Incentivos do estado à sua produção e utilização.

Para concluir os objetivos a que me proponho irei comparar a viabilidade económica da utilização de energia solar fotovoltaica entre os dois países e na ótica de ambos os seus utilizadores, como proprietários e consumidores da energia produzida pelo seus sistemas.

2. A ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PORTUGAL VERSUS NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

2.1. Introdução

Antes de passar à comparação entre dois países tão distintos como Portugal e os Estados Unidos da América no que toca à implementação de sistemas solares fotovoltaicos e alguns dos vários fatores que estão interligados a este processo, é importante referir que a dimensão do países e a suas posições no mercado mundial são fatores essenciais para este estudo.

Os Estados Unidos da América além de país, têm que ser visto como um conjunto de 50 estados. Um estado é qualquer uma das cinquenta unidades da Federação que compõem aquele país e partilham a soberania com o seu governo federal. Devido a esta soberania dividida, cada cidadão dos Estados Unidos é cidadão tanto da entidade federal quanto do seu estado de domicílio. A forma como cada estado é governado é independente um do outro. Em Portugal, existe apenas um governo e uma legislação. Tendo sido um dos principais pioneiros na energia solar fotovoltaica, é natural que a informação disponível, o seu estudo e o tamanho do mercado do *PV* nos EUA seja bastante superior ao de Portugal, levando a existir uma cultura bem mais instruída nos benefícios da energia solar.

Portugal tem vindo a demonstrar vontade de diminuir a dependência energética exterior que possui, tendo-se iniciado uma mudança do paradigma energético, especialmente na última década. E não foi só recorrendo à utilização de sistemas solares fotovoltaicos, mas também a várias outras fontes de energias renováveis, tirando partido das condições privilegiadas que o país possui. Mesmo estando Portugal atualmente perante uma crise financeira e política grave, a tentativa de transformar Portugal num país mais amigo do ambiente e independente prossegue de dia para dia.

2.2. Produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis

2012 é o ano internacional de “Energia Sustentável para todos”. Promovido pelas Nações Unidas, e com duração até 2030, tem como principais objetivos: Garantir o acesso mundial às energias modernas, duplicar a eficiência energética mundial e duplicar a percentagem de energias renováveis no mercado energético mundial. Desde 2004 até 2011, o investimento mundial em energias renováveis foi de aproximadamente 1 trilhão de dólares (Figura 1). Este valor não deverá parar de aumentar, dada a consciencialização dos efeitos que o aquecimento global está a causar ao nosso planeta e as vantagens que estas energias podem trazer na solução desse problema.

Nos Estados Unidos da América, o maior investimento em energias renováveis, até agora é feito na energia eólica, que aumentou de 6,7 milhares de milhões de kWh em 2001 para mais de 94 milhares de milhões de kWh instalados em 2010. (Figura 7). A produção de energia recorrendo a produtos de origem vegetal e animal (biomassa) que em 2001 era bastante superior à energia geotérmica e eólica, depressa foi ultrapassada pelo investimento em energia proveniente do vento (eólica), nomeadamente em 2009. É notável que mesmo agrupando toda a produção através da energia proveniente do sol, das ondas e das correntes marítimas, esta não se equipara à produção através da energia geotérmica.

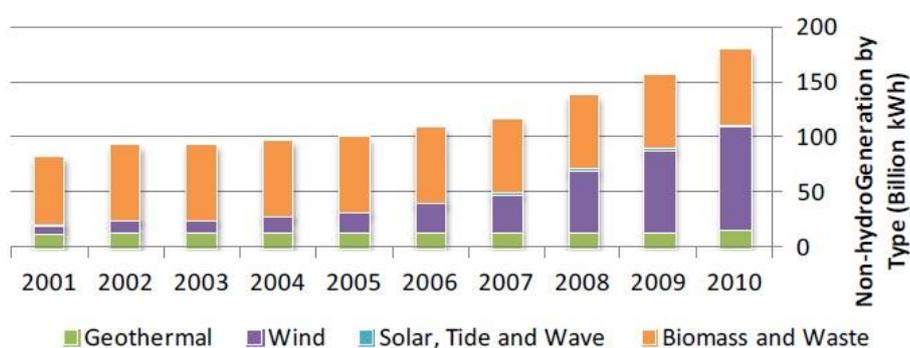


Figura 7. Tipo de energias Renováveis nos EUA, 2001-2010 (Cochran, Jaquelin et al., 2012)

A produção de energia através das energias renováveis está prevista aumentar em 110 milhões de MWh até 2020. As previsões do EIA (U.S. Energy Information Administration) são que 250 milhões de MWh de energia renovável (sem contar com a

hidroelétrica) irão ser gerados pelo sector elétrico em 2020 em comparação com os quase 140 milhões em 2010. Como explicado anteriormente estes valores, ou o nível de contribuição para o somatório, variam de estado para estado, de uma forma irregular e arbitraria. O estado do Texas era até ao final do ano passado, o maior produtor de energia eólica nos Estados Unidos da América (sem contar com a produção offshore), que contribuía com 7.8% ao total da energia deste tipo produzida no país (Figura 8).

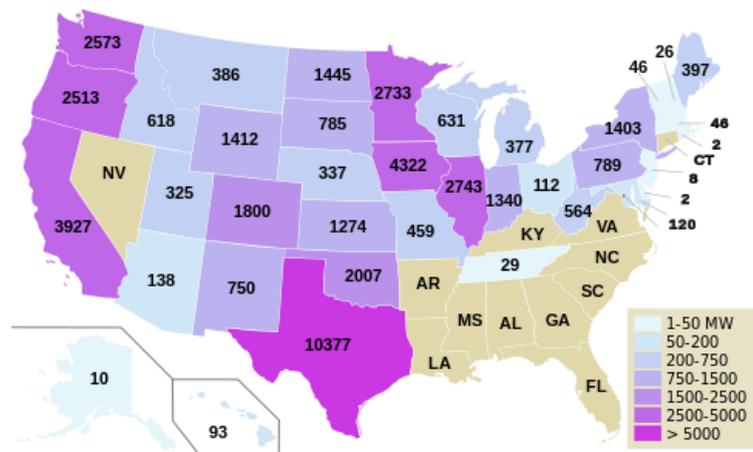


Figura 8. Energia eólica produzida nos EUA, por estado. (Acedido em http://en.wikipedia.org/wiki/File:Year_End_2011U.S._Installed_Wind_Capacity.svg, 2011)

No estado em si, esta contribuição foi 6,9% para o total de energia elétrica consumida em 2011. No entanto, o Crédito Fiscal à Produção (Production Tax Credit), incentivo à Energia Eólica ao nível nacional, irá deixar de estar em vigor no final de 2012, resultado dos impasses e indecisões do Congresso Americano, o que pode levar a uma diminuição de 90% em 2013 na criação de novas infraestruturas. O estado do Texas, como todos os outros, irá sofrer com estes cortes orçamentais, mas não de forma tão acentuada, dado que o objetivo inicial (2005) de novas instalações de 5880MW para 2015, já há muito foi atingido.

Apesar dos significativos progressos no desenvolvimento da capacidade de produção de energia proveniente de fontes renováveis – mais de 50% da energia elétrica consumida em Portugal anualmente tem origem em tecnologias renováveis, em Março de 2012, o consumo de eletricidade proveniente de energias renováveis foi apenas a fonte de 35,5% do total de eletricidade consumida devido a um inverno seco (Figura 9).

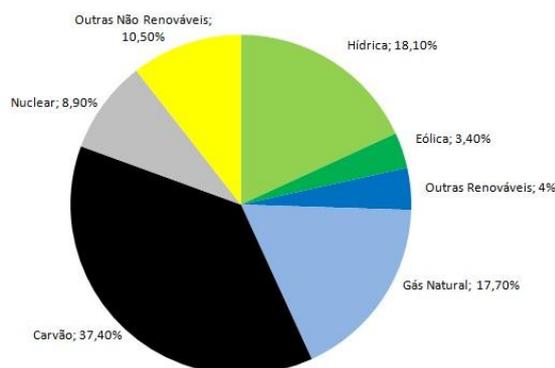


Figura 9. Repartição por tecnologias de energia comercializada em Portugal, Março 2012 (EDP – Origens da eletricidade (2012))

A energia eólica continua a ser a maior fonte de produção de energia renovável, depois da hídrica. A nossa extensa zona costeira ou os aglomerados montanhosos no interior de Portugal Continental, são ótimos locais para utilização de turbinas eólicas (Figura 10). A zona do Alentejo em contrapartida não tem condições suficientes para a sua produção mas as ilhas da Madeira e dos Açores tiram muito partido desta tecnologia.

Em 2010, produziram-se em Portugal cerca de 9 025 gigawatts de energia eólica, mais 20% que em 2009. Este valor representa 17% do consumo anual (em cada hora de consumo 10 minutos são supridos por produção eólica. A nível mundial, os 3535 MW de potência cumulativa portuguesa representam 2,2% do total, numa tabela liderada pelos EUA com 22,3% (35 159 MW). Em 2011, Portugal tinha 206 parques eólicos com 2 027 torres eólicas, o equivalente a uma potência eólica de 5% do total instalado na Europa.

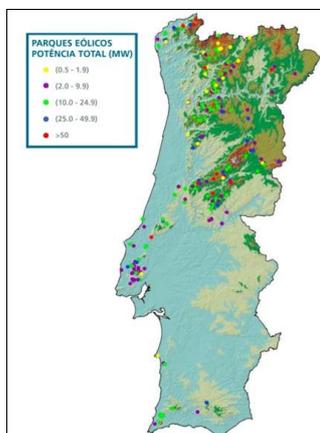


Figura 10. Distribuição de Parques Eólicos em Portugal em 2010. (Go green for the world, 2012)

Na Europa, a pressão que as medidas de austeridade têm exercido, tem acelerado a regressão no apoio às energias renováveis. Devido à dependência que temos da União Europeia, todos os futuros projetos de energias renováveis (eólica e biomassa) foram postos de parte pelo atual governo, pelo que num futuro próximo continuaremos a depender (quase na totalidade) de terceiros para importação de energia e dos combustíveis fósseis.

2.3. Captação de energia solar com recurso a sistemas solares térmicos

A produção de energia elétrica, usando a energia solar, é conseguida de duas formas: através de painéis solares fotovoltaicos ou através de concentradores solares. As energias solares térmica e passiva, como tecnologias, cresceram discretamente, enquanto toda a atenção estava voltada para a energia fotovoltaica. Estas são provavelmente das formas mais eficazes, na relação custo-benefício, de gerar energia renovável. O uso da energia solar para o aquecimento interno do edifício e da água, é algo que inúmeros lares e edifícios comerciais e governamentais já implementaram.

Um sistema solar para aquecimento de águas sanitárias (AQS) capta a energia do Sol, aquecendo água armazenada num depósito. O sistema ou coletor solar do tipo plano, corretamente dimensionado permite satisfazer entre 60% a 80% das necessidades de água quente de uma habitação. O restante é garantido por um equipamento de apoio, como uma caldeira a gás natural, para alcançar uma temperatura ainda mais elevada. A regulamentação aplicada em Portugal aos edifícios residenciais (RCCTE - Decreto- Lei 80/06 de 4 de Abril de 2006) estabeleceu que é obrigatória a instalação de no mínimo 1m² de colectores solares térmicos por ocupante nominal se houver exposição adequada. Estes sistemas podem contribuir anualmente com 25% do consumo de energia primária do sector doméstico.

Em 2008 Portugal tinha instalado 223 MW de sistemas solares térmicos, primordialmente sistemas independentes/residenciais. Em 2011 o valor era de 547 MW, um aumento de mais de 100% em 3 anos, o que representa uma média de 49W/habitante (Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy_in_the_European_Union)

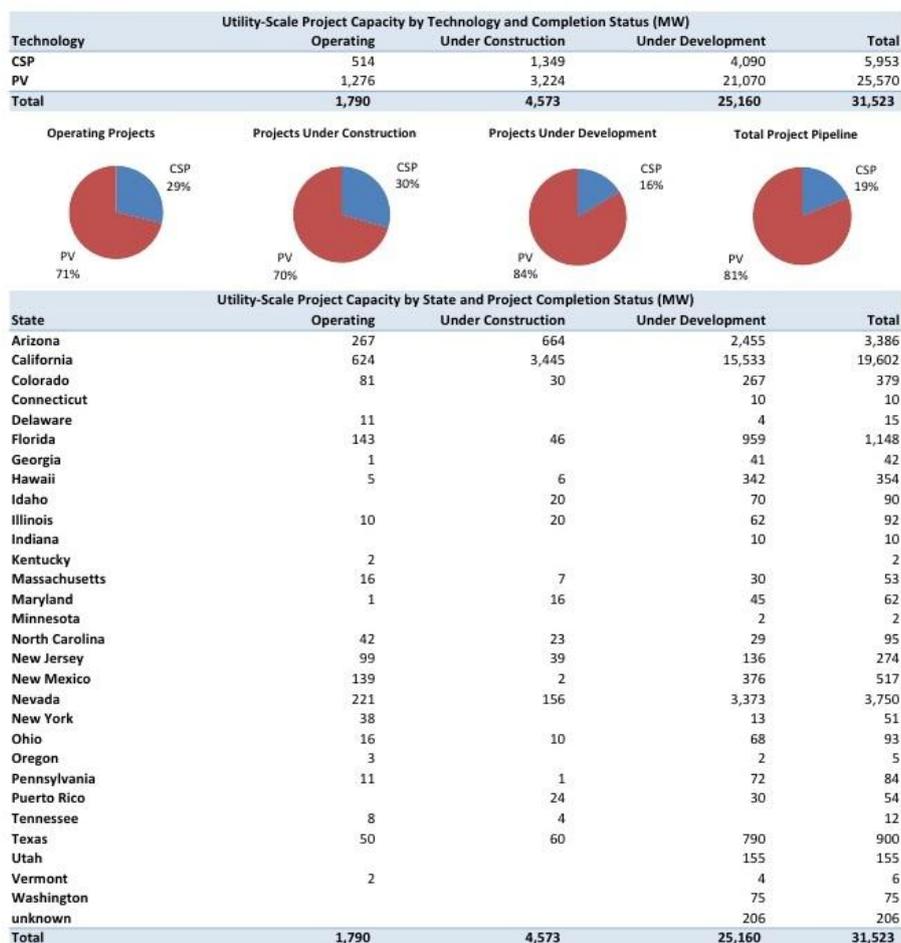
Não é só nos edifícios residenciais que estes sistemas estão instalados. Entre os grandes utilizadores comerciais ou governamentais destacam-se o edifício sede da Caixa Geral de Depósitos com 1600 m² de coletores solares, com uma potência de 167 kW. Este calor é usado para o aquecimento de água e climatização do edifício onde trabalham cerca de 5000 pessoas. Portugal possui a maior fábrica mundial de painéis solares térmicos planos, a qual fica sediada na Póvoa de Varzim, e pertence à empresa Energie. Esta fabrica anualmente 90 mil painéis, além de outros produtos, que se destinam principalmente ao mercado nacional (60%) e o restante exportado para países como a Espanha, França, Reino Unido e Estados Unidos da América.

Todos os sistemas referidos até agora são do tipo coletor plano, de dimensões por unidade de aproximadamente 2 m². Existem outros tipos que permitem a produção de energia elétrica através do vapor utilizando sistemas de alta temperatura que recorrem à concentração por radiação da luz solar: centrais de torre e centrais utilizando concentradores cilíndricos ou parabólicos. O processo é idêntico para todos, os painéis solares ou os espelhos concentrarão a energia solar numa só área, aquecendo um fluido (que pode ser água, óleo, ou até sal dissolvido numa solução) e o transforma em vapor. Este vapor acionará as turbinas produtoras de energia elétrica.

Em Tavira está instalada a única central de concentração solar térmica de Portugal, numa área de 25 hectares e que produz 6,5 MW de energia elétrica.

