

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

Título¹:

“A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental”.

Autor:²

Furtado Mendes, M. C.

Resumo:

Neste artigo pretendemos abordar a relação entre museologia e proteção do meio ambiente tendo em conta que há necessidade premente de por todos os meios disponíveis salvuardarmos a continuidade da vida de todos os Seres que habitam este Planeta.

Com essa finalidade apresentamos algumas soluções técnicas relativamente à utilização da energia solar com utilização na produção de eletricidade passível de ser aplicada nos edifícios destinados a Museus ou Centros Culturais.

Propõe-se e desenvolve-se a energia solar fotovoltaica como solução de elevado nível de eficiência para produção de energia elétrica uma vez que é de fácil integração em praticamente todos os revestimentos e/ou estruturas de edifícios quer existentes quer a construir de raiz.

Palavras-chave: Museus, Energias Renováveis, Energia Solar Fotovoltaica e Sustentabilidade Ambiental.

¹ Este texto foi escrito segundo as normas do acordo ortográfico da língua portuguesa, assinado em 16 de dezembro de 1990.

² Doutor em Museologia, na linha de investigação em Novas Tecnologias, pela ULHT (Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias), Lisboa, com a tese: “O uso de energias renováveis em edifícios de Museus” de 2011;

Professor na ULHT (Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias), Lisboa;
Engenheiro Civil, pelo IST (Instituto Superior Técnico), Lisboa e detentor do grau de membro Sênior da Ordem dos Engenheiros.

Introdução

Este artigo pretende sistematizar e apresentar algumas soluções técnicas disponíveis no mercado internacional relativamente à utilização da energia solar para a produção de eletricidade e passível de ser aplicada em edifícios destinados a Museu ou Centros de Cultura.

Salienta-se a importância atual da utilização das energias renováveis e das tecnologias emergentes, como meio de contribuir para a preservação ambiental do nosso planeta, bem como para garantir a sustentabilidade económico-financeira das instituições museológicas ou culturais.

Referem-se algumas das diferentes tecnologias e materiais para produção das células solares fotovoltaicas, como estas transformam diretamente a luz solar em energia elétrica e como formam módulos e/ou painéis solares fotovoltaicos com os quais é produzida a energia elétrica.

Abordam-se os custos da energia solar fotovoltaica e referem-se modelos de módulos e painéis solares fotovoltaicos disponíveis no mercado internacional, com elevado nível de eficiência e fácil integração em praticamente todos os revestimentos de edifícios, quer seja fachadas ou de coberturas, sem alterar ou alterar muito pouco a sua estética se for edifício existente, ou de proporcionar várias alternativas arquitetónicas em edifícios a construir de raiz.

Apresentam-se também alguns dados estatísticos significativos da produção da energia fotovoltaica no Mundo atual.

1. A Museologia e a proteção do meio ambiente

Nas décadas de sessenta e setenta do século XX, a sustentabilidade ambiental surgiu como um problema grave do meio ambiente. Reflexo desta preocupação com o ambiente foi o desenvolvimento da Ecologia e a elaboração e assinatura de diversas Cartas, Convenções e Recomendações Internacionais, que se constituem como as primeiras tentativas organizadas a nível mundial para a preservação do património natural.

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

Da leitura de alguns diplomas produzidos pela ONU - Organização das Nações Unidas³, pela UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura⁴, pelo ICOMOS - Conselho Internacional de Monumentos e Sítios⁵ e pelo Conselho da Europa⁶ concluímos da existência de pontos de contacto e preocupações idênticas entre a Museologia contemporânea e as políticas para a preservação do meio ambiente, agora considerado uma nova categoria de Património a preservar. Esta importante ligação entre o campo científico da Museologia e o meio ambiente abre-nos uma porta para avançarmos com a proposta de recomendação das enormes vantagens de aplicação de energias renováveis e limpas nos edifícios onde estão instalados Museus e/ou Centros de Cultura.

Podemos assim afirmar que a Museologia contemporânea está intrinsecamente ligada à proteção ambiental, facto que consideramos extremamente importante dado que pode cada vez mais contribuir para localmente, sensibilizar as comunidades e instituições com responsabilidades governativas da necessidade que há na manutenção da sustentabilidade ambiental.

Também os Museus assumem cada vez com maior frequência a sua função social e de responsabilidade social para com o seu meio envolvente, devendo impor-se como exemplos de referência na promoção e adoção de medidas que visem a proteção e sustentabilidade ambiental.

Atualmente constatamos da elevada preocupação e consciencialização de muitos países do Mundo com as alterações climáticas e a possível destruição da biodiversidade e dos ecossistemas naturais a curto prazo, tendo estes factos dado origem à primeira conferência sobre o “Meio Ambiente” ocorrido em Estocolmo no ano 1972, sob a égide da Nações Unidas. Aqui estiveram presentes representantes de mais de uma centena de países e de mais de quatro centenas de organizações governamentais e intergovernamentais tendo servido para dar início a uma moderna formulação da questão do Meio Ambiente Global, donde resultou a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

³ “Declaração sobre as Responsabilidades das Gerações Presentes para com as Gerações Futuras”, 1977.

⁴ “Convenção Relativa às zonas húmidas e de importância internacional”, 1971; “Convenção do Património Mundial, Cultural e Natural”, 1972; “Carta de Nairobi”, 1976 e “Declaração Universal sobre a Diversidade Cultural”, 2001.

