

# Integração de sistemas solares na reabilitação de edifícios

Rui Paiva Costa Autor<sup>1</sup>

*Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil  
Azurém, P - 4800-058 Guimarães, Portugal*

Sandra Monteiro da Silva<sup>2</sup>

*Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil  
Azurém, P - 4800-058 Guimarães, Portugal*

## RESUMO

O sector da construção é responsável pelo consumo de 40% da energia produzida na União Europeia. A directiva europeia EPBD, na sua reformulação em 2010, acentua a necessidade de redução das emissões de CO<sub>2</sub> por via das reduções dos consumos energéticos dos edifícios e da utilização de fontes de energia renovável através da definição de objectivos, conhecidos como 20-20-20. Neste contexto introduz o conceito de nZEB (nearly zero energy building), que promove a redução dos consumos de energia dos edifícios por via da atuação na envolvente e pela colmatação das restantes necessidades energéticas com energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou na vizinhança. A energia solar constitui uma das principais fontes de energia não poluente e fornece apenas numa hora no mundo inteiro a energia necessária para todo o consumo anual de energia elétrica. No presente trabalho faz-se uma revisão das tecnologias de sistemas solares de produção de energia e das possibilidades de integração nos edifícios, particularmente na sua reabilitação. É efetuada uma revisão das tecnologias de produção de energia por painéis fotovoltaicos (PV) e painéis solares térmicos (ST). Por outro lado discute-se as possibilidades de integração destes painéis solares na reabilitação de edifícios em coberturas e fachadas por tecnologia disponível.

## 1. INTRODUÇÃO

A EPBD-recast estabeleceu como novo conceito o de “Edifício com necessidades quase nulas de energia” (nearly zero-energy buildings - nZEB) para todos os novos edifícios construídos a partir de 1 de Janeiro de 2020 (EPBD-recast, 2010; Almeida, 2013) e aponta como grande preocupação a renovação de edifícios no que se refere à redução de consumos de energia e da melhoria do desempenho energético dos edifícios. Um edifício nZEB é um edifício com um desempenho energético muito elevado e cujas necessidades de energia muito

---

<sup>1</sup> Estudante de Mestrado

<sup>2</sup> Professor Auxiliar

pequenas ou quase nulas deverão ser cobertas, em grande medida, por energia proveniente de fontes renováveis, produzida no local ou nas proximidades (EPBD-recast, 2010).

Este conceito foi apontado aos novos edifícios mas também com tónica na reabilitação do parque edificado. A persecução dos objetivos da União Europeia será impossível de atingir sem a actuação ao nível dos edifícios existentes, uma vez que a taxa de substituição de edifícios é relativamente baixa. Neste contexto a EPBD-recast introduziu ainda um outro conceito relacionado com a optimização de custos (cost-optimal), cujo objetivo será o de estabelecer o desempenho energético mínimo baseado nos custos durante todo o ciclo de vida do edifício e não apenas considerando o investimento inicial. Este conceito deve ser aplicado não só aos edifícios novos mas também aos edifícios existentes. A EPBD-recast considera que as grandes renovações de edifícios existentes são uma grande oportunidade para tomar medidas para melhorar o desempenho energético.

A utilização energia renovável, produzida no local, ou sua vizinhança, é um dos princípios da EPBD-recast. A utilização da energia solar é uma das formas de produção de energia a partir de fontes renováveis, mais utilizadas nos edifícios, em especial em zonas urbanas. De acordo com Hestnes (2000) grande parte dos estudos sobre utilização de energias renováveis têm-se focado sobre edifícios residenciais de pequena escala, tendo sido obtidos grandes progressos na redução do consumo energético deste tipo de edifícios. O foco no entanto tem estado a mudar da pequena para a grande escala e para edifícios em zona urbana. Tal é apropriado uma vez que a população residente em grandes cidades tem estado a aumentar. Portanto um maior impacto na redução do consumo energético estará centrada nos edifícios situados em áreas urbanas e de maior dimensão. Nestes edifícios (edifícios multifamiliares) a dimensão das coberturas não possibilita a instalação de sistemas com área suficiente para assegurar as necessidades dos edifícios. As fachadas destes edifícios poderão assim constituir-se como coletores de energia. Fachadas multifuncionais que fornecerão luz do dia, eletricidade e calor (Hestnes, 2000). A colocação dos painéis solares para aproveitamento da energia solar como forma de reduzir os consumos energéticos dos edifícios em reabilitação coloca problemas que ultrapassam os meros problemas técnicos de produção de energia ou mesmo da relação custo benefício. Estes aspectos são importantes mas a perspectiva da introdução destes sistemas deve ser colocada na integração do sistema no funcionamento global do edifício e sobretudo na integração dos sistemas na solução de reabilitação.