Nos Estados Unidos da América, estas centrais solares não fotovoltaicas - CSP (Concentrated Solar Power) para produção de eletricidade estão espalhadas por todo o país, com maior incidência no Sudoeste, em estados como a Califórnia, Nevada, New México ou Arizona onde a radiação solar anual é mais forte e conseqüentemente as suas instalações mais eficientes. Em Julho de 2012, os EUA tinham instalado no seu território 38000GW de CSP, o que equivale a 55.7% do número de instalações mundiais. Estão também em fase de construção 1349 MW e 4090 MW em fase de desenvolvimento, previsões de sistemas para o ano de 2012 (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição geográfica de instalações construídas, em construção e em desenvolvimento de CSP e PV nos EUA, 2012 (SEIA, “Utility Solar Projects in the United States”, Maio 2012).



É no estado da Califórnia que está instalada a maior e mais antiga central solar de produção de eletricidade do mundo. A central cilindro parabólica SEGS (Solar Energy Generating Systems) construída entre 1984 e 1991 consiste em 9 sub-centrais térmicas que produzem um total de 354 MWp. No estado de New México, mais propriamente na cidade de Albuquerque, foi construído em 1956, o primeiro edifício inteligente do mundo que utilizava a exposição solar para aquecimento do edifício e das suas águas sanitárias.

2.4. Geração de energia elétrica com recurso a sistemas solares fotovoltaicos.

Na tabela 1 é possível verificar que no início de 2012 a percentagem de instalações de produção de energia elétrica recorrendo às tecnologias PV é bastante

superior à produzida com os sistemas CSP e mesmo as previsões para o resto do ano indicam que esta tendência se irá manter. Em 2011 foram instalados aproximadamente 1870MW de sistemas fotovoltaicos nos EUA (Solarbuzz Marketbuzz, 2012). Só no 1º Quadrimestre de 2012 foram instalados 506MW, 85% superior quando comparando com o mesmo período de tempo em 2011 e perfazendo 27% do total de 2011 (Figura 11). Este último poderá ser desvalorizado para níveis globais pelos valores anormais do último quadrimestre de 2011. Esse ficou marcado pela descida dos preços dos módulos fotovoltaicos muito devido ao fim do incentivo federal *U.S. Treasury Department 1603 program* que apoiava os projetos PV que fizessem parte do programa com a condição de estarem concluídos até final de 2011, pelo que a sua comparação é limitada.

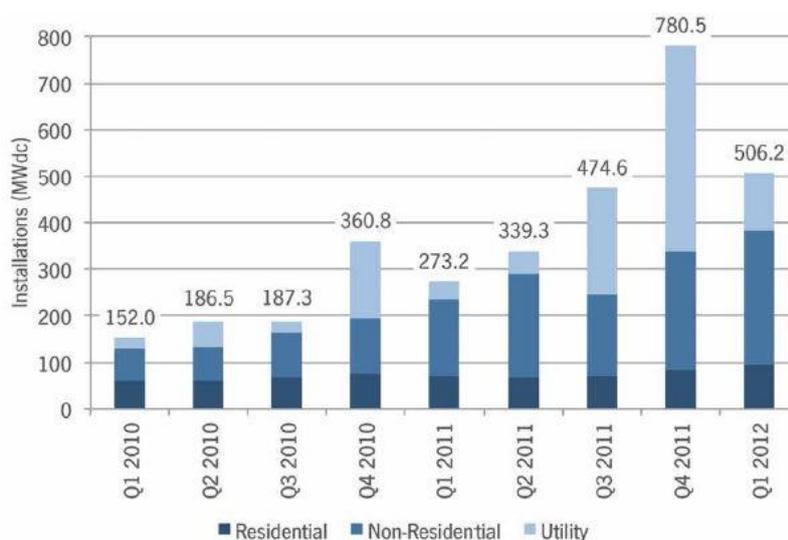


Figura 11. Instalações de Sistemas Solares Fotovoltaicos nos EUA Q1 2010-Q1 2012 (SEIA (2012), “Solar Market Insight Report 2012 Q1”)

O mercado solar americano está em constante crescimento. No final de 2011 estavam ligados à rede 5053 MW de sistemas solares fotovoltaicos, tendo esse ano contribuído com mais 163,029 novos sistemas. (<http://openpv.nrel.gov/visualization/index.php>, acessado a 8 Junho de 2012). Se fizermos uma comparação com as décadas de 1992-2002 e 2002 a 2011, se de 1992 para 2002 houve um crescimento de aproximadamente 500% no número de instalações (43,5 MW para 212.2 MW), de 2002 para 2011 este aumento foi de quase 1200% (Figura 12), de 212.2 MW para 2534,606 MW.

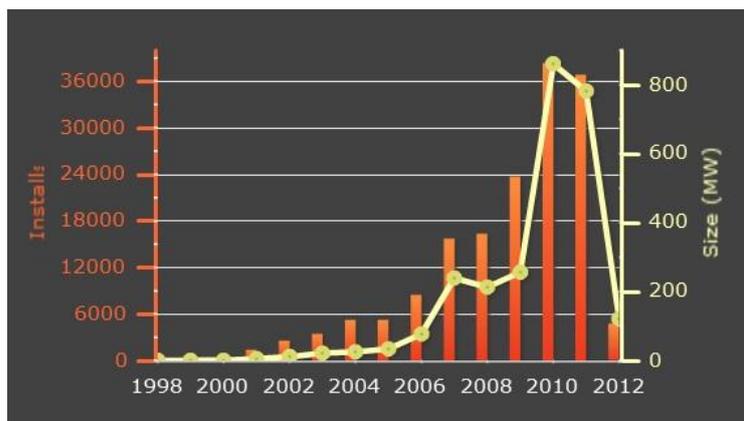


Figura 12. Número e potência de instalações fotovoltaicas nos EUA, 1998-Q1 2012 (Em <http://openpv.nrel.gov/visualization/index.php>, acessado a 8 Junho de 2012)

Este crescimento não é uniforme em todo o país nem o seu contributo para o valor total do mercado no que toca a número de instalações ou à potência gerada. Estados como a Califórnia, Arizona e New Jersey contêm o maior número de instalações fotovoltaicas. A Califórnia sempre foi o estado que mais contribui com novas instalações anuais desde 2001 até 2011 (<https://openpv.nrel.gov/time-mapper>). Estes valores não se devem unicamente à sua boa exposição solar anual mas também aos incentivos do seu próprio governo estadual e tendências de mercado. Prova disso é o número de instalações no 1º quadrimestre de 2012 em New Jersey de 174 MW, na costa este, que o fez saltar de 2º para o 1º lugar, com troca direta com a Califórnia, com apenas 148 MW. (SEIA – Solar Market Insight Report, 2012 Q1). New Jersey tem condições meteorológicas pouco convidativas à instalação de PV quando comparado com um estado como o da Califórnia, dado os seus invernos mais rigorosos com fortes tempestades de neve, temperaturas negativas e muita chuva que levam à criação de gelo sobre os painéis e consequente perda de rendimento. A radiação anual média neste estado varia entre 2.0 e 4.0 kWh/m² por dia, valor baixo quando comparado com os estados da Califórnia e de Arizona, com um intervalo que vai de 4.5 a 9.0 kWh/m² diários.

Na Tabela 2 é possível verificar que Portugal mesmo apesar da sua radiação solar elevada é apenas o 11º país na Europa no que toca à ligação máxima média de painéis fotovoltaicos. O país tem à sua disposição entre 2 500 a 3000 horas de sol por ano, e uma média de 4–6 horas no Inverno e 10–12 horas no Verão, com valores superiores no sudeste e inferiores no noroeste do país. A energia solar fotovoltaica foi a que mais cresceu na Europa em 2010 e a mais instalada em 2011. Nesse ano os EUA foram líderes mundiais no

número de instalações solares fotovoltaicas (22GW), ocupando 75% do valor mundial perfazendo um total de 51.72GW instalados. Mesmo tendo em conta a elevada exposição solar que Portugal possui, o crescimento do mercado é muito lento e apenas 131MW estavam instalados no final de 2010 (Tabela 3), apenas mais 21% que o valor de 2009.

Tabela 2. Potência instalada em pico de instalações fotovoltaicas na União Europeia (Em http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy_in_the_European_Union, 2012)

PV in Europe (MW _{peak})							
#	Country	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Germany	1,910	3,063	3,846	6,019	9,959	17,370
2	Italy	46	58	120	458	1,157	3,478
3	Spain	58	118	733	3,421	3,438	3,808
4	France	26	33	47	104	335	1,054
5	Czech Republic	0	1	4	55	483	1,953
6	Belgium	2	4	22	71	574	787
7	United Kingdom	11	14	19	23	30	75
8	Greece	5	7	9	19	55	205
9	Slovakia	0	0	0	0.07	0.2	144
10	Austria	24	29	27	32	53	103
11	Portugal	3	4	18	68	102	131
12	Bulgaria			0.8	1	6	17
13	Netherlands	51	51	53	57	68	97
14	Slovenia	0.2	0.4	1	2	9	36
15	Luxembourg	24	24	24	25	26	27
16	Sweden	4	5	6	8	9	10
17	Denmark	3	3	3	3	5	7
18	Malta	0.1	0.1	0.1	0.2	2	2
19	Finland	4	4	5	6	8	10
20	Cyprus	0.5	1	1	2	3	6
21	Hungary	0.2	0.2	0.4	0.5	0.7	2
22	Romania		0.2	0.3	0.5	0.6	2
23	Poland	0.3	0.4	0.6	1	1	2
24	Latvia	0	0	0	0.004	0.008	0.008
25	Ireland	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6
26	Estonia	0	0	0	0.01	0.05	0.08
27	Lithuania	0	0	0	0.06	0.07	0.1
EU27 (GW_p)		2.17	3.42	4.94	10.38	15.86	29.33

Portugal em 2011 ocupava a 11ª posição do ranking Europeu (164 MW). No final do ano tinham sido instalados novos sistemas com uma potência total atribuída de 33 MW em novos sistemas. Este número inclui 26.6 MW de potência total atribuída a unidades de microprodução e 1.7 MW a unidades de mini-produção, respectivamente (Tabela 3). A microprodução e a mini-produção são atividades de produção descentralizada de eletricidade por instalações de pequena potência (no máximo 250 kW), que permitem vender o excedente à rede elétrica sendo reguladas pelo Decreto-Lei n.º

363/2007, de 2 de Novembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 118-A/2010, de 25 de Outubro, e pelo Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de Março (Portal “ Renováveis na hora”, 2012). Este último regula as atividades de miniprodução.

Tabela 3. Instalações ao abrigo do regime de microprodução e miniprodução em 2011 – Evolução após atribuição, 2012 (Portal “Renováveis na hora”, 2012)

MICROPRODUÇÃO					MINIPRODUÇÃO				
2011	Potência atribuída		Ligados		2011	Potência atribuída		Ligados	
	Qtd	Potência (kW)	Qtd	Potência (kW)		Qtd	Pot (kW)	Qtd	Pot (kW)
Jan	1026	3699,55	901	3226,59	Jun	54	1051,40	33	654,80
Fev	1035	3701,10	897	3204,68	Jul	28	500,06	16	296,41
Mar	733	2623,86	672	2390,33	Set	49	825,30	16	295,35
Abr	539	1930,44	500	1793,48	Out	25	433,12	8	125,55
Mai	609	2162,68	586	2079,88	Nov	79	1385,51	23	375,00
Jun	560	1993,69	530	1886,78	Total	235	4195,39	96	1747,11
Jul	830	2955,76	788	2798,47					
Ago	1047	3734,06	961	3424,08					
Set	1895	6815,14	1640	5859,26					
Total	8274	29616,28	7475	26663,55					

Apesar das variações no mercado em 2011 apenas terem dependido de sistemas residenciais de pequena potência, Portugal possui centrais fotovoltaicas de grandes dimensões ligadas à rede elétrica nacional (Lista e especificações no Anexo B1).

O mercado abastecedor da Região de Lisboa é detentor da maior central fotovoltaica do mundo em zona urbana. Instalado em 2009, tirando partido de uma área desocupada, o mercado é abastecido na totalidade por este sistema através de 28000 painéis solares, perfazendo 6MW de potência instalada, o que corresponde ao consumo médio de três mil habitações.

2.5. Produção de componentes fotovoltaicos

A indústria mundial de produção de componentes fotovoltaicos e o seu estado depende principalmente de um dos componentes. A célula fotovoltaica é a base dos sistemas fotovoltaicos, com os seus preços a ditarem as regras.

Os Estados Unidos da América, como um dos pioneiros na produção e desenvolvimento da tecnologia *PV*. Atualmente dispõem de um mercado bastante evoluído e estável. A sua área geográfica (é o 3º maior país do mundo) é composta por várias sub-comunidades, neste caso, por 50 diferentes estados. Assim, cada um deles tende a ser auto-sustentável o que leva ao aumento do nível de oferta/procura, da concorrência interna e consequentemente da estabilidade de cada mercado. À medida que estes crescem, também os seus impactos na economia evoluem. Em Agosto de 2011, os EUA possuíam 100000 trabalhadores na área da energia solar fotovoltaica, em aproximadamente 5600 empresas dispersas por 6500 diferentes localizações (SEIA – Solar Industry Data, 2012).

A maior parte das empresas representadas na Figura 13 são de distribuição de componentes e/ou instalação. Apenas 100 são de produção de componentes fotovoltaicos (como células, módulos e inversores). Na produção de células e módulos, a maior cota parte do mercado foi de 1.219 GW em 2011, valor inferior ao de 2010, com 1.273 GW.



Figura 13. Empresas diretamente ligadas à energia solar fotovoltaica nos EUA em 2011 (SEIA – Solar Industry Data, 2012)

É possível notar que existe uma grande descentralização na localização geográfica destas unidades, devendo-se em grande parte à proximidade das matérias-primas (Figura 14), condições meteorológicas que afetam a aposta nesses novos mercados e os incentivos estaduais.

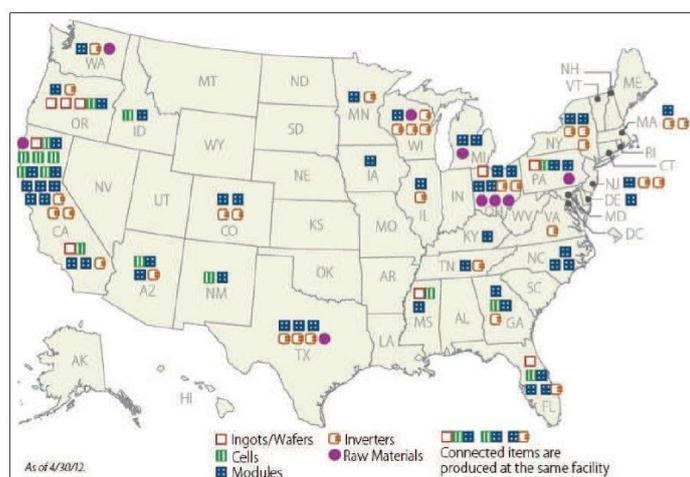


Figura 14. Fábricas e localização de fontes de matérias primas para a produção de células, módulos e inversores nos EUA, 2011 (Platzer, Michaela D., 2012)

A maior fábrica de produção de células fotovoltaicas localizada nos EUA em 2010, a Solar World (com 22.9% do total de células produzidas nesse ano – 251MW), no estado de Oregon, tem uma capacidade de produção máxima de 500MW/ano de células fotovoltaicas. Relativamente à produção de módulos solares *PV*, a First Solar acaba por ser a principal produtora à frente da Solar World, com apenas mais 3MW produzidos (Tabela 4). Curiosamente, os dez maiores fabricantes de células fotovoltaicas nos Estados Unidos nesse ano são empresas americanas, com exceção à Solar World, que é uma empresa com sede na cidade de Bonn, na Alemanha.