⁵ “Carta de Turismo Cultural”, 1976.

⁶ “Apelo de Granada”, 1976.

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

Em 1992 muitos países se reuniram no Rio de Janeiro também sob a égide das Nações Unidas na Conferência sobre o “Meio Ambiente e Desenvolvimento” e mais tarde em Quioto no ano de 1997 assinou-se um protocolo sobre a proteção ambiental através da redução das emissões de gases tóxicos que só viria a entrar em vigor a 16 de Fevereiro de 2005. Recentemente, dezembro de 2011, sob a égide da ONU, ocorreu a conferência de Durban onde estiveram presentes representantes de muitos países e se voltaram a debater os graves problemas para a humanidade que advém das emissões dos gases nocivos lançadas na atmosfera pelos países industrializados e/ou em vias de desenvolvimento. Mas, infelizmente adiaram-se a tomada de medidas que poderiam obrigar os países poluidores a reduzir essas emissões para o ano de 2020.

Recordamos que a forma como o Ser Humano tem feito a transformação e o aproveitamento da energia ao longo da sua existência provocou sempre, direta ou indiretamente, algum impacto com efeitos mais ou menos prejudiciais no meio ambiente, desde a construção de pequenas represas a grandes barragens, ou de um simples moinho de vento a um qualquer tamanho de parque eólico.

Assim, entendemos que atualmente a captação e transformação da energia deve contemplar fontes renováveis e limpas e meios técnicos cujos impactos ambientais negativos sejam reduzidos ao mínimo, evitando-se assim consequências nefastas para a biodiversidade.

A adoção de hábitos mais respeitadores do meio ambiente afigura-se-nos uma das maiores e mais importantes responsabilidades de todos os governos do mundo. Esta atitude deve pautar-se por incentivar fortemente a investigação nas áreas científicas para cada tipo de fonte de energia e incentivar a utilização de tecnologias menos agressivas para o meio ambiente e incentivar a utilização das energias renováveis.

2. As diferentes energias renováveis disponíveis

Energias renováveis são todas as formas de produção de energia cuja utilização é inferior à sua renovação sem que o ambiente se deteriore com explorações muito ou pouco intensivas. As principais fontes de captação e produção de energia que mostramos esquematicamente na Figura 1, têm diferentes origens: da crosta terrestre (energia geotérmica), gravitacional (energia das ondas e marés), da radiação solar (energias solar térmica e fotovoltaica), da precipitação e nascentes (energia hídrica),

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

energia cinética do vento (energia eólica) e a obtida a partir dos resíduos das florestas, agrícolas, urbanos e industriais (biomassa).

Qualquer uma destas energias renováveis embora captadas e produzidas em locais e condições distintas, são passíveis de utilização em qualquer lugar e/ou tipo de edifício sendo que, para algumas delas é necessário a existência de uma rede de distribuição para o seu transporte e distribuição a partir dos locais onde forem instaladas as centrais ou centros de produção.



Figura 1
Esquema ilustrativo dos tipos de energias renováveis
Fonte: <http://www.portal-energia.com/fontes-de-energia>

Verificamos que nos dias de hoje a utilização massiva de energias renováveis em edifícios destinados a Museus ou Centros de Cultura não tem tido grande relevância. Por isso, entendemos que é fundamental sensibilizar dando a conhecer estas energias e as suas potencialidades a todos quantos interfiram nas tomadas de decisão, quer ao nível da direção dos Museus ou Centros de Cultura quer às instituições que os tutelem, para assim se tornar mais fácil implementar uma ou mais fontes de energia renovável nestes equipamentos culturais existentes ou a construir de raiz, contribuindo-se por esta via para a sustentabilidade ambiental e económica do nosso Planeta.

Todas as fontes de captação e produção de energia, incluindo as de energias renováveis, estão devidamente regulamentadas por legislação detalhada de origem nacional e internacional. Indo ao detalhe de incluir áreas como as relacionadas com a sua captação, exploração, o seu transporte, a sua instalação, segurança no transporte e na utilização, preços de venda, incentivos e benefícios fiscais e eventual participação direta na compra de alguns dos equipamentos necessários à captação e produção de algumas energias, especialmente daquelas que se enquadrem nas denominadas captações Míni e Microprodução, designação atribuída por alguns governos para assim se diferenciar das grandes ou médias produções energéticas.

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

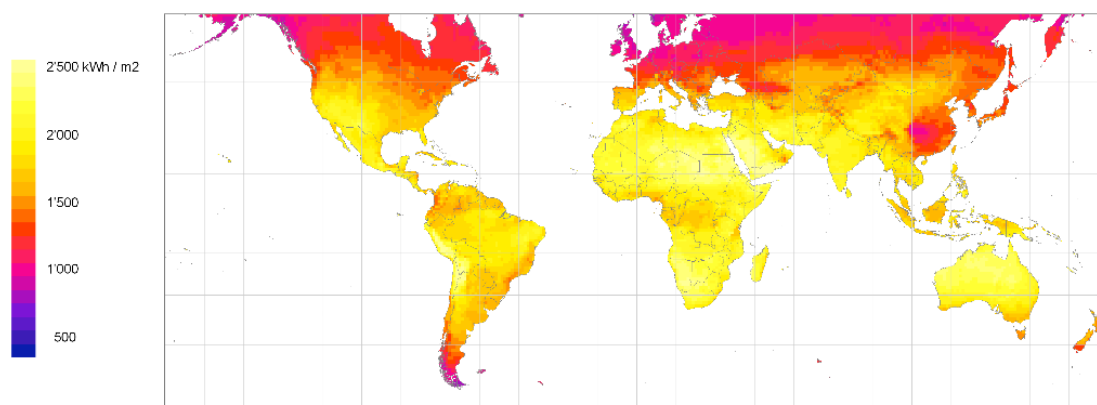
É importante referir que, de acordo com a International Energy Agency (IEA), até ao ano de 2030 se prevê o crescimento da procura de energia elétrica em 119% no setor residencial, 97% nos serviços e 86% na indústria. Significa isto que estamos perante uma perspetiva de crescimento bastante positiva que fundamenta o desenvolvimento e implementação a nível mundial de fontes de captação e produção de energias renováveis, visando a sobrevivência do meio ambiente e uma forte contribuição para a sustentabilidade económica.

3. A Energia Solar Fotovoltaica como fonte privilegiada para utilização nos edifícios destinados a Museus ou Centros de Cultura

Sendo o Sol a fonte principal de energia do nosso Planeta e um recurso inesgotável e constante é com a sua presença que todos os Seres vivos existentes sobrevivem. É portanto um bem precioso que abunda durante muitas horas por dia e muitos dias durante o ano na maioria dos países do mundo, como se pode visualizar na Figura 2.

“Energia solar” é a designação dada à captação de energia luminosa oriunda do Sol e à posterior modificação dessa energia por forma a poder ser utilizada diretamente para o aquecimento de águas e indiretamente para a obtenção de energias mecânica e elétrica.

Yearly sum of global irradiance



Source: Meteonorm 6.0 (www.meteonorm.com); uncertainty 10%
Period: 1981 - 2000; grid cell size: 1°

June 2008



Figura 2

“Global Radiation Map of World”

Fonte: http://meteonorm.com/fileadmin/user_upload/maps/world_global_8100.png

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

A energia solar fotovoltaica, resultando na conversão direta das radiações solares em energia elétrica, é uma das fontes energéticas renováveis que tem apresentado ao longo dos últimos anos um elevado desenvolvimento tecnológico. Os sistemas fotovoltaicos existentes no mercado internacional têm conseguido da comunidade científica e técnica mundial uma enorme atenção tendo como consequência direta uma aceitação significativa como uma das grandes oportunidades para o setor energético atual e muito promissor num futuro próximo.

Começou a ser desenvolvida intensamente há algumas dezenas de anos, a partir da já longínqua descoberta realizada em 1839, do efeito fotovoltaico pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel com apenas 19 anos de idade, que observou pela primeira vez o paramagnetismo do oxigénio líquido. O Jovem Físico fazia experiências eletroquímicas quando, por acaso, observou que a exposição à luz de elétrodos de platina ou de prata originava o efeito fotovoltaico⁷ e a partir deste proporcionou a construção da primeira célula fotovoltaica.

Na sequência desta descoberta, desenvolveu-se em 1877 o primeiro dispositivo para produção de eletricidade, com uma camada de selénio depositado num substrato de ferro em que uma outra camada de ouro muito fino servia de contacto frontal. Este mecanismo oferecia uma eficiência⁸ de conversão da energia solar em energia solar fotovoltaica de aproximadamente 0,5%.

Foi Russel Ohl⁹ em 1941, quem inventou a primeira célula solar fotovoltaica de Silício e considera-se que a era moderna da energia solar fotovoltaica começou em 1954 quando Calvin Fuller, químico americano dos Bell Laboratories, em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, desenvolveu o processo chamado de dopagem¹⁰ do silício. Calvin partilhou a sua descoberta com o físico Gerald Pearson, seu colega nos Bell Laboratories e este, seguindo as instruções de Calvin, produziu uma junção p-n (silício do «tipo p» como sendo a carga positiva e silício do «tipo n» como sendo a carga negativa, o que, em conjunto, origina um campo elétrico permanente), ou

7 O efeito fotovoltaico é a transformação direta da radiação solar em energia elétrica.

8 A eficiência de conversão, ou rendimento, de uma célula fotovoltaica é definido como o quociente entre a potência da luz que incide na superfície da célula fotovoltaica e a potência elétrica disponível nos seus terminais.

9 Engenheiro Americano, (January 1898-March 1987).

10 A influência do alumínio nas propriedades estruturais e eletrónicas no Silício Amorfo.

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

díodo, mergulhando num banho de lítio, uma barra de silício dopado, com um elemento doador eletrónico.

As primeiras células solares assim produzidas tinham alguns problemas técnicos que foram superados pela química quando Calvin dopou silício, primeiro com arsénio e depois com boro, obtendo células com uma eficiência recorde de cerca de 6%. Em 1954, Daryl M. Chapin e colaboradores da Companhia Bell Laboratorie, nos Estados Unidos da América, publicaram um primeiro artigo sobre células solares em Silício e em simultâneo registaram a patente de uma célula com uma eficiência de 4.5%.

Sendo que a primeira célula solar foi formalmente apresentada na reunião anual da National Academy of Sciences em Washington e anunciada numa conferência de imprensa a 25 de Abril de 1954. No ano seguinte (1955) as células de silício viram a sua primeira aplicação com enorme êxito, como fonte de alimentação de uma rede telefónica em Americus, na Geórgia (Figura 3). Tratou-se de um painel solar construído com nove células de 30 mm de diâmetro cada.