Tabela 4. Principais fábricas de produção de células e módulos PV nos EUA [MW], 2011 (Platzer, Michaela D., 2012)

Company	Location of Headquarters	Technology	Cells	Modules	% of U.S. Cell Production
SolarWorld	Germany	Mono/Multi c-Si	251	219	22.9%
First Solar	United States	CdTe	222	222	20.2%
Suniva	United States	Mono c-Si	170	15	15.5%
Evergreen Solar	United States	Mono/Multi c-Si	158	158	14.4%
United Solar	United States	a-Si	120	120	10.9%
Solyndra	United States	CIGS	67	67	6.1%
Solar Power Industries	United States	Mono/Multi c-Si	35	31	3.2%
Abound Solar	United States	CdTe	31	31	2.8%
Miasole	United States	CIGS	20	20	1.8%
Global Solar	United States	CIGS	17	0	1.5%
All Others			7	382	0.6%
Total			1,098	1,265	100.0%

A dimensão da oferta do mesmo tipo de produtos (neste caso de células/módulos) no mercado leva a que a maior parte das empresas de produção tenham um tempo de vida muito reduzido. No mínimo 8 destas empresas fecharam as suas portas em 2011 como a Sanyo e a BP Solar. De salientar que cinco destas estavam em pleno funcionamento em 2006, apenas cinco anos antes.

A análise da SEIA a estes acontecimentos tenta transmitir tranquilidade ao seu mercado, afirmando que existe uma saudável distribuição em toda a cadeia de valores e tecnologia no que toca a criação de novas unidades de fabricação de componentes (SEIA – Solar Market Insight Report 2012 Q1). E na realidade nesse ano, mais 9 empresas de produção de módulos, wafers, tratamento de matérias-primas e inversores entraram em fase de construção, com inaugurações previstas entre os anos de 2012 e 2016.

No entanto, e como referenciado anteriormente, a quebra nos níveis de produção de 2010 para 2011 devem-se em muito aos preços dos módulos fabricados na China. Líderes na produção de módulos PV, não só fizeram com que o mercado americano não evoluísse como fizeram o mesmo com a Europa. Isto vem acontecendo desde 2007. (Figura 15)

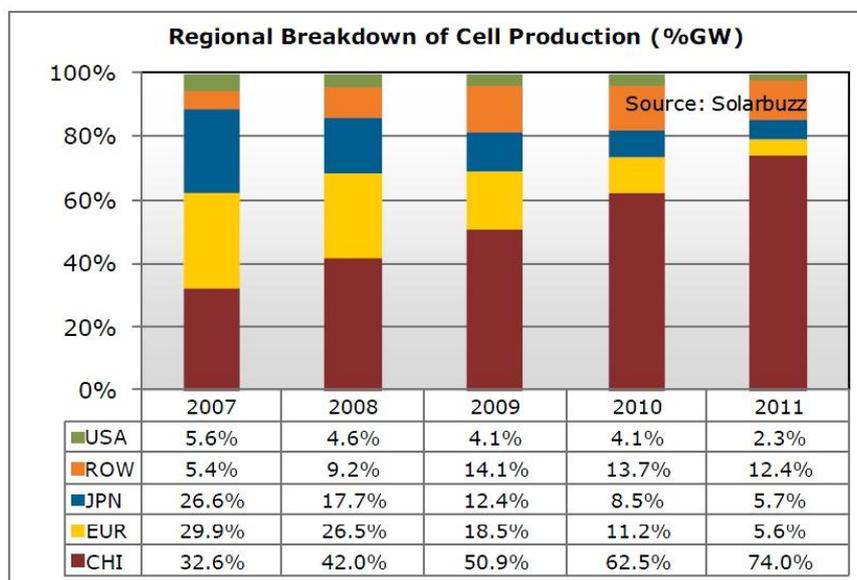


Figura 15. Evolução dos mercados de produção de Células PV (2007-2011) [%GW] (Solarbuzz Marketbuzz, 2012)

Portugal contribuí com muito pouco para o valor da produção de células e módulos fotovoltaicos europeu. Atualmente não existe em Portugal nenhuma fábrica que produza células fotovoltaicas. No entanto, das cerca de 129 empresas ligadas à energia

solar PV, (“Portal das Energias Renováveis”, 2012) apenas 7 companhias fabricam módulos fotovoltaicos (c-Si e a-Si) e dois tipos de módulos térmicos. Em anexo, mais especificamente no anexo B2, listam-se as principais companhias ligadas à sua produção:

Existem novos projetos em curso como é o caso do WinDSC (Desenvolvimento de sistemas inovadores para integração fotovoltaica em edifícios) desenvolvido por uma equipa da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto que utiliza células PV instaladas em vidros duplos. A instalação de uma unidade fabril de produção anual de 1 MW está prevista para breve, apenas aguardando financiamento. O projeto de uma mega fábrica de painéis em Abrantes pela empresa RPP Solar do empresário Alexandre Neves, cujo contrato de investimento tinha sido assinado em Junho de 2010, que previa a criação de 1800 postos de trabalho foi recentemente cancelada por não ter chegado à fase de construção no prazo estabelecido.

2.6. Produção versus emissão de CO₂

As emissões de dióxido de carbono (CO₂) ligadas ao consumo de energia em 2010 foram as mais elevadas de sempre. O carvão foi responsável por 44% das emissões, o petróleo por 36% e o gás natural por 20%. Depois de uma diminuição durante o ano de 2009, causada pela crise financeira global, as emissões terão aumentado para um recorde de 30,6 mil milhões de toneladas de CO₂ em 2010, uma subida de 5 % em relação a 2008 (Fonte: AIE – Agência Internacional de Energia).

A produção de energia elétrica através do processo fotovoltaico não emite CO₂, pelo menos na teoria. No entanto, a fabricação dos seus componentes, o transporte destes, a sua instalação, manutenção, as perdas de energia na linha elétrica, desmantelamento do sistema entre outros, são todos processos ou atividades que direta ou indiretamente levam à produção de dióxido de carbono. Benjamin K. Sovacool (2008) conclui que as emissões provenientes da geração de energia PV (silício policristalino) são apenas metade das produzidas por energia nuclear (32 contra 66 gCO₂/kWh). Outros estudos empregam diferentes métodos de cálculo e conseqüentemente não são tão otimistas, como é o caso da companhia de energia sueca Vattenfall (2005) . No seu estudo afirma que a energia nuclear, na ótica do utilizador, emite aproximadamente nove vezes menos dióxido de carbono que um sistema solar devido ao processo de construção e desativação (Figura 16).

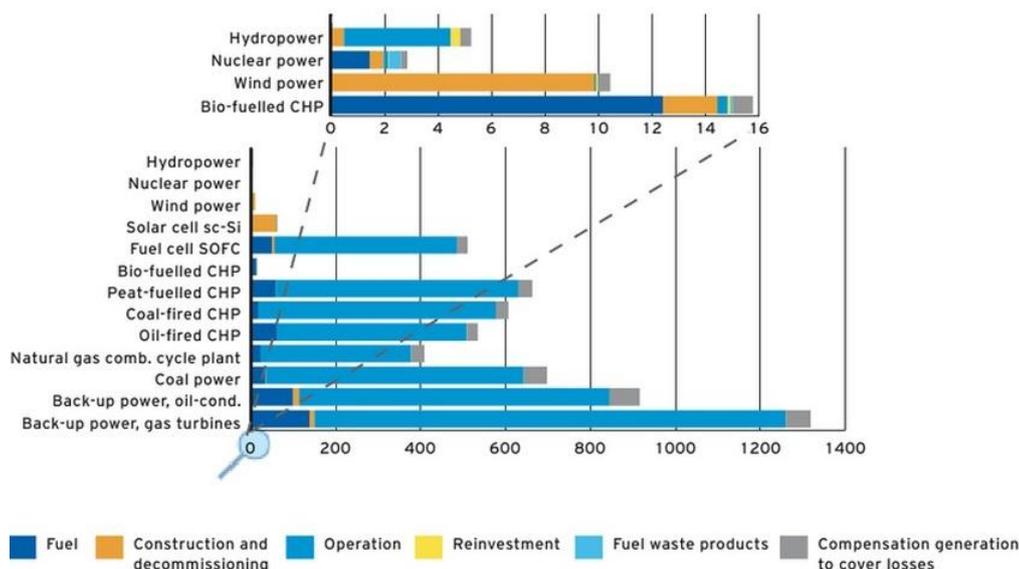


Figura 16. Emissões de CO₂ fóssil – g/kWh de eletricidade utilizada pelo consumidor (Vatenfall, 2005)

Os dados de 2011 no entanto apresentam valores diferentes, mais otimistas no que toca ao fotovoltaico . A European Photovoltaic Industry Association (EPIA) declarou que o PV apenas produzirá 21,65 gramas de CO₂/kWh na sua fase de produção, dependendo do tipo de tecnologia (<http://www.epia.org/solar-pv/environmental-impact.html>). A fase de desmantelamento e instalação são ignoradas pela sua contribuição ser muito baixa. No que toca aos sistemas solares térmicos o valor médio europeu de produção é de 900 gCO₂/KWh. Os benefícios que o PV permite ter nas emissões de dióxido de carbono na rede de energia de um país dependem do tipo de energia que este vai substituir. Em sistemas isolados e quando comparado com um gerador diesel, é possível poupar 1 kg de CO₂ de eletricidade gerada por kWh. Até 2030 e de acordo com a EPIA-Greenpeace Solar Generation Advanced Scenario (EPIA-GSGAS), os sistema PV irão permitir reduzir as emissões de CO₂ em 1,6 mil milhões de toneladas. Este valor é semelhante ao desmantelamento de 450 centrais elétricas a carvão (aproximadamente 750 MW).

A Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC) nomeou a Trina Solar, fabricante chinês de módulos, como a empresa mais limpa no mercado de painéis PV durante a conferência Solar Scorecard (2012) com um resultado de 94 numa escala de 0 a 100. Os critérios de avaliação são entre outros, a poluição que as suas fábricas produzem. Apenas 4 dos maiores fabricantes mundiais de módulos (dos quais quatro tem fábricas e sedes nos

EUA) apresentaram os seus valores de emissão de CO₂, os outros limitaram-se a não responder e isto acaba por ser uma prática comum. A maior parte das empresas ligadas à produção de componentes fotovoltaicos omite os valores de emissão de dióxido de carbono das suas fábricas. Por norma, quando uma nova fonte de produção PV é apresentada ao público e ao consumidor, são referidos os seus valores de potência e apenas as emissões de dióxido de carbono que irá prevenir. Seria, no mínimo irónico, se estas empresas contribuíssem mais para o efeito estufa e para a degradação da camada de ozono do que ajudarem a preveni-los.

2011 foi um ano positivo para os EUA com os números de emissões a atingirem os níveis mais baixos em 20 anos com aproximadamente 5,2 mil milhões de toneladas. Isto deveu-se muito em parte ao facto de muitas companhias eléctricas terem fechado as suas fábricas de produção de electricidade através da queima de carvão para passarem a utilizar gás natural. No entanto, os EUA continuam a ser o 2º maior produtor de CO₂ do mundo, logo a seguir à China.

Tomemos o caso do estado do Texas nos EUA, o maior produtor de dióxido de carbono em 2011 no território americano com 242,864 milhões de toneladas emitidas na produção de energia eléctrica (Potential Impact of Solar PV on Electricity Markets in Texas, 2012). A SEIA através do seu estudo em 2012 que demonstra como a implementação de sistemas solares no território do estado do Texas poderia permitir a redução de emissões (Tabela 5).

Tabela 5. Possível redução de emissões de CO₂ e o seu valor económico associado à instalação de sistemas PV (Junho 2011-Agosto 2011) (Potential Impact of Solar PV on Electricity Markets in Texas, 2012)

	Avoided Power-Sector CO ₂ Emissions		Economic Value @ \$15/ton of CO ₂ Price		Economic Value @ \$30/ton of CO ₂ Price	
	(thousand tons)	(tons/MWh of solar)	(million dollars)	(\$/MWh of solar)	(million dollars)	(\$/MWh of solar)
ERCOT Region						
1000 MW	323	<i>0.64</i>	\$4.9	<i>\$10</i>	\$9.7	<i>\$19</i>
2500 MW	811	<i>0.64</i>	\$12.2	<i>\$10</i>	\$24.3	<i>\$19</i>
5000 MW	1,612	<i>0.64</i>	\$24.2	<i>\$10</i>	\$48.4	<i>\$19</i>

A totalidade de sistemas solares com uma potência associada de 5000MW em funcionamento durante o período de Julho até Agosto de 2011 teria permitido reduzir aproximadamente 0,64 toneladas por cada MWh de energia solar PV gerada. O ganho económico das emissões é calculado quando comparado com os custos associados à produção de energia de combustíveis fósseis, através de licenças de emissão de CO₂.

Portugal foi, entre os Estados-membros da União Europeia, o país que mais reduziu o CO₂ produzido pela indústria, tendo em 2010 gerado menos 14,5% de emissões do que no ano anterior (28,2 milhões de toneladas de 2009 para menos de 24,2 milhões de toneladas em 2010). A eletricidade de origem renovável em 2011 assegurou 46,8% do total do consumo elétrico em Portugal. Isto permitiu evitar a emissão de 8 milhões de toneladas de dióxido de carbono, poupar 104 milhões de euros em licenças de emissão de dióxido de carbono e 825 milhões de euros na produção de eletricidade renovável por produtores independentes. (<http://www.apren.pt/gca/?id=311>).

Entre Maio de 2011 e Abril de 2012, de entre as FER, em Portugal a maior parcela de produção de energia elétrica coube às centrais eólicas, a que mais contribuiu para a redução dos níveis de emissões de CO₂, sem contabilizar a energia importada (Figura 17).

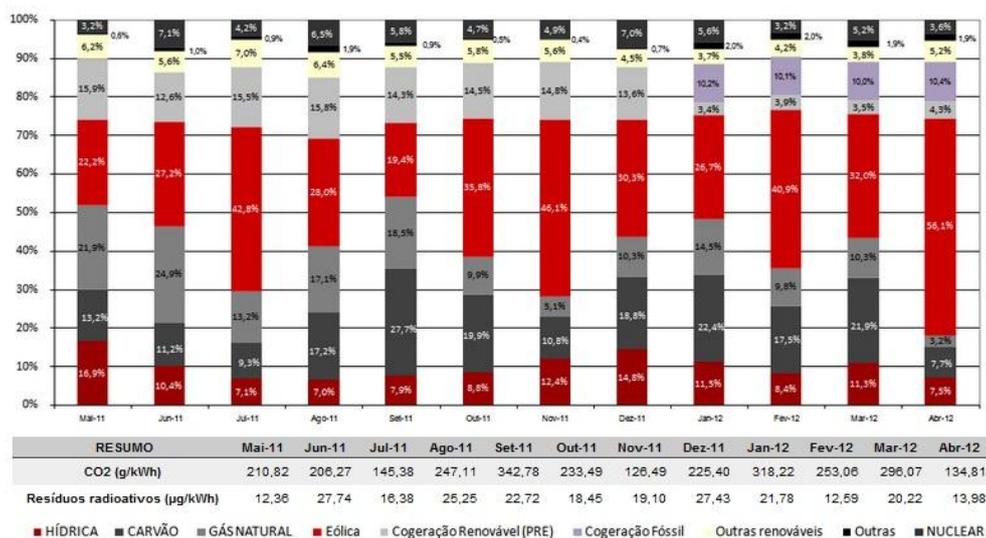


Figura 17. Consumo de energia em Portugal por tecnologia e suas emissões de CO₂ (g/kWh) (Fonte: <http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx>) (Maio de 2011-Abril de 2012)

A contribuição para estes valores da energia solar PV é muito reduzida, inserida no grupo de *outras renováveis* que nunca contribuiu com mais 7% para o valor

total. A redução dos níveis de emissões durante 2011 deveu-se também à quebra de consumo, influenciada por um ano meteorológico ameno, a crise que o país atravessava e o anúncio do aumento do IVA (taxa do imposto de valor acrescentado) sobre o preço da eletricidade.