Figura 3
Aplicação de célula solar em rede telefónica,
Americus, na Geórgia, E. U. A.
Fonte: <http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>

Embora os resultados desta experiência tivessem sido extraordinários, percebeu-se desde logo que o preço a que ficavam as células era muito elevado e assim só deveriam ser usadas em aplicações consideradas muito especiais, como sendo a produção de energia eléctrica no Espaço.

Decorrido que está um pouco mais de meio século desde a construção da primeira célula solar de silício, a tecnologia fotovoltaica atingiu finalmente uma fase de grande maturidade, permitindo mesmo antecipar que nas próximas décadas a energia solar fotovoltaica possa vir a transformar-se numa das mais importantes fontes de

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

produção de energia elétrica, fornecendo as necessidades energéticas de muitos edifícios e de diferentes setores económicos.

Para que esta previsão se concretize é necessário e fundamental o empenho governamental de todos os países nesta fase de implementação massiva desta energia com a contribuição de incentivos fiscais e alguns apoios económicos para a aquisição de equipamentos de captação e produção e assim, poder suster-se os impactos dos choques petrolíferos e as graves alterações climáticas devido à emissão de gases poluentes que estão destruindo o Planeta.

3.1.1 As diferentes tecnologias existentes para a sua captação

A produção de eletricidade a partir do uso de células fotovoltaicas é ainda um pouco mais cara do que a obtida, por exemplo, em centrais de carvão¹¹, mas há apenas duas décadas essa diferença era cerca de vinte vezes mais elevada. No entanto, achamos que não podemos considerar apenas o seu custo, uma vez que se trata de um benéfico investimento para a sustentabilidade ambiental, sem a qual nada fará sentido.

Os principais tipos de células solares atualmente existentes são: **células de silício monocristalino, policristalino, amorfo, de filmes finos e orgânicas.**

As **células de silício monocristalino**, obtêm-se a partir de barras cilíndricas de Silício monocristalino produzidas em fornos especiais, das quais são cortadas fatias com cerca de 0,4 a 0,5 mm de espessura. Têm um rendimento elétrico bastante bom, cerca de 16% que em laboratório chega a atingir cerca de 23%. As técnicas utilizadas para a sua produção têm um custo e um grau de complexidade elevados, sendo necessária uma grande quantidade de energia para o seu fabrico dado que utiliza materiais num elevado estado de pureza e com uma estrutura cristalina perfeita.

As **células de silício policristalino** são produzidas a partir de blocos de silício obtidos por fusão do silício puro em moldes próprios para esse efeito. Aí arrefece lentamente solidificando-se, dando origem a que os átomos não se organizem num único cristal, mas formando-se uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre cristais. Têm um custo de fabrico bastante baixo porque necessitam de

¹¹De acordo com Renewable Energy: RD&D Priorities, OECD/IEA, os preços de venda da energia elétrica gerada pelas centrais a carvão situa-se em cerca de 0,25€/kwh enquanto a energia fotovoltaica pode ser colocada no mercado a preços que variam entre 0,18€ e 0,35€/kwh

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

menos energia para esse efeito, sendo o seu rendimento elétrico entre 11% e 13%, embora em laboratório cheguem a atingir cerca de 18%. Este rendimento é o reflexo direto causado pela imperfeição do cristal.

As **células de silício amorfo** obtidas por meio da deposição de camadas muito finas de Silício sobre superfícies de vidro ou metal, são as mais económicas mas também as de menor rendimento elétrico, situando-se entre 8% a 10% e em laboratório atingem cerca de 13%. Estas células de películas muito finas permitem o uso como material de revestimento por cima de qualquer material de construção, tirando-se desse facto o grande proveito energético.

As **células de filmes finos** são normalmente obtidas a partir do silício amorfo (a-Si), sendo uma tecnologia fotovoltaica para as películas muito finas como o próprio nome indica. Nas células de filme fino pode ser utilizado qualquer semicondutor devido à pequena quantidade de material utilizado.

As **células orgânicas**, embora com uma grande versatilidade e um potencial de aplicações bastante vasto, são produzidas a partir de derivados do petróleo pelo que achamos que, sempre que possível, devem ser preteridas face à sua origem em energias poluentes e finitas.

Com estas tecnologias, são produzidos diversos tipos de módulos e painéis solares fotovoltaicos cujas aplicações permitem encontrar variadas soluções técnicas para a produção de energia elétrica, perfeitamente enquadradas nos revestimentos de qualquer tipo de edifício e em qualquer das suas áreas envolventes junto ou afastado dos edifícios, ou apenas locais isolados com necessidades energéticas. Salienta-se que as células de filmes finos podem ser colocadas sob substratos de custos baixos como é o caso do vidro, aço e alguns tipos de plásticos.

A partir das células referidas foram desenvolvidos módulos e painéis solares flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes e com superfícies curvas que estão a possibilitar ao mercado fotovoltaico uma enorme possibilidade de aplicações. A sua perfeita integração e o facto de oferecerem uma aparência e estéticas muito atraentes, com aplicações arquitetónicas muito diversas, tem ocasionado a que o silício amorfo (a-Si) tenha encontrado no setor da construção civil, um forte impacto e grande aceitação, substituindo materiais de revestimento final tanto em coberturas como em fachadas de edifícios, independentemente do seu tipo ou função.