2.7. Exportação/Importação de componentes fotovoltaicos

Como referido anteriormente, a célula fotovoltaica é a base do mercado *PV* mundial. A oscilação dos seus preços, a procura e as especificações fazem variar os números de importações e exportações de todas as entidades e países envolvidas neste mercado. De 1999 a 2004, as exportações de células de silício cristalino e módulos fotovoltaicos nos EUA superaram o número de importações (Figura 18).

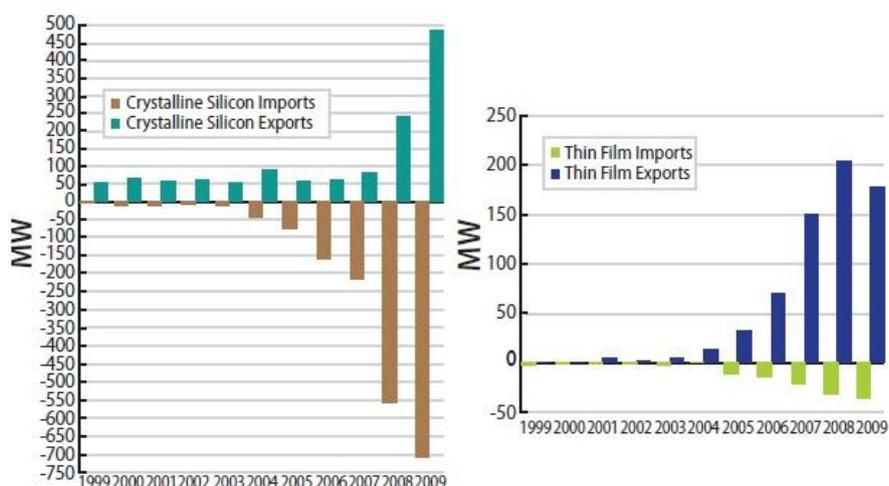


Figura 18. Exportações e Importações de módulos c-Si e de filme fino nos EUA (1999-2009) (Solar Technologies Market Report , 2010)

Esta tendência alterou-se em 2005 com a importação de módulos e células, igualando os dois valores. Em 2006 e 2007 o número de importações passou a ser pela primeira vez, superior ao nível de exportações. Apesar de as exportações de células de filme fino duplicarem de ano para ano entre este período, o maior valor de exportações em 2007, a procura de módulos c-Si fez disparar o número de importações de 2006 a 2008. A evolução constante do mercado PV dos EUA que teve início neste período foi uma resposta do mercado aos incentivos estaduais EPA de 2005 que se prolongou até 2009.

Desde 2008 até 2011, a diferença entre exportações e importações era muito baixa mas sempre com um maior nível de exportações (Figura 18).

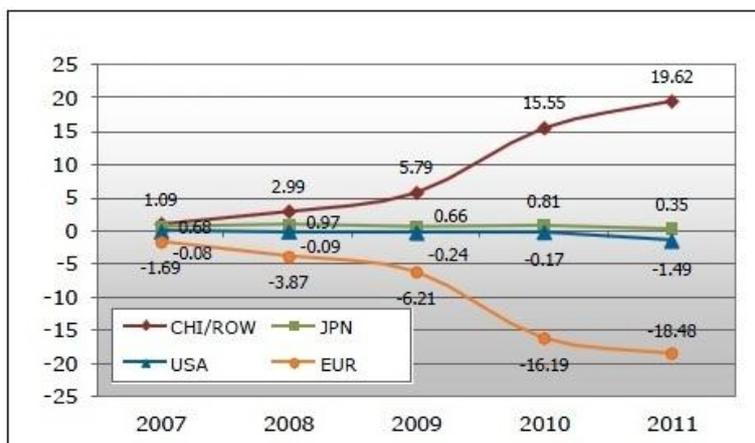


Figura 19. Exportações (valores positivos) e Importações (valores negativos) mundiais de módulos PV (2007-2011) [GW] (Solarbuzz Marketbuzz, 2012)

Na Europa em 2011 o nível de importações de módulos, à semelhança dos Estados Unidos da América, era superior ao nível de exportações mas com uma diferença bastante mais acentuada. Esta queda no mercado é diretamente proporcional ao aumento no número de exportações por parte da China e da Tailândia, que rapidamente crescem como os maiores produtores e exportadores de células e módulos PV. E é a Europa que tem sofrido com esta subida, continuando os valores do Japão e dos EUA praticamente semelhantes. É de referir também que 83% do número de exportações dos EUA (564 MW) em 2011 se destinavam à Europa (Solar Technologies Market Report, 2010).

No caso de Portugal existe muito pouca ou nenhuma documentação sobre a relação importação/exportação no que toca aos componentes fotovoltaicos. Poderíamos partir do princípio que o panorama seria o mesmo que na Europa, com mais importações do que exportações mas em Portugal existem exceções como é o caso da EURENER que 90% da sua faturação em 2011 foi devida às exportações dos seus módulos (Fonte: <http://eurener.com/pt/quienes-somos/internacionalizacion>).

2.8. Incentivos do Estado à utilização de fontes de energia renovável

Em Portugal existem várias políticas públicas de apoio à integração de sistemas de energias renováveis através de sistemas de incentivos. Estes incentivos foram um grande avanço no sector das energias renováveis, cativando novos produtores a contribuírem independentemente para a rede elétrica nacional através das fontes de energia renovável (FER) de forma a ajudar o país a diminuir a sua dependência energética do exterior.

Estas políticas de incentivo baseiam-se no modelo político mundial de tarifas remuneratórias, as Feed-in Tariffs (FIT), oferecendo contractos a longo prazo com os seus produtores e baseados nos custos da geração de cada tipo de energia. É praticamente a base de todas as novas instalações de FER em Portugal e em parte, no mundo. Na Europa, teve o seu início na Alemanha em 1990 mas só em 2001 é que Portugal começou a tirar partido dela através do Decreto-Lei Nº 339-C/2001 de 29 de Dezembro que reviu o regime aplicável à atividade de produção de energia elétrica, no âmbito do sistema elétrico independente. Em 2004, o Despacho Conjunto nº 51/2004 estabelecia um conjunto de regras e procedimentos técnicos – administrativos para o desenvolvimento de projetos de produção de eletricidade a partir de fontes de energia renovável. Só 3 anos depois, é que se implementou realmente este mecanismo em Portugal através do Decreto-Lei nº225/2007 e Nº 363/2007. O primeiro concretiza um conjunto de medidas ligadas às energias renováveis previstas na estratégia nacional para a energia, através da Resolução do Conselho de Ministros de 24 de Outubro de 2006 e é complementado com o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de unidades de microprodução. O regime jurídico, aplicável às unidades de mini-produção foi criado em 2011, através do Decreto-Lei nº34/2011 que aplicou o mesmo sistema a instalações de pequena potência (até 250 kW). Ainda em 2010, foi aprovado o regime de atribuição de capacidade de receção na Rede Elétrica de Serviço Público da energia produzida em centrais solares fotovoltaicas (Decreto-Lei Nº 132-A/2010).

O objetivo da atividade de microprodução é em parte simplificar e incentivar a produção descentralizada de energia elétrica. Qualquer produtor que contribua com um limite máximo de 5,75 kW para a rede pública (11,04 kW no caso de condomínios) através de uma só tecnologia de FER, pode usufruir de dois tipos de regimes: bonificado e geral.

No bonificado, é obrigado à implementação complementar de sistemas AQS com uma área mínima de 2 m², ou outro sistema complementar que produza a mesma energia do tipo térmica e o regime tem uma duração máxima de 15 anos. Este está dividido em 2 períodos, o primeiro tem uma duração de 8 anos e o segundo de 7 anos com tarifas de referência de 360 €/MWh e 200 €/MWh respetivamente. Estas tarifas sofrem uma redução anual de 20 €/MWh em forma de valor percentual tendo em conta o tipo de fonte de energia utilizada. No caso de não cumprir os requisitos iniciais para adesão do regime bonificado, o produtor ou os produtores, são automaticamente inseridos no regime geral que difere do bonificado na tarifa de venda da eletricidade que será sempre igual ao custo da energia comprada.

O Decreto-Lei N°132-A/2010 vem em seguimento do regime de mini-produção, para melhor aproveitamento de oportunidades de produção descentralizada de potências superiores a 250 kW através do procedimento concursal. Parte de um dos objetivos do programa do Governo de então, que seria alargar o mercado solar de 150 MW para 1500 MW em 10 anos. As centrais solares fotovoltaicas e/ou de concentração a concurso tem como limite máximo 150 MVA de potência de ligação. O regime remuneratório é aplicável durante os primeiros 34 GWh entregues à rede, até um máximo de 20anos.

Nos EUA como em Portugal, os custos adjacentes à instalação de um sistema solar são em muitos casos um entrave à sua instalação. No entanto, o sistema americano possui atualmente e desde há muito tempo, vários sistemas de incentivo que ajudam na implementação de sistemas PV por todo o seu território. Os descontos (rebates) são uma forma de ajudar os investimentos totais efetuados na implementação de sistemas solares, não só baseados nos custos de geração mas também no investimento inicial e na utilização de benefícios fiscais. Estes variam no tipo de incentivo, de estado para estado, de cidade para cidade e nas companhias detentoras da rede elétrica (*utilities*) em que serão inseridos, num total de aproximadamente 553 no país inteiro (Figura 20).



Figura 20. Diferentes tipos de incentivos solares em utilização nos EUA, por estado (DSIRE – Financial Incentives for Renewable Energy, 2012)

Tendo em conta o crescimento exponencial de novas instalações fotovoltaicas na rede energética nos EUA e as vantagens adjacentes a este tipo de energia, o governo americano em 2005 começou a tomar medidas para incentivar os novos produtores. No final de 2008 o “Economic Stabilization Act” (ESA) permitiu que os créditos fiscais federais criados em 2005, fossem também aplicados em sistemas residenciais e comerciais, deduzindo até 30% o valor do custo total de instalação através do Production Tax Credit (PTC). Nesse mesmo ano, o Investment Tax Credit (ITC) absolveu o custo de \$2000 de taxa na instalação de novos sistemas. Mas não são só as medidas do governo, atualmente em vigor, que tentam ajudar na implementação de novos sistemas e cativar novos produtores. Estes apoios podem reduzir em 50%, ou mais, o custo inicial de instalação. Várias companhias elétricas através dos seus incentivos, deduções fiscais e Feed-in Tariffs

próprias tentam levar a população abrangida por eles a considerarem as FER. Isto deve-se ao facto que a maioria dos estados em que elas estão inseridas estabeleceu que estas terão que produzir uma determinada percentagem de energia provenientes de fontes de energias renováveis. Este tipo de acordos são denominados Renewable Portfolio Standard (RPS) que quanto mais elevados forem, mais benefícios para o produtor irão existir. Não são exclusivos à energia solar mas em muitos estados já existem valores próprios de RPS para solar ou multiplicadores dos valores iniciais para quem optar por energia solar PV de modo a atingir os objetivos iniciais dos RPS e ajudar o mercado do fotovoltaico a crescer quando comparado com o de outras fontes renováveis. Temos também o Net Metering Policy (NMP) que consiste num incentivo baseado no consumidor, que possua um sistema de pequenas dimensões de FER. A palavra NET neste contexto é usado no sentido “o que permanece após deduções”. Por deduções, compreendemos pela diferença da porção de energia que é injetada na rede por aquela que é consumida. Este é calculado pelo contador de eletricidade da sua instalação que grava os valores de input e output da sua residência, permitindo adquirir crédito cada vez que a sua produção é superior ao seu consumo. Ao contrário das Feed-in Tariffs, o NMP pode ser utilizado apenas como um contador estatístico e pode ser implementado sem contador de eletricidade ou sem notificação prévia ao produtor/consumidor.

Outra forma de cativar os novos produtores a instalarem sistemas solares PV são os acordos Power Purchase Agreements (PPA). Estes baseiam-se no pacto criado entre uma companhia que possui, opera e garante a produção do sistema e o cliente/ produtor que aceita instalar o sistema na sua propriedade por um determinado período de tempo. Se por um lado o produtor fica a ganhar ao evitar os custos de instalação e de projeto elevados, poderá obter custos de energia elétrica mais baixas e por norma, a um preço constante (em muitos casos existe um acréscimo que vai de 1 a 5% por ano devido à redução de eficiência do sistema). A companhia que possui o sistema consegue extrair benefícios fiscais do sistema e ainda ganhar com a venda do excedente da energia à rede pública em que está instalada. No acordo PPA ainda estão envolvidos os produtores dos componentes (providenciam garantias de eficiência e lucram com a venda do produto), o instalador (que pode ser a companhia inicial e que garante a manutenção do sistema e retira os lucros dessa atividade) e o investidor (que detém o sistema no mínimo durante 6 anos, recebendo os

benefícios fiscais adjacentes de um investimento de baixo risco e que lhe permite amortizar o investimento inicial de uma forma eficaz e na maior parte dos casos segura).

Estes dois tipos de acordos são os principais num mercado nacional vasto que possui inúmeros tipos de incentivos estaduais e apoios fiscais, difíceis de enumerar. Indicam-se no Anexo B3 apenas os estados que providenciam melhores condições para a implementação de sistemas solares PV aos seus habitantes identificando os seus principais incentivos e suas características (Portal “Solar Energy”, 2012)

2.9. Vantagens e Desvantagens

Como em qualquer outra fonte de energia renovável, existem vantagens e desvantagens na utilização de sistemas solares fotovoltaicos. Algumas foram referenciadas anteriormente, específicas para cada país. As apresentadas de seguida, e na maior parte, são comuns para ambos os países:

A. VANTAGENS

- Os sistemas são silenciosos e visualmente discretos.
- Sistemas de pequena potência são possíveis de ser instalados em espaços não utilizados de telhados residenciais ou comerciais.
- Manutenção reduzida.
- Custo de funcionamento inexistente em sistemas de painéis fixos.
- Atualmente a maior parte dos sistemas possui componentes com garantias de vida útil até 25 anos. O módulo solar, o principal componente de um sistema, garante até 80% da eficiência inicial até ao final deste período.
- Não consome nenhum combustível fóssil, não emite gases poluentes, não emite líquidos contaminantes que possam contribuir para a poluição de águas públicas e não põe em perigo a fauna e/ou a flora onde os sistemas estão instalados e durante a fase de produção de energia.
- Um sistema solar PV pode ser dimensionado para qualquer tamanho e necessidade energética. Além disso permite ser facilmente redimensionado e na maior parte dos casos reposicionado.

- Dado que utiliza a energia proveniente da radiação solar para funcionar, as suas possibilidades de utilização são ilimitadas. Permite o funcionamento de um sistema em locais remotos sem qualquer fornecimento externo e com o auxílio de baterias para o armazenamento da energia, pode operar em condições meteorológicas adversas e sem qualquer radiação solar.
- A sua descentralização evita as perdas de energia elétrica na linha associadas ao seu transporte e os seus custos.
- Os módulos solares podem ser reciclados, logo no final do seu ciclo de vida, estes podem ser reutilizados e contribuir para a redução de emissões de CO₂ provenientes da energia gasta na sua produção.
- Os sistemas PV produzem energia elétrica exactamente na altura em que ela é mais necessária (por haver mais consumo), ou seja durante o “dia”.

B. DESVANTAGENS

- Existem produtos químicos tóxicos, como o cádmio e o arsênio, utilizados na produção de células fotovoltaicas. O mesmo se passa com as emissões de CO₂ pelas unidades fabris de fabrico de muitos dos componentes. No entanto o impacto que estes têm no meio ambiente pode ser verificado se todo o processo de produção for devidamente controlado e supervisionado. A reciclagem dos materiais pode também ajudar a evitar a utilização de novos materiais.
- A energia solar como FER é uma fonte de energia variável, com dependência direta da disponibilidade da radiação solar.
- Uma das maiores desvantagens à instalação de um sistema solar fotovoltaico é o seu custo inicial de instalação quando comparado com o de outras fontes de energia, muito devido à eficiência de conversão, ao rendimento dos seus equipamentos e aos seus custos de produção. O armazenamento da energia através de baterias, para utilização em períodos onde não existe radiação solar, acresce ainda mais o valor inicial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Energia útil aplicada

Um sistema solar fotovoltaico baseia-se no processo de transformação da radiação solar em energia elétrica. Como em qualquer sistema ou na grande maioria dos processos em que ocorre transferência de energia, nem toda a fonte de energia fornecida pela fonte é utilizada pelo recetor. Parte da energia captada pelo sistema é transformada em energia útil, e outra parte é dissipada, geralmente sob a forma de calor. A energia útil será a energia que o sistema irá injetar na rede (*Egrid*). Para o seu cálculo é necessário ter em conta vários fatores: potência de instalação do sistema, sua configuração, tipo de equipamentos utilizados, localização geográfica, condições meteorológicas e orientação e inclinação dos painéis solares.

Utilizando o software PVsyst v5.59 (<http://www.pvsyst.com/>), uma ferramenta de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, é possível calcular os aproveitamentos proporcionados por um sistema solar PV, com uma gama de simulações bastante ampla e recorrendo a uma vasta base de dados. As suas potencialidades de cálculo são bastante fidedignas, não só pelos dados que o utilizador pode inserir mas também pelas especificações que os equipamentos possuem, atualizadas pelos próprios fabricantes.

Neste capítulo irei comparar-se-á a energia útil que um sistema solar *PV* produz em 4 localizações, 2 em Portugal e 2 nos EUA. As cidades escolhidas para Portugal foram Faro e Vila Real, pela sua diferença na localização geográfica, Sul e Norte, respectivamente. Para os Estados Unidos da América, a escolha recaiu para Los Angeles na Califórnia (CA) e Secaucus em New Jersey (NJ), localizados na costa Sudoeste e Nordeste respectivamente. Estes dois estados são os que mais contribuíram para o mercado PV em 2011 no país com condições meteorológicas bastantes diferentes. Para poder calcular o efeito que a localização geográfica produz no sistema utilizar-se-á a mesma potência de instalação e os mesmos equipamentos para os 4 sistemas (Tabela 6). A escolha recaiu para um sistema do tipo residencial, no caso de condomínios, de pequena produção (5,06 kW) com os equipamentos a serem comercializados em ambos os países.

Tabela 6. Configuração do sistema solar PV e componentes utilizados.

POTÊNCIA DE LIGAÇÃO [kWh]	MÓDULO PV	CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA	INVERSOR PV	SISTEMA DE SUPORTE
5,06	Hanwha SolarOne SF220-30-P230 (230W)	2 (série) x 11 (paralelo)	SMA SB 5000 U-240 (5kW)	Fixo

Num sistema solar PV a eficiência da captação de radiação solar depende principalmente de dois fatores: a inclinação do módulo em relação ao sol (graus) e o seu azimute (graus). O azimute utilizado nos quatro sistemas é o otimizado (que recebe maior radiação solar e consequentemente obtém valores de produção mais elevados), orientado para Sul (180°). No que toca à inclinação dos painéis solares, a escolha recaiu para o valor otimizado: se para as duas cidades de Portugal e para Secaucus, NJ a escolha recaiu para uma inclinação de 33°, em Los Angeles, CA o valor é de 31°. Nos quatro sistemas não foi considerado nenhuma obstrução que pudesse causar sombra sobre os módulos.

Os valores obtidos para cada simulação do sistema (Tabela 7) no primeiro ano de funcionamento, foram a energia registada à saída dos módulos solares (*Earray*) e a energia à entrada da rede (*Egrid*), ambas expressas em kWh .

Tabela 7. Energia registada à saída dos módulos, injetada na rede e radiação anual para os sistemas (dados obtidos através da simulação em PVsyst).

	FARO		LOS ANGELES		SECAUCUS		VILA REAL	
	<i>Earray</i> [kWh]	<i>Egrid</i> [kWh]						
Janeiro	587,1	563,3	512,8	489,8	414,2	393	392,3	373,5
Fevereiro	546,8	523,6	514,5	490,9	491,7	469,6	433,2	413,1
Março	821,1	788,7	703,3	672,3	622	593,3	689,9	661,2
Abril	757,4	726	751,4	718,8	630,1	600,7	646,3	616,8
Mai	863	827,5	763,3	730,5	666,8	634,8	764,8	714,2
Junho	842,1	806,4	798,8	765,3	691,6	660,3	781,7	747,5
Julho	889,6	853,2	852,9	817,9	648,2	617	841,6	805,8
Agosto	879,1	843,7	840,9	806,9	635,7	605,8	834,6	800,8
Setembro	818,5	786,2	731,6	700,4	561,5	535,1	717,8	688,1
Outubro	744,5	715	671,6	642,7	579,7	554,6	546,6	522,6
Novembro	526,5	504,6	594,6	569,2	394,6	374,1	367,4	348,9
Dezembro	503,8	482,7	550	526,5	390,6	372,3	293,6	276,6
Total anual:	8779,5	8420,9	8285,7	7931,2	6726,7	6410,6	7309,8	6969,1
GlobHor	1914		1824,6		1422		1577	

Foi também registado o valor anual de radiação solar (*GlobHor*) em kWh/m². Como é possível constatar, Faro é a cidade que mais radiação solar recebe e consequentemente a que mais produz anualmente (8420,9 kWh). Seguem-se as cidades de Los Angeles (7931,2 kWh) e Vila Real (6969,1 kWh). A pior localização para instalar um sistema deste tipo é em Secaucus com apenas 6410,6 kWh produzidos anualmente.

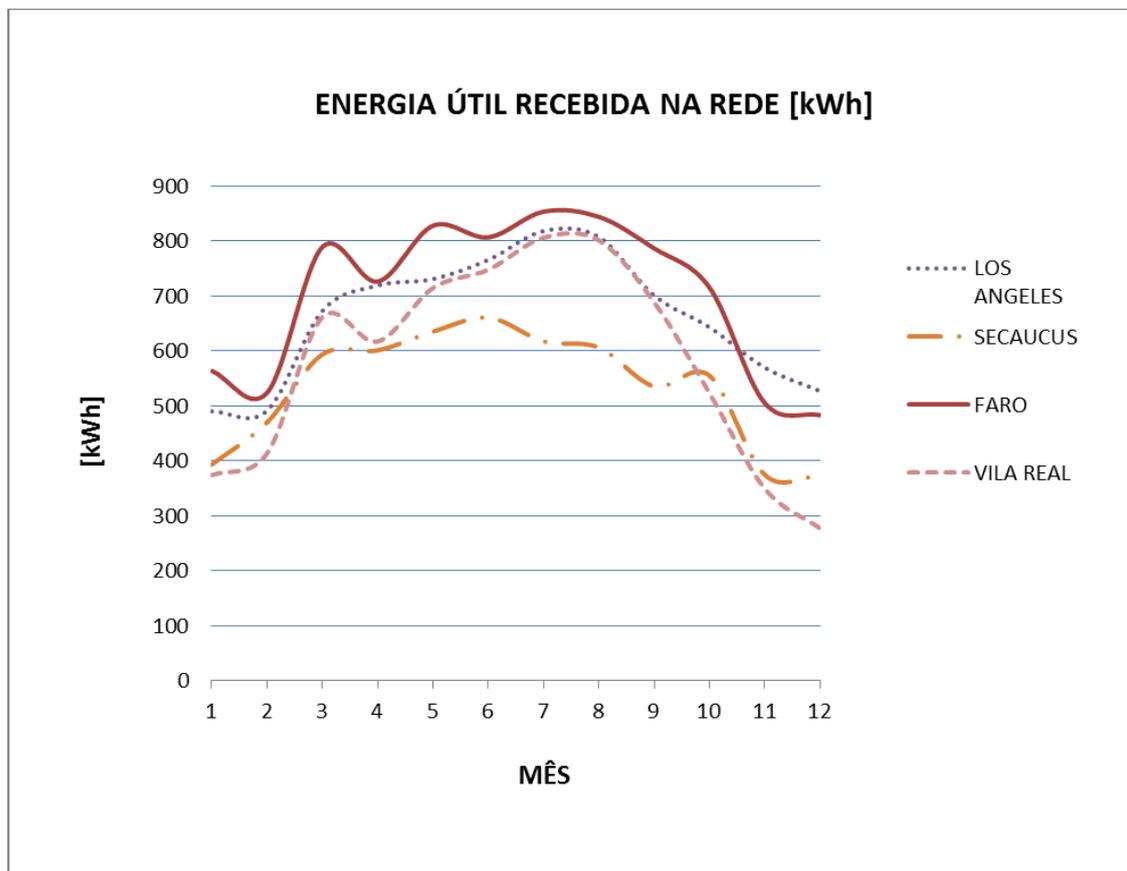


Figura 21. Energia útil anual para os 4 sistemas em estudo (dados obtidos através da simulação em PVsyst).

Os valores obtidos têm em consideração as perdas de eficiência do sistema desde o valor de *GlobHor* até ao de *Earray*/ano. Dois exemplos disso são as perdas no sistema provocadas pela temperatura exterior (com a perda mais elevada para Faro com -9,6% e a mais baixa para Secaucus com -6,2%) e as perdas devido ao nível de radiação solar incidente (mesmo tendo sido o seu valor inicial otimizado, o facto do sistema de suporte ser fixo é relevante) com o valor mais elevado para Secaucus com -4,3% e mais reduzido para Faro com -2,9%. Estas são as maiores perdas num sistema, sem mencionar as perdas de eficiência nos equipamentos (vida útil) que são iguais para todos eles. Para concluir esta comparação, indicar-se-á para estes 4 sistemas, o valor de Performance global (Performance Ratio – PR) previsto pelo software:

- Faro: PR = 77,1%
- Los Angeles: PR = 77,6%
- Vila Real: PR = 78%
- Secaucus: PR= 78,4%

O sistema instalado em Faro, acaba por ser o que tem um nível global de performance mais baixo muito devido às temperaturas exteriores elevadas durante o Verão (a performance de um módulo solar tende a baixar 0,5% por cada incremento de grau (°C) acima da temperatura normal de funcionamento de 25°C).

3.2. Viabilidade económica dos sistemas PV para os proprietários

Na secção 3.1 e nesta secção o estudo recai sobre sistemas de pequena produção, por norma instalados em edifícios residenciais. Isto porque 80,6% dos sistemas PV instalados em Portugal no ano de 2011 faziam parte deste regime, o de microprodução. Será importante comparar quais os custos adjacentes à instalação de um sistema residencial tanto em Portugal como nos Estados Unidos da América para o seu utilizador.

No seguimento do capítulo 2.8, os tipos de incentivos nos Estados Unidos da América diferem de estado para estado, com inúmeras variações possíveis, pelo que irei apenas incidir no estudo dos dois estados utilizados do capítulo anterior, Califórnia e New Jersey. No que toca a Portugal, o regime de apoio à microprodução é igual para todo o território.

Para um utilizador que queira instalar um sistema solar na sua habitação, o investimento inicial é um dos fatores de decisão mais importantes, tanto em Portugal como nos Estados Unidos da América (Tabela 8). Existe sempre um grau de incerteza associado a estes valores, dado que estes foram obtidos tendo em conta estimativas de outros projetos (Fonte: Martifer Solar USA, Inc. e Martifer Solar, SA), e cada projeto é único no seu custo. O custo inicial associado à instalação em Portugal tendo vindo a reduzir gradualmente, sendo em comparação com os Estados Unidos da América e na mesma unidade monetária, mais barato.

Tabela 8. Investimento inicial de um sistema solar PV para os países e localidades indicadas.

	PORTUGAL	EUA	
		LOS ANGELES, CA	SECAUCUS, NJ
Investimento inicial Sistema solar PV Residencial (5,06kW)	11.070,47 €	15.317,34 €	15.864,95 €
Cotação utilizada: 1 euro = 1.2580 US dollars			

Os módulos utilizados nestes três sistemas são módulos nacionais, produzidos em cada país. Para o custo de Portugal, o módulo utilizado é um Mprime M 230.255 / 3R (230W), produzido pela Mprime (pertencente ao grupo Martifer Solar, SA) em Oliveira de Frades. Para as simulações nos EUA foi utilizado um Sharp ND-Q230F4 (230 W) fabricado pela Sharp em Memphis, no estado do Tennessee. As suas especificações e valores de eficiência são praticamente semelhantes às dos módulos utilizados na simulação utilizando o *software* PVsyst. O custo do inversor em ambos os países é bastante semelhante e pouco relevante para a diferença no custo inicial do sistema.

Considerando que os utilizadores adquirem o sistema utilizando capitais próprios, e que os níveis de produção são indicados no capítulo anterior, veremos agora a diferença entre os incentivos que o país lhes proporciona. Mesmo antes do sistema estar instalado e a produzir, o estado dos EUA em que o sistema será instalado, influencia no custo inicial do sistema através dos seus sistemas de incentivo baseados em simulações de produção efetuadas pelas próprias companhias elétricas, tendo em conta as especificações do sistema e seus níveis de produção (Tabela 9). No estado da Califórnia o primeiro desconto é dado pelo CSI. No estado de New Jersey, os sistemas de incentivo utilizados são o SREC e o REIP. Após a redução destes valores ainda acresce o desconto do Production Tax Credit que é comum para todos os estados para instalações solares térmicas e fotovoltaicas residenciais, que ainda reduz em 30% esse valor. Todos as tarifas para o cálculo destes incentivos foram apresentados no capítulo 2 com base nos dados fornecidos por CALFinder (2012) e DSIRE (2012).

A – INCENTIVO INICIAL EM LOS ANGELES

$$CL = (II - CSI) \times (1 - PTC). \quad (1)$$

Onde:

CL - Custo Líquido

II - Investimento Inicial

CSI - California Solar Initiative

PTC - Production Tax Credit

O Custo Líquido representa o valor que o sistema custará ao seu proprietário antes de começar a produzir, após os incentivos (Tabela 9).

B – INCENTIVO INICIAL EM SECAUCUS

$$CL = (II - SREC - REIP) \times (1 - PTC) \quad (2)$$

Onde:

SREC - Solar Renewable Energy Credits

REIP - Renewable Energy Incentive Program

PTC - Production Tax Credit

Tabela 9. Incentivos iniciais dos sistemas em estudo em Portugal, no estado da Califórnia e em New Jersey, nos EUA.

		PORTUGAL	EUA	
			LOS ANGELES, CA	SECAUCUS, NJ
Investimento inicial (II)		11.070,47 €	15.317,34 €	15.864,95 €
Incentivos	CSI	0,00 €	6.527,40 €	0,00 €
	SREC	0,00 €	0,00 €	3.102,26 €
	REIP	0,00 €	0,00 €	6.234,43 €
	PTC	0,00 €	2.794,00 €	1.958,48 €
Custo Líquido (CL)		11.070,47 €	6.519,34 €	4.569,78 €

O valor a que o produtor vende a energia gerada ao comercializador em Portugal é o valor da tarifa atual de venda de eletricidade, ao abrigo do regime bonificado de microprodução. Para os primeiros 8 anos o valor é de 0,36 €/kWh e nos 7 anos seguintes, o valor é de 0,20 €/kWh. No final destes períodos o valor será igual ao do regime geral, de 0,12 €/Kwh anual. Foi considerada também para ambos os países uma redução nos níveis de produção anual do sistema de 0,8%. Para os Estados Unidos, os valores das taxas remuneratórias são bastante mais baixos mas pouco utilizados ou eficazes. Em Portugal toda a energia produzida por um sistema inserido no regime de microprodução é cedida à companhia elétrica, neste caso a Energias de Portugal (EDP), a única no país, que a vende de novo ao consumidor a outro preço, daí não existirem limites de produção. Nos Estados Unidos, o produtor só paga o que o seu sistema solar não produzir (o sistema não pode produzir mais do que é consumido na instalação associada) sendo esta a sua fonte de rendimento, o ganho na redução de kWh consumidos à rede. Isto é, nos EUA o produtor torna-se quase um produtor independente da rede, que a utiliza apenas quando o seu sistema solar não é suficiente para garantir o seu consumo elétrico. Assim, e assumindo os valores médios de consumo para estes dois estados disponíveis em EIA (2011), é possível saber quanto tempo demoram a amortizar o seu custo líquido. Para California o consumo médio previsto é de 8100 kWh/ano e para New Jersey de 8772 kWh/ano, ambos superiores aos seus níveis de produção. Os preços de eletricidade são para estes estados de \$0,13 /kWh para a companhia elétrica Southern California Edison (SCE) e \$0,11 /kWh para a Public Service Electric & Gas Company (PSE&G), valor de New Jersey.