3.1.3 O estado da Energia Solar Fotovoltaica no Mundo

A potência fotovoltaica total instalada e os custos significativos dos sistemas fotovoltaicos que existem numa grande parte dos países do Mundo, é uma realidade estudada por meio de análises estatísticas realizadas pela IEA-PVPS (International Energy Agency - Photovoltaic Power Systems Programme), que reúne e prepara os preços recolhidos e posteriormente os publica segundo uma classificação direcionada para os sistemas fotovoltaicos mais utilizados, que mencionamos seguidamente:

- off-grid domestic - Sistemas que produzem energia elétrica e fornecem pequenos locais de consumo com necessidades de fracas potências, principalmente em locais afastados dos centros urbanos;
- off-grid non-domestic - Sistemas que geram energia elétrica e alimentam naquele local equipamentos variados como os que encontramos colocados em estradas e auto-estradas para controlo de tráfego e disponibilização de elementos necessários a automobilistas, naves espaciais, aviões comerciais ou navios para auxílio no controlo das suas direções;
- grid-connected distributed - Sistemas que geram energia elétrica e abastecem qualquer tipo de edifícios de média ou grandes dimensões e que podem estar ligados à rede elétrica de distribuição geral. Uma vez que a energia produzida e não consumida será remetida para esta rede geral a potência utilizada nestes sistemas pode ser bastante variável;
- grid-connected centralized - Sistemas que produzem energia elétrica e colocam-na unicamente na rede elétrica de distribuição geral.

No quadro apresentado na Figura 4 verificamos que nos países estudados pela IEA-PVPS a potência instalada em sistemas de captação de energia fotovoltaica atingiu no final de 2011 o valor aproximado de 63.611.000,00 KWp¹², quantidade que já é extremamente significativa.

¹² Watt-pico (Wp) é a unidade definida para medir a potência em pico; é uma potência de referência, que significa radiação que incide igual a 1000W/m², com a temperatura da célula fotovoltaica a 25°C. O Kilowatt pico (KWp) corresponderá a x 1000W/m².

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

Country	Cumulative off-grid PV capacity* (MW)		Cumulative grid-connected PV capacity (MW)		Cumulative installed PV power (MW)	Cumulative installed per capita (W/Capita)	PV power installed during 2011 (MW)	Grid-connected PV power installed during 2011 (MW)
	domestic	non-domestic	distributed	centralized				
AUS	101,8	62	1 236,8	7,4	1 407,9	62,1	837	761
AUT	4,5		182,7		187,2	22,1	91,7	91
BEL					2 000	182,6	963	963
CAN	23,3	37,7	131,6	366,1	558,7	16,0	277,6	276,7
CHE	4,4		204,1	2,6	211,1	26,5	100,2	100
CHN	81,8	36,3	774	2 391,9	3 300	2,4	2 500	2 485
DEU			24 820		24 820	303,2	7 500	7 500
DNK	0,3	0,5	15,9	0	16,7	3,0	9,7	9,5
ESP					4 260	92,0	345	345
FRA	29,4		2 289	513	2 831,4	43,3	1 634,1	1 634
GBR					976	15,7	899	899
ISR	3,5	0,3	186	0	189,7	24,1	119,6	119,4
ITA		10	4 208,7	8 584,2	12 802,9	210,5	9 304,6	9 303,6
JPN	5,5	97,7	4 741,5	69,2	4 913,9	38,5	1 295,8	1 291,3
KOR	1	5	177,3	629	812,3	16,7	156,7	156,7
MEX	27,4		7,7	2	37,1	0,3	6,5	4,5
MYS	11		2,5		13,5	0,3	0,9	0,9
NLD	5,4		126		131,4	7,9	43	43
NOR					9	1,8	< 1	< 1
PRT	3,2		140,4		143,6	13,6	12,8	12,7
SWE	5,7	0,8	8,87	0,4	15,8	1,7	4,3	3,6
TUR					7	0,1	1	1
USA			2 828	1 137	3 966	12,6	1 867	1 867
Estimated totals for all IEA PVPS countries (MW)	1 190		62 421		63 611		27 970	27 869

Figura 4
Distribuição por países da energia fotovoltaica acumulada
Fonte: <http://www.iea-pvps.org/>

Nos últimos anos houve um enorme progresso tecnológico que originou um acréscimo significativo da quantidade de captações de energia solar a ligarem-se à rede elétrica de distribuição pública, situação que revela um crescente interesse na utilização desta energia como se pode verificar na Figura 5, onde podemos constatar que no final do ano de 2011 este tipo de aplicações equivalia a 100% de todas as instalações fotovoltaicas instaladas.