Os valores apresentados na Tabela 10, Tabela 11 e Figura 22 utilizam a metodologia de preços correntes, ou seja, não foram consideradas taxas de actualização, taxas de inflação sobre os preços de venda de eletricidade nem impostos sobre as receitas no caso dos EUA. No caso de Portugal convém referir que ao abrigo do regime de microprodução, o utilizador está isento de impostos para receitas inferiores a 5000 €/ano, o que acontece em todos os anos como é possível constatar pela Tabela 11. Como referido anteriormente os custos de manutenção de um sistema PV são insignificantes por parte do utilizador pelo que não serão considerados.

Tabela 10. Receitas de produção e amortização dos sistemas em estudo nas cidades de Los Angeles e New Jersey nos EUA.

Cidade		Los Angeles		Secaucus	
Custo Líquido		6.519,34 €		4.569,78 €	
Ano		Receita prevista	Despesa Acumulada	Receita prevista	Despesa Acumulada
1	9.756,00	- 5.511,17 €	- 5.511,17 €	- 3.960,41 €	- 3.960,41 €
2	9.707,22	1.000,11 €	- 4.511,06 €	604,50 €	- 3.355,92 €
3	9.658,68	992,11 €	- 3.518,95 €	599,66 €	- 2.756,26 €
4	9.610,39	984,17 €	- 2.534,79 €	594,86 €	- 2.161,39 €
5	9.562,34	976,30 €	- 1.558,49 €	590,10 €	- 1.571,29 €
6	9.514,53	968,48 €	- 590,01 €	585,38 €	- 985,90 €
7	9.466,95	960,74 €	370,73 €	580,70 €	- 405,20 €
8	9.419,62	953,05 €	1.323,78 €	576,06 €	170,85 €
9	9.372,52	945,43 €	2.269,21 €	571,45 €	742,30 €
10	9.325,66	937,86 €	3.207,07 €	566,88 €	1.309,17 €
11	9.279,03	930,36 €	4.137,43 €	562,34 €	1.871,52 €
12	9.232,64	922,92 €	5.060,35 €	557,84 €	2.429,36 €
13	9.186,47	915,53 €	5.975,89 €	553,38 €	2.982,74 €
14	9.140,54	908,21 €	6.884,10 €	548,95 €	3.531,69 €
15	9.094,84	900,94 €	7.785,04 €	544,56 €	4.076,25 €
16	9.049,36	893,74 €	8.678,78 €	540,20 €	4.616,45 €
17	9.004,12	886,59 €	9.565,36 €	535,88 €	5.152,33 €
18	8.959,10	879,49 €	10.444,86 €	531,60 €	5.683,93 €
19	8.914,30	872,46 €	11.317,32 €	527,34 €	6.211,27 €
20	8.869,73	865,48 €	12.182,79 €	523,12 €	6.734,39 €

Tabela 11. Receitas de produção e amortização dos sistemas em estudo nas cidades de Vila Real e Faro em Portugal.

Cidade	Vila Real		Faro	
Custo Líquido	11.070,41 €		11.070,41 €	
Ano	Receita Prevista	Despesa Acumulada	Receita Prevista	Despesa Acumulada
1	- 8.741,57 €	- 8.741,57 €	- 8.035,97 €	- 8.035,97 €
2	2.310,21 €	- 6.431,36 €	3.010,16 €	- 5.025,81 €
3	2.291,73 €	- 4.139,63 €	2.986,08 €	- 2.039,72 €
4	2.273,39 €	- 1.866,24 €	2.962,19 €	922,47 €
5	2.255,21 €	388,97 €	2.938,50 €	3.860,97 €
6	2.237,16 €	2.626,13 €	2.914,99 €	6.775,96 €
7	2.219,27 €	4.845,40 €	2.891,67 €	9.667,63 €
8	2.201,51 €	7.046,91 €	2.868,54 €	12.536,16 €
9	1.213,28 €	8.260,19 €	1.580,88 €	14.117,04 €
10	1.203,57 €	9.463,76 €	1.568,23 €	15.685,28 €
11	1.193,94 €	10.657,71 €	1.555,69 €	17.240,97 €
12	1.184,39 €	11.842,10 €	1.543,24 €	18.784,21 €
13	1.174,92 €	13.017,02 €	1.530,90 €	20.315,11 €
14	1.165,52 €	14.182,54 €	1.518,65 €	21.833,76 €
15	1.156,19 €	15.338,73 €	1.506,50 €	23.340,26 €
16	688,17 €	16.026,90 €	896,67 €	24.236,93 €
17	682,66 €	16.709,56 €	889,50 €	25.126,43 €
18	677,20 €	17.386,76 €	882,38 €	26.008,81 €
19	671,78 €	18.058,54 €	875,32 €	26.884,13 €
20	666,41 €	18.724,95 €	868,32 €	27.752,45 €

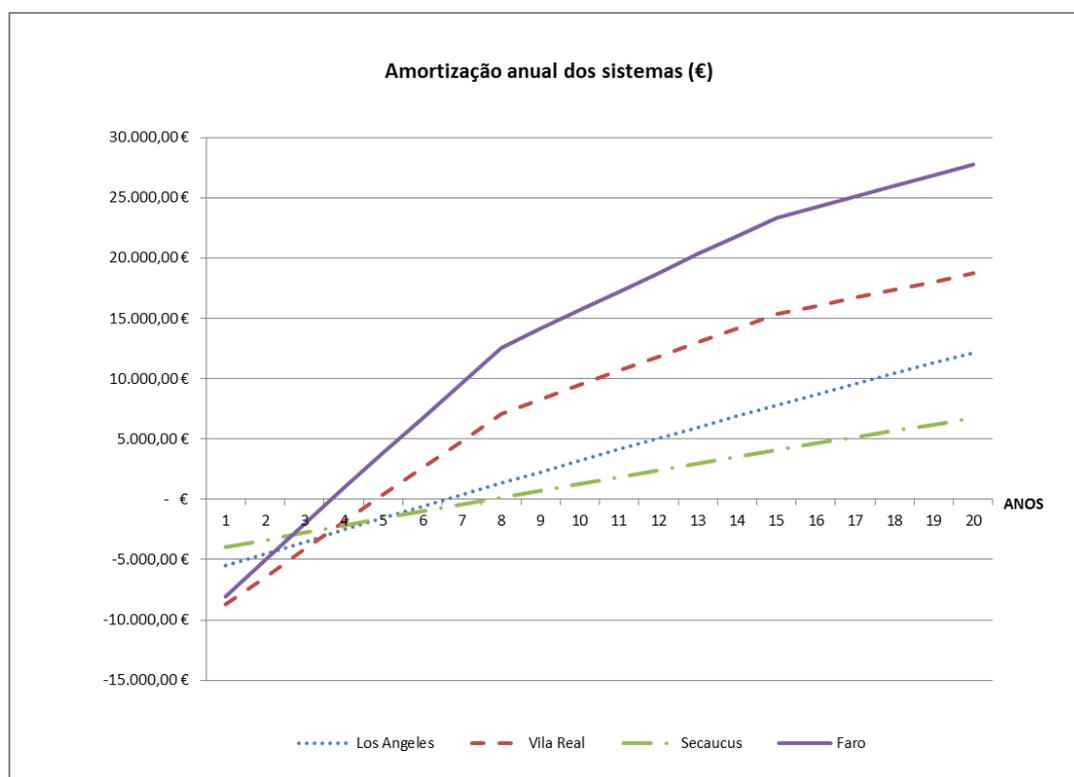


Figura 22. Amortização anual dos sistemas em estudo em Portugal, no estado da Califórnia e New Jersey, nos EUA.

O valor da *Receita Prevista* em Portugal é calculado pelo produto da produção anual (*Egrid*) e pelo custo da tarifa remuneratória aplicável nesse ano (valores utilizados de contractos realizados em 2012). Nos Estados Unidos, o cálculo difere na substituição da tarifa remuneratória pelo custo de eletricidade consumida no mesmo período de utilização. Por *Despesa Acumulada* indicar-se a diferença entre o custo do sistema para o utilizador e a receita nesse ano. Na Tabela 10, Tabela 11 e Figura 22 e no 1º ano, este valor será igual ao Custo Líquido menos a receita de produção.

Tendo em conta os valores de produção obtidos na secção 3.1, podemos constatar que um utilizador português consegue amortizar o valor que investiu no sistema solar mais rapidamente que o utilizador americano. Isto mesmo sendo bastante mais elevado o investimento inicial português quando comparado com o custo líquido do produtor americano. O utilizador do estado da Califórnia ou o de New Jersey, consegue retomar os seus investimentos ao final de 6,3 e 7,4 anos, respectivamente. O produtor residente em New Jersey mesmo tirando partido de um Custo Líquido mais baixo e de maiores incentivos iniciais que o de Califórnia, acaba por demorar o mesmo tempo a amortizar o seu sistema devido à produção gerada pelo seu sistema e pelo preço da eletricidade. O produtor português, e tirando partido de uma taxa remuneratória elevada no primeiro período, amortiza o seu sistema mais rápido que o americano. O produtor de Faro, tirando partido de uma radiação anual superior, ao final de 3,6 anos tem o seu investimento recuperado enquanto o de Vila Real demora 4,8 anos. Em Portugal e mesmo existindo uma tarifa remuneratória com valores decrescentes do 1º para o 2º período, e mesmo no final destes, o utilizador consegue sempre obter melhores receitas do seu sistema que um utilizador americano. Este último apenas usufrui da energia solar para reembolsar o seu consumo anual de energia a uma taxa constante e durante o período de vida do seu sistema.

3.3. Viabilidade económica da energia solar em Portugal versus nos Estados Unidos da América

Em 2011, a crise financeira e política de Portugal chegou a níveis críticos, levando o governo a demitir-se e ao resgate financeiro pela Troika (composta pelo Fundo Monetário Internacional, Comissão Europeia e pelo Banco Central Europeu). Uma das suas medidas para com o governo português foi a de rever o apoio à geração de energia a

partir de FER: renegociar os novos contratos e os já existentes de FIT com os produtores, diminuindo o valor da tarifa mas permitindo que o produtor continue a ter receitas da sua utilização; diminuir os atrasos e as incertezas que estão associados ao licenciamento, autorização e certificação de novos projetos. Esta última acaba por ser ineficaz dado que o governo português suspendeu todos os processos de atribuição de potência para a produção de energia elétrica a partir de FER, exceto a hídrica. Mesmo apesar da crise, o mercado português em 2011 (143,60 MW) cresceu 9% quando comparado com o ano de 2010 (130,85 MW). 70% destas novas instalações provieram do regime de microprodução (9 MW), totalizando 42 MW do mercado solar PV em Portugal no final de 2011. Percebe-se que mesmo perante a crise o povo português tenta cada vez mais tirar partido de eletricidade proveniente de FER, neste caso a solar fotovoltaica. Nos Estados Unidos da América, nesse ano, foram instalados 1867.6 MW onde apenas 698 MW foram instalações de pequena potência (residencial). O restante foi repartido por instalações em edifícios comerciais/governamentais e sistemas centralizados, na forma de centrais elétricas. Este último foi o maior contribuinte para novas instalações em 2011. Os incentivos portugueses por parte do estado deviam contribuir mais para este tipo de instalações pois ajudam a reduzir a dependência elétrica externa que ainda possuímos e permite a descentralização da produção elétrica.

Nos Estados Unidos da América em 2011, o Governo americano aumentou os impostos sobre os módulos chineses por crer que o processo de fabrico em China oferece condições de trabalho precárias aos seus trabalhadores, contribuí em demasia para o efeito estufa através de emissões de dióxido de carbono e produz excessivos resíduos tóxicos. Os preços dos módulos chineses aumentaram consideravelmente tendo a indústria americana PV começado a importar módulos fabricados em outros países mas com a mesma qualidade e mais baratos. Esta atitude do governo pode ser vista como uma forma de salvaguardar a sua indústria mas é demasiado radical e agressiva, se tivermos em conta casos como a Trina Solar (secção 3.2).

A verdade é que mesmo utilizando módulos fabricados nos EUA na conceção de um sistema solar, o preço dos módulos é inferior aos preços praticados em Portugal. Os custos de instalação e os das licenças para instalação e construção são mais elevados nos Estados Unidos da América, o que faz com que o investimento inicial seja mais elevado que em Portugal.

Os EUA são os segundos maiores produtores de energia elétrica e os maiores consumidores no mundo. A geração de eletricidade em 2011 nos Estados Unidos da América a partir de energia solar fotovoltaica representa apenas 0,12% do total de energia produzida, o que perfaz uma média de 13,8 W/habitante/ano. Em Portugal este valor era de 16,2 W/habitante/ano, com a produção fotovoltaica a contribuir com 0,5% para a produção de eletricidade nacional em 2011 (EPIA, 2012). O valor mais baixo dos EUA deve-se ao facto de muitos estados não terem mercados solares PV implementados ou ainda em fase inicial e com poucos incentivos. O estado do Alaska é um desses, com investimentos iniciais muito elevados e níveis de produção reduzidos devido às suas condições climáticas. Convém referir também que estados como a Califórnia têm o seu preço de FIT mais elevados que estados como New Jersey devido à sua utilização excessiva durante os últimos anos. Assim, para o mercado solar PV continuar a ser rentável, o governo americano tem que investir em novos estados e ajudar assim os seus governos estaduais.

A importação de energia elétrica em Portugal continua a ter um custo elevado para o país e conseqüentemente para o contribuinte. Desde 2007 que esta dependência tem vindo a aumentar, passando de 20% em 2007 para 34% em 2011. Nos EUA em 2011 os níveis de energia elétrica importada era de apenas 20%, principalmente provenientes de centrais elétricas de gás natural do Canadá. No início de 2012, devido à escassez de chuva, os níveis de importação portugueses aumentaram em 250% quando comparado com o mesmo período de 2011 e se refletiram num custo de 120 milhões de euros para o país entre Janeiro e Março (Sequeira, 2012). Estes valores levam a que o preço da eletricidade aumente durante o restante ano. Mais uma vez é demonstrado a necessidade de se investir mais na produção de energia solar fotovoltaica que ajuda a precaver situações como estas e a reduzir os custos para os consumidores. Prova disso, é que durante este período os parques fotovoltaicos nacionais tiveram uma subida de 72,09% na produção

4. CONCLUSÕES

Antes de dar início à conclusão desta tese, ter-se-á primeiro que salvaguardar alguns fatores. A comparação entre Portugal e os Estados Unidos da América foi feita essencialmente baseada em valores relativos a 2011 e 2012, ano em que Portugal atravessava uma grave crise financeira e económica. Existe também um grau de incerteza em muito dos tópicos abordados devido à escassez de informação, muito devido à própria indústria solar fotovoltaica de ambos os países a omitir ou simplesmente por esta ser de difícil acesso. Apenas foram considerados sistemas ligados à rede, dado que o regime de produtor independente sempre contribuiu muito pouco para o mercado nacional português. Nos Estados Unidos da América apesar do número de instalações *off-grid* serem superiores às de Portugal também não foram consideradas dado a escassez de dados e a sua fraca contribuição para o mercado.