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

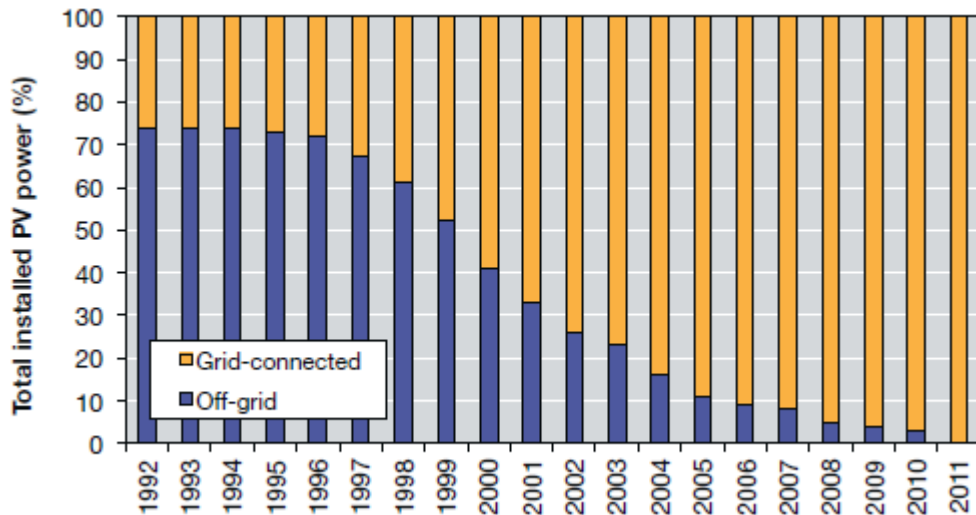


Figura 5

Percentagens acumuladas das energias referentes aos sistemas Grid-Connected e Off-Grid

Fonte: <http://www.iea-pvps.org/>

3.1.4 Os diferentes módulos ou painéis e células solares fotovoltaicas, suas aplicações e vantagens

Como resultado do desenvolvimento científico e tecnológico relativamente aos meios técnicos disponíveis para transformação da energia solar fotovoltaica em energia elétrica, indicamos a seguir os tipos de células, módulos e painéis fotovoltaicos que o mercado internacional atualmente tem disponíveis. Nas Figuras 6 a 10, apresentamos algumas das mais recentes soluções passíveis de serem utilizadas na instalação de sistemas fotovoltaicos e salientamos o facto de estes constituírem uma alternativa razoável para o revestimento final dos edifícios e que, por isso, representam mais um elemento de embelezamento à disposição dos projetistas dos Museus ou Centros de Cultura.

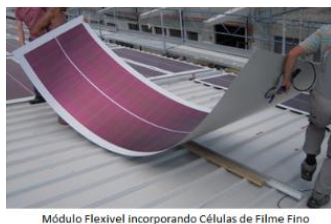


Figura 6

Módulo fotovoltaico flexível composto de células de filmes finos

Fonte: http://www.flexcell.com/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=43

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental



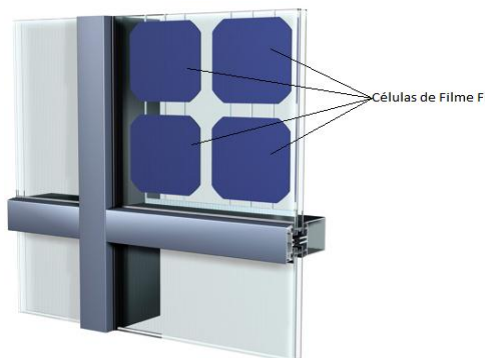
Telhas Solares Fotovoltaicas
incorporando Células de Filme Fino

Figura 7
Telhas solares fotovoltaicas compostas de
células de filmes finos

Fonte: <http://www.portal-energia.com>



Figura 8
Cobertura com telhas solares fotovoltaicas
incorporando Células de Filmes finos
Fonte: <http://buildaroo.com/news/pt/article/dow-solar-powerhouse-solar-roofing-shingles/>



Módulo de Vidro Transparente

Figura 9
Vista de módulo com células de Filmes
finos, em envidraçado
Fonte: <http://www.sapagroup.com/Companies/Sapa%20Portugal%20S.A/Noticias/CatalogoSapaSolar.pdf>

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental



Figura 10
Vista de um painel solar fotovoltaico
com aplicações múltiplas sobre
qualquer superfície ou isoladamente
Fonte: Sapa Solar

4. Custos da energia Solar Fotovoltaica

Para se proceder ao cálculo dos custos relativos às instalações dos sistemas fotovoltaicos toma-se como referência unitária o preço do Wp, em USD/Wp¹³.

Incluem-se neste preço os dispositivos, tais como os painéis e estruturas para a sua fixação, coletores, baterias, acessórios de ligação e controlo e transporte, assim como os trabalhos de construção civil que lhe estão associados, até a energia estar disponível para uso do consumidor final.

Segundo a IEA, no ano de 2011 ocorreu um decréscimo nos custos de aquisição de módulos e de sistemas fotovoltaicos, como podemos observar na Figura 11, relativamente aos três países tomados como sendo os mais representativos. Observa-se aí, que o preço dos módulos se situa aproximadamente entre 1,0 USD/Wp e 4,1USD/Wp, sendo o preço aproximado do sistema completo entre 2,9 USD/Wp e 6,3 USD/Wp. Realçamos contudo que o decréscimo dos preços foi mais lento do que o pretendido, muito embora os custos tenham descido gradualmente. Também se verifica que o valor dos sistemas fotovoltaicos desceu mais do que o dos módulos.

O preço relativo aos acessórios de ligação à rede de distribuição, de regulação e controlo assim como o da instalação representam aproximadamente 50% do custo da instalação fotovoltaica, sendo os restantes 50% imputados aos preços dos coletores, estruturas de fixação e montagem.

¹³ -Custo da eletricidade produzida, em Dólares Americanos por cada watt pico.

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

Relativamente à assistência e manutenção dos sistemas fotovoltaicos os custos, variam muito, mas podemos contudo atestar que em todo o investimento eles representam cerca de 1 a 2%.