O mercado de produção de energia elétrica a partir de FER em Portugal estava até final de 2011 a crescer a um bom ritmo, com a energia eólica em grande destaque. Os seus valores de produção global em 2010 quando comparados com o dos Estados Unidos da América demonstram que os investimentos feitos em Portugal até 2011 foram os mais corretos e acima de tudo foram bem implementados. Anualmente Portugal produz uma grande parte da sua energia elétrica a partir da energia eólica. Infelizmente dado a crise Europeia, em 2011 todos os principais projetos de energia eólica e biomassa passíveis de serem construídos em 2012 ou num futuro próximo, foram cancelados o que fez abrandar o crescimento do mercado. Em 2011, a quota de potência disponível para as micro-gerações era de 25MW. Em 2012 foi de apenas 10MW, e esgotou logo nos primeiros três meses do ano. O mesmo se passou com a minigeração, que passou de 50MW para apenas 30MW. Mesmo perante a crise, a procura tornou-se superior à oferta devido aos cortes orçamentais.

Os Estados Unidos da América possuem um dos maiores mercados solares a nível mundial com um grande número de companhias de produção de componentes sediadas no país. O mercado de células e módulos fotovoltaicos é o que mais alimenta a indústria solar mundial, e o que mais influencia os mercados. Mesmo verificando que a

produção de células fotovoltaicas tem vindo a decrescer nos EUA nos últimos anos, a relação entre a importação e a exportação de módulos mantem-se constante. O método do governo americano salvaguardar a sua indústria solar pode não ser politicamente correto, mas verifica-se eficaz. Portugal teve um arranque muito tardio quando comparado com os Estados Unidos da América na criação de um mercado industrial PV que o tornasse acessível ao consumidor e com uma indústria sustentável. As companhias produtoras de módulos fotovoltaicos em Portugal resumem-se às descritas neste trabalho. Os números de exportação para a maior parte destas empresas são desconhecidos. Se seguirem a tendência da Europa os níveis de importação serão sempre superiores aos de exportação. A fraca concorrência interna e o fato de existirem componentes importados de boa qualidade com preços mais acessíveis, levam a que a indústria tenha um nível de crescimento muito baixo, com a maior parte das empresas envolvidas com poucos níveis de sustentabilidade.

Em ambos os mercados solares, tanto em Portugal como nos Estados Unidos da América não se conseguiu obter valores para a produção de dióxido de carbono das suas indústrias por estes por terem sido omitidos. No entanto, verificou-se que Portugal e os EUA têm vindo a diminuir as suas emissões de CO₂ com Portugal a contribuir com valores mais baixos de emissões na produção de energia elétrica devido à sua contribuição anual da produção de energia a partir de FER.

No que toca a viabilidade económica para o proprietário, Portugal necessita de uma visão a longo prazo, um pouco como os EUA. Durante a elaboração deste trabalho concluiu-se que a legislação vigente em Portugal se encontra desatualizada. Apesar dos preços iniciais serem competitivos com mercados como o dos EUA, a diminuição periódica prevista da tarifa remuneratória e acima de tudo o incentivo à produção para venda de eletricidade ao invés do incentivo à produção para fazer face ao consumo próprio são uma desvantagem para qualquer utilizador, mesmo em localizações onde os melhores índices de produção foram obtidos, neste caso para Faro no sul do país. Vejamos o caso do regime geral, com uma taxa remuneratória tão baixa que o investimento inicial se torna um luxo para um país que atravessa um grave crise financeira. Nos Estados Unidos da América, o custo inicial demora mais tempo a ser amortizado mas o seu investimento torna-se financeiramente viável durante mais tempo. Convém que referir que o PTC irá findar no final de 2012, que acabará com um incentivo forte. Porém, os seus custos iniciais continuarão a ser baixos e as receitas durante todo o tempo de vida do sistema são economicamente mais favoráveis para o produtor que em Portugal.

Após a realização deste trabalho conclui-se que o potencial da energia fotovoltaica em Portugal é enorme, maior que os Estados Unidos da América, pois somos um país com um recurso solar privilegiado em quase todo o seu território e com um nível de utilização per capita superior. O único obstáculo na implementação em larga escala é meramente político. Se por um lado é preciso investir mais em inovação e desenvolvimento, novos materiais ou processos que permitam reduzir os custos ou aumentar a eficiência, poderíamos também reduzir os custos através da implementação de uma indústria fotovoltaica mais desenvolvida, com unidades fabris maiores, mais automatizadas e com menos desperdícios de modo a produzir componentes mais eficientes e acima de tudo mais baratos. No que toca a incentivos, o estado português deveria proporcionar ao seu utilizador taxas de incentivo mais baixas mas constantes, dado que os investimentos feitos hoje são menores, ou outros métodos que tornassem a utilização de sistemas solares PV economicamente viáveis. Em vez de vender energia, o proprietário do sistema deveria consumir a energia produzida evitando assim a aquisição de energia à rede elétrica, numa lógica de auto-consumo. Desta forma era possível contribuir para a independência energética do utilizador, evitar a importação de energia elétrica por parte do país e para a sua descentralização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashton, George et al. (2012) “Bloomberg New Energy Finance – The Future of Energy 2012 Results Book”. New York, USA 19-21 March 2012.
- Cochran, Jaquelin et al. (2012), “Integrating Variable Renewable Energy in Electrical Power Markets: Best Practices from International Experience”. Acedido em Junho de 2012 em: <http://www.uwig.org/53730.pdf>.
- DSIRE (2012), “Solar Incentive Program – CA”, em: http://www.dsireusa.org/incentives/incentive.cfm?Incentive_Code=CA09F
- DSIRE (2012), “Financial Incentives for Renewable Energy” Em: <http://www.dsireusa.org/summarytables/finre.cfm>
- EIA (2011), “Residential Average Monthly Bill by Census Division, and State 2010” em: http://www.eia.gov/electricity/sales_revenue_price/pdf/table5_a.pdf
- Energias de Portugal (2012), “Origens da Eletricidade”. Acedido a Março de 2012, em: <http://www.edp.pt/pt/empresas/precolivre/energiacorporate/Pages/EnergianaEDPComercial.aspx>.
- EPIA - European Photovoltaic Industry Association, “Global Market Outlook for Photovoltaic until 2016” (May 2012).
- Hills, Auburn . “UNI-Solar's thin-film laminate product.”, Acedido a 14 de Fevereiro de 2012 em: http://www.nrel.gov/data/pix/searchpix.php?getrec=15779&display_type=verbose&search_reverse=1.
- Platzer, Michaela D. (2012) “U.S. Solar Photovoltaic Manufacturing: Industry Trends, Global Competition, Federal Support”, 2012
- Portal CALFinder (2012), “New Jersey Solar Rebates and Incentives”, em: <http://solar.calfinder.com/rebates/new-jersey>
- Portal das Energias Renováveis, “Empresas – Solar”, 2012 em http://www.energiasrenovaveis.com/canalLinksDirectorioDetalhe.asp?ID_empresas=6&ID_area=27
- Portal Renováveis na hora (2012), “Dados Estatísticos de unidades de microprodução”, em: http://www.renovaveisnagora.pt/c/document_library/get_file?uuid=21b336a4-1e96-4577-8745-9950fa55d8ed&groupId=13360.
- Portal Renováveis na hora (2012), “Dados Estatísticos de unidades de microprodução”, em: http://www.renovaveisnagora.pt/c/document_library/get_file?uuid=91d0ec83-1dcb-4881-b7de-068987e1e380&groupId=13360.
- Portal Renováveis na hora (2012), “Legislação”. Acedido a 2 de Maio de 2012 em <http://www.renovaveisnagora.pt/web/srm/legislacao>.

- Portal Go Green for the world (2012), “Localização dos Parques Eólicos em Portugal” em <http://gogreenfortheworld.blogspot.com/2010/08/localizacao-dos-parques-eolicos-em.html>
- Portal Solar Energy.net (2010), “Top 10 Solar Friendly States”, em: <http://www.solarenergy.net/Articles/top-10-solar-friendly-states.aspx>
- Proença, Emanuel (2007). “A energia solar Fotovoltaica em Portugal”. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- SEIA (2012), “Solar Industry Data – US Market Installs 506MW in Q1 2012”, em <http://www.seia.org/research-resources/solar-industry-data>
- SEIA (2012), “Solar Market Insight Report 2012 Q1”, em: <http://www.seia.org/research-resources/solar-market-insight-report-2012-q1>.
- SEIA (2012), “Utility Scale Solar Project in the United States – Operating, Under Construction, or Under Development – Updated May,9 2012” Acedido em 13 de Junho de 2012 em http://solar.gwu.edu/Resources/MajorSolarProjects_SEIA.pdf
- Sequeira, Inês (2012), “Falta de água nas barragens faz disparar importação de eletricidade”. Acedido em Junho de 2012 em: <http://economia.publico.pt/Noticia/falta-de-agua-nas-barragens-faz-disparar-importacao-de-electricidade-1543271>
- Solarbuzz Market (March 2012), “Annual World Photovoltaic Market Review” Acedido a 21 de Abril de 2012 em, <http://www.solarbuzz.com/reports/marketbuzz>.
- Sovacool, Benjamin K. (2008), “Valuing the green house emissions from nuclear power: A critical survey”
- SEIA (2012), “Potential Impact of Solar PV on Electricity Markets in Texas” em: <http://www.seia.org/research-resources/potential-impact-solar-pv-electricity-markets-texas>
- United States Department of Energy – Energy Efficiency & Renewable Energy (2011), “Solar Technologies Market Report , 2010”, em: <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51847.pdf>
- Vattenfall, 2005 “Life-Cycle Assessment: Vattenfall’s Electricity in Sweden” em: http://www.vattenfall.com/en/file/2005-LifeCycleAssessment_8459810.pdf
- Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril “Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)”. Lisboa
- Decreto-Lei nº 339-C/2001, DR 300 Série I-A 1º Suplemento de 2001-12-29 “Altera o Decreto-Lei nº 168/99 de 18 de Maio, que revê o regime aplicável à actividade de produção de energia eléctrica, no âmbito do sistema independente” Ministério da Economia e do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa.
- Decreto-Lei nº225/2007 de 31 de Maio de 2007 “Concretiza um conjunto de medidas ligadas às energias renováveis previstas na estratégia nacional para a energia, estabelecida através da Resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005, de 24 de Outubro” Ministério da Economia e da Inovação e do Desenvolvimento, Lisboa
- Decreto-Lei nº 363/2007 de 2 de Novembro “Bases gerais de organização de funcionamento do Sistema Eléctrico (SEN)”, Ministério de Economia e Inovação

e do Desenvolvimento, Lisboa.

Decreto-Lei nº 34/2011 de 8 de Março “ Regime Jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de mini-produção” Ministério da Economia e Inovação e do Desenvolvimento, Lisboa

Decreto-Lei nº 132-A/2010 de 21 de Dezembro “Aprova, no âmbito da Estratégia Nacional da Energia 2020, o regime de atribuição de capacidade de recepção na Rede Eléctrica de Serviço Público da energia produzida em centrais solares fotovoltaicas”, Ministério da Economia e Inovação e do Desenvolvimento, Lisboa

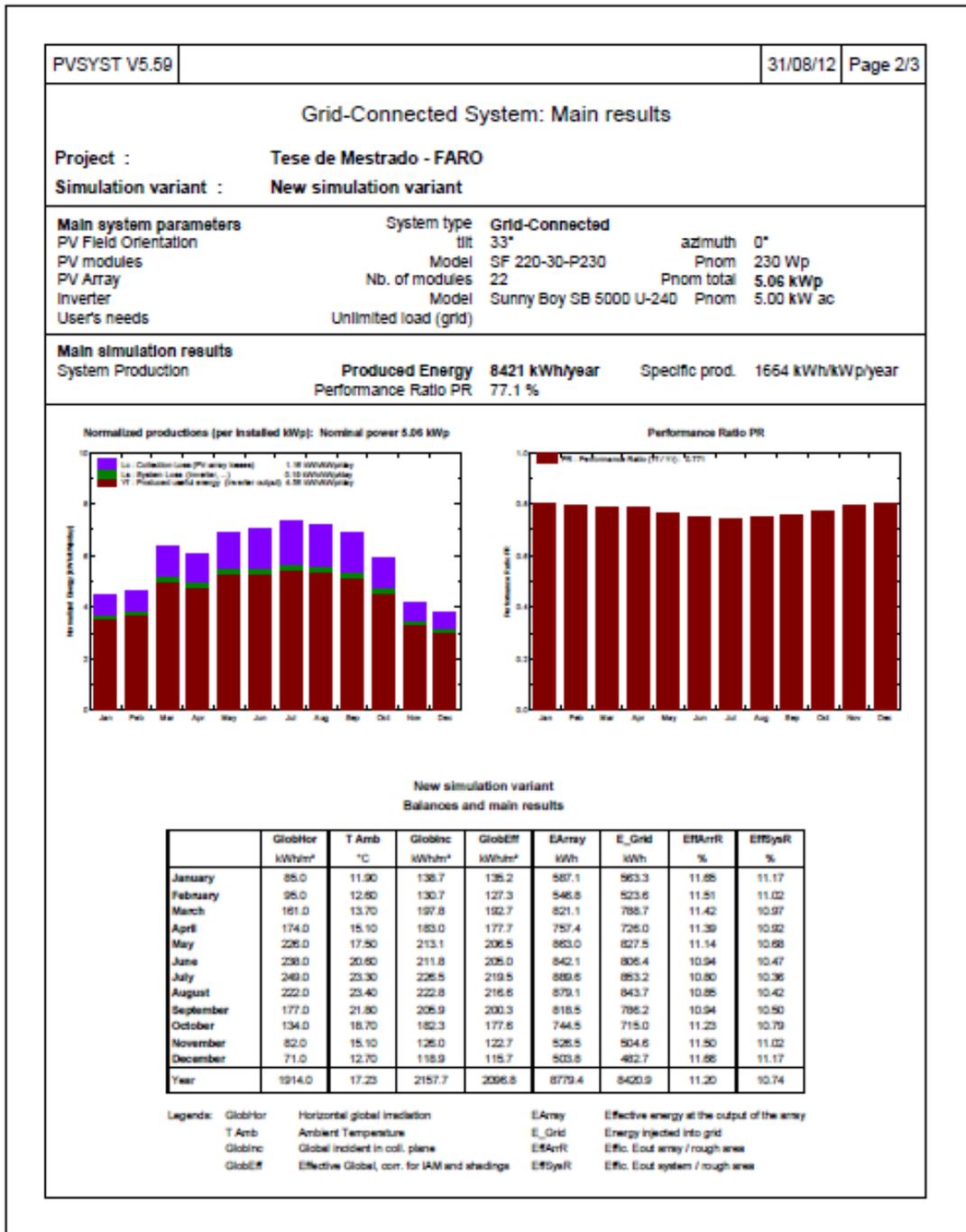
Warren, Ben e Perkins, Andrew (2011), “Renewable Energy Country attractiveness indices ”, Ernst & Young Report (2012).