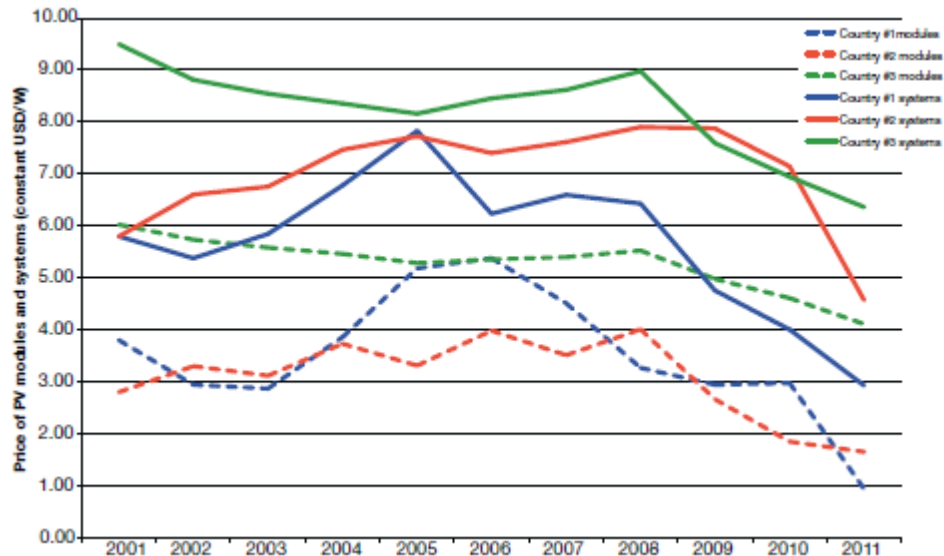


Figura 11

Gráfico da evolução do preço dos módulos e sistemas fotovoltaicos, com o efeito da inflação.

Fonte: <http://www.iea-pvps.org/home.htm>

5. Em forma de conclusão

Até muito recentemente os painéis fotovoltaicos eram projetados e construídos com um único objetivo: a produção da eletricidade a partir da energia solar. O sistema de módulos ou painéis fotovoltaicos era um produto não muito bem visto e aceite, uma vez que o seu aspeto físico bem como o posicionamento final era escolhido após todos os revestimentos dos edifícios estarem concluídos, o que originava alterações estéticas aos edifícios e o seu encarecimento final. Ultimamente a indústria fotovoltaica conjuntamente com os projetistas, encontraram uma base comum para integrar, de forma efetiva, a tecnologia fotovoltaica, com a dupla função de revestimento final de coberturas e/ou fachadas, ou elementos destas e de produção de energia elétrica.

Em termos construtivos, a inclusão de sistemas fotovoltaicos integrados em qualquer superfície de coberturas ou fachadas em qualquer tipo de edifício pode hoje desempenhar um papel de embelezamento, acabamento final e produção de eletricidade. Por isso estes sistemas devem ser cada vez mais implementados, uma vez que de entre os seus desempenhos está agora integrada a sua imagem, dimensões adequadas,

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

elementos de fixação fáceis, impermeabilidade total, isolamento térmico e acústico, estabilidade estrutural, resistência às pressões do vento, resistência ao fogo, durabilidade e manutenção, segurança elétrica durante a construção e em uso e ainda um custo compatível como um investimento na sustentabilidade ambiental.

Para que o cumprimento destes desempenhos seja uma realidade é necessário proceder sempre à execução de um projeto detalhado, quer se trate apenas da aplicação da energia solar fotovoltaica a qualquer edifício construído, da construção de um edifício novo, ou da remodelação geral de um edifício existente, tendo em conta a sua melhor orientação solar, inclinações dos painéis fotovoltaicos e ventilação destes, conforme prescrito pelos seus fabricantes.

É importante interiorizar-se que com as soluções de sistemas solares fotovoltaicos integrados atualmente disponíveis, quando incluídos nos edifícios existentes apenas poderá ocorrer uma ligeira alteração na imagem destes, enquanto que nos novos edifícios se abre um novo campo estético com a possibilidade de se criarem ótimos projetos arquitetónicos inovadores. Na Fig. 12 apresentamos um edifício moderno onde foram colocados painéis solares fotovoltaicos na cobertura e fachada, cuja integração está perfeita.



Fig. 12 - Fachada de um no Campus da Universidade Eugene, Oregon
Fonte: <http://pages.uoregon.edu/hof/W08%20HOF/SM%2027%20Lillis%20ppr.pdf>

Para se poder dar uma resposta conjunta aos desempenhos na produção energética e da integração construtiva é fundamental que a opção fotovoltaica a implementar-se se discuta desde o início do projeto para os novos edifícios, ou para remodelações de edifícios construídos. As soluções encontradas não ocupam

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura: Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

necessariamente qualquer espaço adicional ao previsto ocupar pelo edifício ou outro tipo de construções.

Pode dizer-se, em jeito de conclusão, que em edifícios destinados a Museus ou Centros de Cultura é vantajoso que o sistema fotovoltaico a integrar permita a ligação à rede (Grid-connected distributed) não só pelas menores perdas na sua produção, como pelos reduzidos custos do KWh consumido.

No caso de se optar por utilizar um sistema solar fotovoltaico como única fonte energética, que contemple apenas a produção para consumo próprio, recorda-se que este sistema suporta custos adicionais elevados pela aquisição das baterias, que devem ter capacidade de armazenamento suficiente, para que nos dias sem sol, a energia armazenada possa garantir ou contribuir para as necessidades dos equipamentos instalados. O sistema autónomo necessita ainda de um espaço físico adequado para a instalação das baterias e, regra geral, nos edifícios construídos onde funcionam museus ou centros de cultura é difícil de disponibilizar. Acrescentam-se os custos da manutenção das baterias que têm uma vida útil estimada em cerca de 10 anos de acordo com informação disponibilizado pelos fabricantes.

Entendemos portanto que é aconselhável dotar todos os edifícios onde funcionem ou venham a funcionar Museus ou Centros de Cultura de sistemas que permitam o uso das energias renováveis e limpas, onde se inclui a energia solar fotovoltaica, atendendo à fácil exequibilidade, versatilidade e ao impacto positivo que terá na preservação das condições ambientais, proporcionando ainda a estes equipamentos culturais a possibilidade de se tornarem exemplos vivos e reais da salvaguarda do património ambiental, ao mesmo tempo que preservam de um modo mais qualificado, os patrimónios constituídos pelas coleções e pelas temáticas patrimoniais e questões sociais que neles são abordadas.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1996). *Museus e acção cultural - Cadernos de sociomuseologia*, 5. Lisboa: ULHT.

AA.VV. (2010) Revista de Museología nº48. “*Museos y Medio Ambiente*”.Madrid. Asociación de Museólogos

Anais do II Encontro Internacional de Ecomuseums/ IX ICOFOM LAM. Rio de Janeiro, 2000.

Brophy, S. S. & Wylie, E., (1961). *The Green Museum – A primer on environmental practice*. Plymouth: AltaMiraPress.

Chagas, M. (1994). *Novos rumos da museologia - Cadernos de Sociomuseologia*, 2. Lisboa: ULHT

[Fórum] Fórum Energias Renováveis em Portugal, Relatório Síntese, Agência de Energia & Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial – ADENE & INETI, Lisboa, Novembro 2001.

Fuchs, M., Hegger, M., Martin, Z., and Stark, T. (2008). *Energy Manual: Sustainable Architecture*, Darmstadt. Birkh’a’user Architecture.

Furtado Mendes, M. C. (2011). Tese de Doutoramento: “O uso de Energias renováveis em edifícios de Museus. Lisboa: ULHT.

Hestnes, A. G., Hastings, R. & Saxhof, B., (2003). *Solar Energy Houses – Strategies, Technologies, Examples (Second Edition)*. London: James & James..

[IEA-PVPS] International Energy Agency – Photovoltaics Power Systems, Trends in Photovoltaic Applications in Selected IEA Countries between 1992 and 2009. (<http://www.iea-pvps.org/>, acessado em 20 de Julho de 2012).

Jack L. Stone, “Photovoltaics: Unlimited Electrical Energy From the Sun”, US Department of Energy.

(<http://www.eren.doe.gov/pv/onlinelnr.html>), acessado em 20 de Julho de 2012).

Lord, Gail Dexter; Lord, Barry. (2003). *THE MANUAL OF MUSEUM PLANING*. (2ND EDITION). Great Britain: ALTAMIRA PRESS.

Lorenzo, Eduardo. (Diciembre 2006). *Radiación Solar y dispositivos fotovoltaicos*. (Volumen II). Sevilla, Espanha: PROGNSA, S. A.

A Energia solar fotovoltaica em edifícios de Museus ou Centros de Cultura:
Contributo para a preservação e sustentabilidade ambiental

Martin Chivelet, Nuria; Fernández Solla, Ignacio. (2007). *La envolvente FOTOVOLTAICA em la arquitectura*, Barcelona: Editorial Reverté, SA.

Moutinho, Mário, (1993). Sobre o conceito de museologia social. *Cadernos de Sociomuseologia*, 1. Lisboa: ULHT.

Mensch, Peter van. (1992). *Modelos conceituais de museus e sua relação com o patrimônio natural e cultural*. ICOFOM-LAM.

Morais, J. L., (2009). *Sistemas fotovoltaicos - da teoria à prática*. Porto: Weidmüller

Primo, Judite. (2008). *Património, política, cultural e globalização em contexto museal*. In: *Revista Lusófona de Humanidades e Tecnologias*, 12. Lisboa: ULHT.

R. Quinteros Panesi, André. (2006). *Fundamentos de Eficiência Energética Industrial, Comercial e Residencial*. São Paulo, Brasil: Ensino Profissional Editora

Rico, J. C., (2006). *Manual práctico de museologia, museografía y técnicas expositivas*. Madrid: Sílex

Scheiner, Tereza Cristina. *Museologia, Identidades, Desenvolvimento Sustentável: estratégias discursivas*. In: *Anais do II Encontro Internacional de Ecomuseus/ IX ICOFOM LAM*. Rio de Janeiro, 2000

Serrasoles, Jaume. (2004). *TEJADOS FOTOVOLTAICOS Energia solar conectada A la red eléctrica*. (primera edición). Sevilha, Espanha: PROGNSA, S. A.

Varine, Hugues de. *Le musée au service de l'homme et du développement* (1969). In: *Vagues, une anthologie de la nouvelle muséologie*, vol 1. MNES, Editions W, Savigny – le temple, 1992.

WATERFIELD, PATRICK. (2006). *The Energy Efficient Home - A Complete Guide First published*. Marlborough Wiltshire SN8 2HR: Crowood Press Ltd Ramsbury.