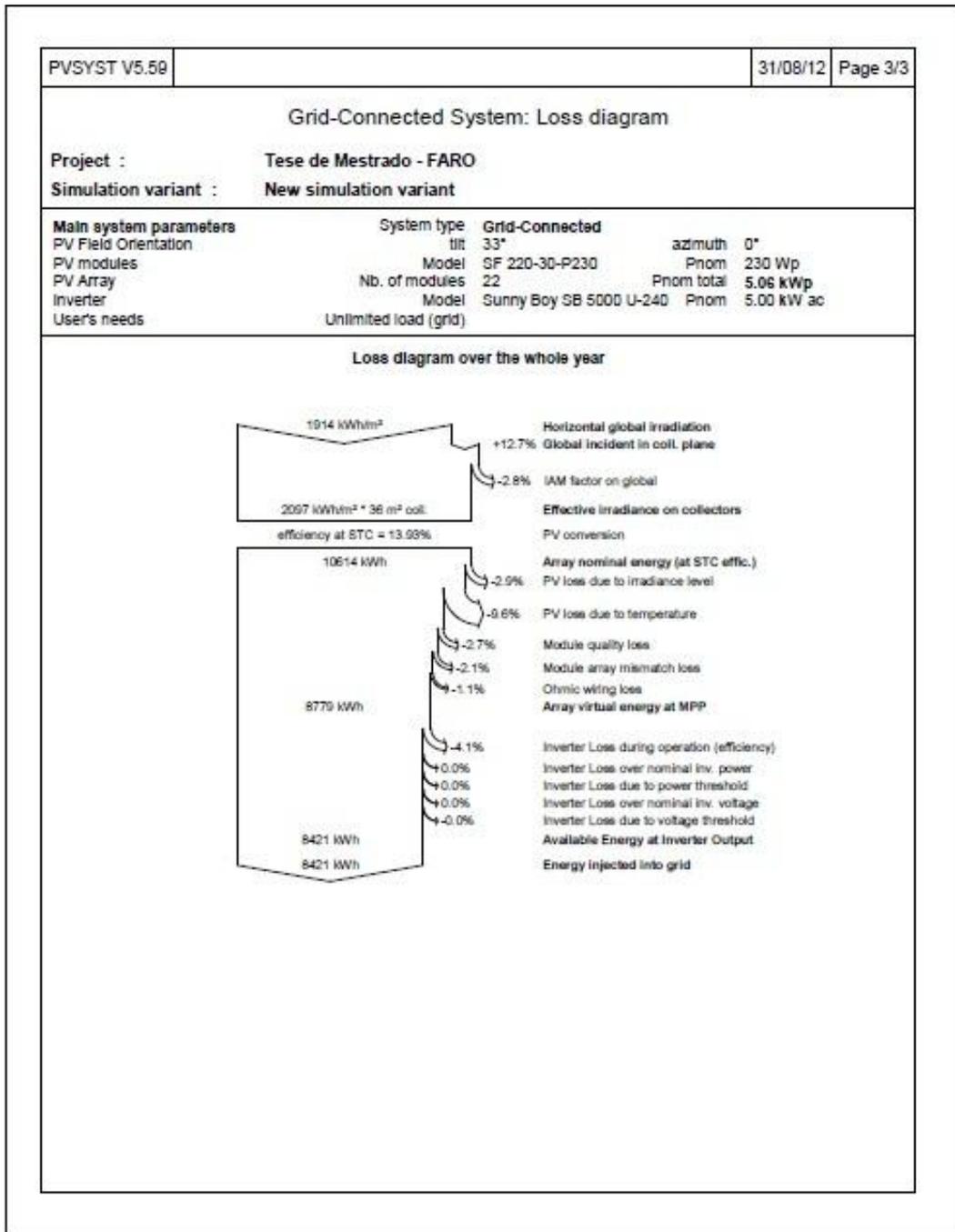
6. [ANEXO A]

O exemplo de seguida exposto é referente à simulação do sistema com 5,06 kW de potência de ligação e localização em Faro.

A.1 – Relatório PVsyst v5.59 – Faro

PVSYST V5.59		31/08/12		Page 1/3	
Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project :	Tese de Mestrado - FARO				
Geographical Site	Faro		Country	Portugal	
Situation	Latitude	37.0°N	Longitude	7.6°W	
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+1	Altitude	8 m	
	Albedo	0.20			
Meteo data :	Faro, Synthetic Hourly data				
Simulation variant :	New simulation variant				
	Simulation date	31/08/12 20h00			
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation	Tilt	33°	Azimuth	0°	
Horizon	Free Horizon				
Near Shadings	No Shadings				
PV Array Characteristics					
PV module	Si-poly	Model	SF 220-30-P230		
		Manufacturer	Hanwha SolarOne		
Number of PV modules	In series	11 modules	In parallel	2 strings	
Total number of PV modules	Nb. modules	22	Unit Nom. Power	230 Wp	
Array global power	Nominal (STC)	5.06 kWp	At operating cond.	4553 Wp (50°C)	
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	297 V	I mpp	15 A	
Total area	Module area	36.3 m²			
Inverter					
	Model	Sunny Boy SB 5000 U-240			
	Manufacturer	SMA			
Characteristics	Operating Voltage	250-480 V	Unit Nom. Power	5.00 kW AC	
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s	
--> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², Tamb=20°C, Wind=1 m/s.)			NOCT	56 °C	
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	323 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC	
Module Quality Loss			Loss Fraction	2.5 %	
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	2.0 % at MPP	
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1 - bo (1/cos I - 1)	bo Parameter	0.05	
User's needs :	Unlimited load (grid)				





7. [ANEXOS B]

B1 – Centrais fotovoltaicas de larga escala em funcionamento em Portugal:

- **Central Fotovoltaica Hércules (2007):** Está localizado na freguesia de Brinches do concelho de Serpa, uma das zonas mais ensolaradas da Europa. Ocupa uma área total de 64 hectares e é constituída por 52 mil painéis fotovoltaicos de silício monocristalino perfazendo uma potência total de 11 MW. O sistema de suporte é do tipo fixo. Esta central tem a capacidade para fornecer 21 GWh.
- **Central Solar Fotovoltaica da Amareleja (2008):** Instalado no concelho de Moura, tem uma potência de 46,41 MW, podendo fornecer energia elétrica a 30 mil residências (93GWh/ano). A captação da luz solar é feita através de 2520 seguidores solares biaxiais com 104 painéis cada um.
- **Parque Solar do Rosário:** Localizada em Almodôvar, abrange uma área de 22 hectares, e o seu sistema é composto por 426 seguidores (2.15MW), com uma média anual de 4GW/h/ano de produção
- **Central Solar de Ferreira do Alentejo:** Em funcionamento desde 2009 e localizada num terreno de 40 hectares a Oeste da vila de Ferreira do Alentejo, conta com uma capacidade instalada de 12 MW distribuídos por 45.500 painéis solares, com uma produção anual estimada de 19 GWh/ano. No concelho de Ferreira do Alentejo estão instalados ainda mais três centrais: central Solar de Ferreira, central da empresa Netplan e a central da empresa Earth Life, com potências de 10 MW, 1,8 MW (dividido em cinco pequenos sistemas) e 14 MW respectivamente.

B2 – Companhias sediadas em Portugal directamente ligadas à produção de componentes fotovoltaicos e de colectores térmicos:

- **OPEN RENEWABLE, SA**

Iniciou atividade no ano de 2007, empresa portuguesa, pertence ao Grupo Lobo e produz módulos solares de c-Si com potências por unidade entre os 85 e os 250 W DC. A sua capacidade máxima de produção é de 65 MW/ano e ainda produz e distribuí módulos solares da empresa alemã Bosch. Em 2011 a sua produção foi de 34 MW.

- **EURENER PORTUGAL**

Nasceu em 1997 no Centro Europeu de Empresas Inovadoras (CEEI) e é uma das empresas pioneiras da energia solar na Europa. Empresa espanhola, possui ambas as suas fábricas na Península Ibérica: Bigastro em Espanha e Torres Vedras em Portugal . Emprega 50 trabalhadores e produz cerca de 130000 painéis solares PV/ano (30 MW). Também fabrica coletores solares térmicos.

- **WS ENERGIA**

Criada em 2006 e com sede em Porto Salvo, além de ser distribuidora de inversores e painéis solares das maiores empresas mundiais, produz módulos solares térmicos (planos e concentradores cilíndricos) e seguidores móveis que permitem aumentar o rendimento de produção um sistema solar até 20%. A capacidade máxima de produção é de 40 MW de seguidores unidireccionais e 15 MW de seguidores bidireccionais.

- **MARTIFER SOLAR, SA**

Pertence ao grupo Martifer SGPS, SA criada em 1990. Com sede em Oliveira de Frades, iniciou a sua atividade em 2006 instalando sistemas em Portugal, Espanha (2007), Itália, Grécia e Bélgica e França (2008 e 2009) e apenas em Junho de 2009 é que dá início à produção de módulos solares em Portugal. Atualmente emprega cerca de 350 pessoas com uma capacidade de produção de 50 MW mas apenas produzindo 25 MW/ano. Em 2011 este valor foi de apenas 21,3 MW. Além disso, produz o seu próprio sistema de suporte fixo e de seguidores, uni e bidireccionais.

- **SOLAR PLUS – PRODUÇÃO DE PAINÉIS SOLARES SA**

Fundada em 2005, só em 2008 é que começou a produzir módulos de silício amorfo de tecnologia filme fino. Situada em Oliveira do Bairro, a sua capacidade de produção instalada é de 10 MW (5,5MW em 2011) mas prevê o aumento para 19 MW em 2013.

- **GLOBAL SUN**

Com sede em Braga, possui uma capacidade de produção de 30 MW em módulos solares fotovoltaicos policristalinos, principalmente utilizados para exportação. Possui um túnel horizontal para o “Flash Test” de classe “A” que lhe permite assegurar a qualidade do seu produto final.

- **OPEN PLUS – ENERGY SYSTEMS**

Dedica-se à produção de coletores solares térmicos e está localizada no Eco Park Empresarial de Estarreja desde 2004. A sua capacidade atual de produção é de aproximadamente 18000 coletores/ano. A exportação destes equipamentos é o principal objetivo. Efetua ainda serviços de monitorização para sistemas de produção PV e de biomassa. São certificados por normas europeias e americanas.

- **GOOSUN**

Fabrica módulos de silício mono cristalino de alta qualidade com potências nominal de 200 até 230 W/DC, garantindo rendimentos de produção, relativamente ao valor inicial de produção, de 90% a 10 anos e 80% a 25 anos. Fabrica e possui uma linha de sistemas de suporte para solo plano, para telhado e do tipo telheiro. Situada em Santa Maria da Feira, produz anualmente 10 MW de módulos solares PV principalmente utilizados na Microgeração, exportando para todos os cantos do mundo.

- **FLUITECNİK**

Empresa internacional espanhola com sede em Orkoien (Espanha), fabrica módulos solares PV de c-Si com potências a variarem entre os 80 W e os 280 W e kits de potência elétrica para sistemas isolados, utilizando os seus módulos. Além de vários escritórios por todo o mundo, possui 3 fábricas em Espanha, uma na China e uma em

Portugal, no Polo Tecnológico de Moura. Os seus níveis de produção são de 50 MW/anuais mas em 2011 apenas 25 MW foram fabricados.

- **MAGPOWER**

Criada em 2002 e com a sua sede em Lisboa, possui fábricas em Macau, Estados Unidos da América, e na África do Sul. Dedicar-se à produção de módulos térmicos e concentradores cilíndricos. Com uma produção anual de 54 MW, é uma das melhores empresas mundiais no seu ramo. No último quadrimestre de 2010 conseguiu alcançar o preço mundial mais baixo de energia solar (kWh) com o seu sistema MagSun® TRK-80, com uma eficiência superior a 27% demonstrada em diversas localizações mundiais.

B3 – Principais incentivos às FER em funcionamento nos Estados Unidos da América por estado:

- **NEW MEXICO**

Dias de sol anuais: 320-340 dias

Redução no custo do sistema através de incentivos estaduais/federais: 50-55%

A região sudoeste tem vindo a reconhecer os benefícios que a sua radiação solar anual lhe pode trazer. O seu RPS ordena que 20% da energia elétrica total do estado deverá ter origem em FERs até 2020. Até cerca de \$9000 em créditos fiscais podem ser poupados na instalação de sistemas solares fotovoltaicos e térmicos. O valor proveniente do NTP pode chegar a \$0,27/KWh durante 10 anos.

- **COLORADO**

Dias de sol anuais: 300-320 dias

Redução no custo do sistema através de incentivos estaduais/federais: 70-85%

A localização geográfica do estado permite-lhe tirar partido de quase 90% de dias de sol anuais e o estado, tirando partido dessa vantagem, incentiva a instalação de sistemas solares através de descontos, empréstimos e isenção de impostos. Possui um RPS forte de 30% até 2020 e o próprio estado incentiva a indústria solar no seu desenvolvimento e produção de componentes através de benefícios fiscais.

- **PENNSYLVANIA**

Dias de sol anuais: 160-180 dias

Redução no custo do sistema através de incentivos estaduais/federais: 50-55%

A produção de energia em centrais elétricas a carvão ainda detém a maior percentagem de produção de eletricidade neste estado, por isso os políticos viram-se forçados a alterar esta tendência e incentivar o uso de FER. Os custos das licenças de construção e elétricas foram substancialmente reduzidas com a introdução de apenas uma que engloba ambas.

- **MARYLAND**

Dias de sol anuais: 200-220 dias

Redução no custo do sistema através de incentivos estaduais/federais: 35%

O programa de incentivos solares da Maryland Energy Administration (MEA) recebeu em 2009 um conjunto de fundos da Regional Green House Gas Initiative (RGGI) com o objetivo de reduzir as emissões de dióxido de carbono e cativar a utilização de FER. Os PPAs são permitidos em algumas das suas jurisdições e os lucros provenientes de NMP são elevados.

- **MASSACHUSETTS**

Dias de sol anuais: 200-220 dias

Redução no custo do sistema através de incentivos estaduais/federais: 35-45%

O estado de Massachusetts concentra esforços anualmente na implementação de sistemas solares fotovoltaicos e térmicos nas suas instalações governamentais e nas suas escolas públicas. O estado investe anualmente 68 milhões de dólares para reduzir os custos destas instalações e ajudar em outros projetos pontuais, em especial projetos residenciais e novas construções. O NMP está disponível para instalações até 10 MW e em algumas jurisdições os PPA são permitidos.

- **CONNECTICUT**

Dias de sol anuais: 200-220 dias

Redução no custo do sistema através de incentivos estaduais/federais: 45%

A maior parte dos programas de incentivos estão ao abrigo do fundo Connecticut Clean Energy Fund (CCEF). Além destes incentivos, o RPS já requer que até 2020, 27%, mais de um quarto do total da energia produzida, provenha de uma combinação de FERs.

- **NEW JERSEY**

Dias de sol anuais: 240-260 dias

Redução no custo do sistema através de incentivos estaduais/federais: 35%

O estado de New Jersey tenta aumentar o seu já elevado número de instalações fotovoltaicas, 313 MW em 2011 (em 2010 era o 2º maior estado produtor de energia solar PV, com 12% do mercado). O seu RPS para 2011 para instalações solares era de 306 GWh e de 5316 GWh para 2026. Os descontos estaduais em 2010 totalizavam 47 milhões de dólares com destaque para o Renewable Energy Incentive Program (REIP) que para sistemas residenciais, reduzindo \$1,55/watt. A implementação de um sistema de créditos, o Solar Renewable Energy Credits (SREC), ainda em uso em 2012, também valoriza financeiramente a performance de um sistema, atribuindo-lhes \$560/MWh de produção e permite às companhias elétricas utilizarem-no como um complemento dos RPS de forma a valorizarem os seus sistemas. Em 2010, sistemas que beneficiaram dos créditos SREC, totalizaram 77% das novas instalações.

- **CALIFÓRNIA**

Dias de sol anuais: 320-340 dias

Redução no custo do sistema através de incentivos estaduais/federais: 50%

A iniciativa California Solar Initiative (CSI), em vigor desde 2007, é um programa de 10 anos com um orçamento de 3,3 mil milhões de dólares. A grande parte desta iniciativa é destinada a descontos e incentivos baseados na performance dos sistemas, de novos produtores desde que estejam inseridos numa das três maiores companhias elétricas da Califórnia: Pacific Gas and Electric (PG&E), Southern California Edison (SCE) e San Diego Gas and Electric (SDG&E). Para sistemas residenciais, este incentivo é \$1,62/W. Em 2010, 227 milhões de dólares foram utilizados em incentivos da CSI, totalizando 175MW de novas instalações. O valor de RPS era de 20% para 2010 e 33% para 2020. Estes valores elevados levaram a que 58 MW em 90 MW de novas instalações criadas em 2010 pelas próprias companhias elétricas, fossem construídas no estado vizinho do Nevada mas com a totalidade da eletricidade produzida a ser usada no estado da Califórnia.