## 2. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS (PV) E TÉRMICOS (ST)

### 2.1. Tecnologias de sistemas solares fotovoltaicas (PV)

Os painéis solares fotovoltaicos (PV) (Figura 1) são sistemas solares constituídos por módulos fotovoltaicos capazes de converter a radiação solar em energia eléctrica sem a intervenção de qualquer outro engenho térmico ou rotativo (Kalogirou, 2009). As células fotovoltaicas são constituídas por materiais semicondutores, principalmente silício mas também compostos de sulfeto de cobre, sulfeto de cádmio ou arsenieto de gálio. Células fotovoltaicas consistem em duas ou mais camadas de material condutor, normalmente silício. Quando o silício é exposto à luz são geradas cargas eléctricas que podem ser conduzidas por contactos metálicos como corrente directa (DC) (Kalogirou, 2009).

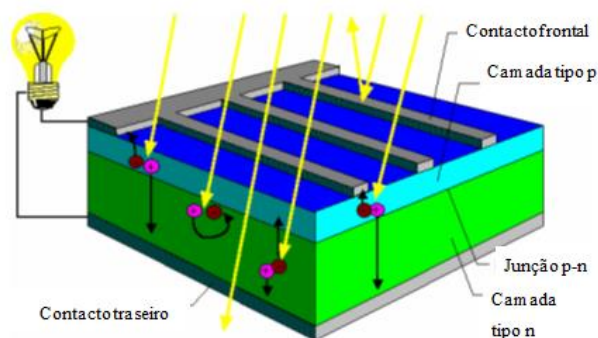


Figura 1 – Esquema de funcionamento de uma célula fotovoltaica (Castro, 2002)

Depois da produção as células são associadas em módulos, normalmente 36, uma vez que são as necessárias para carregar uma bateria de 12 V. As tecnologias fotovoltaicas são as seguintes (Kalogirou, 2009; Castro, 2002; Green, 2000):

- Células de silício monocristalino, células fabricadas a partir de silício puro monocristalino com uma estrutura contínua de cristal quase sem defeitos ou impurezas de elevada eficiência, tipicamente à volta dos 15% em termos práticos, podendo atingir os 24% em laboratório. (A desvantagem deste tipo de células é o preço mais elevado resultante da complexidade da tecnologia de fabrico destas células em comparação com outras tecnologias;

- Células de silício policristalino, que são células produzidas a partir de grãos múltiplos de silício monocristalino, derretido em barras moldadas, sendo depois cortadas em finas lâminas (*Wafers*) e montados em células. Este tipo de células é mais barato que as células monocristalinas devido à menor complexidade de fabrico, mas têm como desvantagem uma menor eficiência, tipicamente por volta dos 12%;

- Células de silício amorfas. A grande diferença nas células de silício amorfo em relação às anteriores é que o silício apresenta uma fina camada homogênea de átomos de silício em contraposição à estrutura cristalina. O silício amorfo absorve luz com maior eficácia que o silício cristalino o que leva a células mais finas conhecidas como *Thin film PV Technology*. A grande vantagem deste tipo de células é podem ser depositadas num grande número de suportes tanto rígidos como flexíveis. A desvantagem é que a sua eficiência é aproximadamente 6%;

- Existem outras tecnologias em desenvolvimento, como o telureto de cádmio (CdTe), diselenieto de cobre e índio (CuInSe<sub>2</sub>), materiais utilizados actualmente em tecnologia de fabrico de células fotovoltaicas. Apesar da elevada capacidade destes materiais existem dúvidas em relação à sua produção e à toxicidade de alguns componentes, o que entra em conflito com as necessidades ecológicas do sistema e da eliminação em fim de vida.

As grandes tendências hoje em dia relacionam-se com tecnologias poliméricas e orgânicas no fabrico de células fotovoltaicas. Elas oferecem potencialmente uma possibilidade de fabrico mais rápida a baixo custo, mas como desvantagem possuem baixos níveis de eficiência, à volta dos 4%. Os materiais orgânicos são atrativos porque possibilitam uma grande capacidade de produção (Kalogirou, 2009). Podem ser integrados em materiais de construção e com uma grande gama de afinação de cores pela sua estrutura química.

Na estrutura do sistema fotovoltaico são necessários componentes acessórios capazes de tornar eficiente a produção de energia como o caso das baterias. As baterias são necessárias para permitir a continuidade do fornecimento de energia durante a noite, ou quando o sistema PV não consiga suprimir as necessidades de energia em situações em que o sistema não está ligado à rede elétrica. São também integrantes do sistema os inversores, utilizados para converter corrente direta em corrente alternada, bem como manter uma voltagem constante na corrente alternada.

## 2.2. Tecnologia de sistemas Solares Térmicos

Os coletores solares são um tipo especial de transferidores de calor que transformam a energia solar em energia interna de um determinado meio transportador (Kalogirou, 2009). O principal componente de qualquer sistema solar é o coletor solar. Este é um mecanismo que absorve a radiação solar, a converte em calor e transfere o calor para um fluido (ar, água ou óleo) que flui no coletor. O calor é então conduzido, ou diretamente para o equipamento de condicionamento de água quente ou ar, ou para um tanque de armazenamento térmico de onde pode ser canalizado para o uso em dias nublados ou durante a noite.

Os sistemas solares térmicos destinam-se essencialmente para a produção de água quente sanitária e também para aquecimento e arrefecimento ambiente (menos usual).

Os coletores solares podem ser subdivididos em dois tipos (Kalogirou, 2009): não concentradores ou estacionários; e concentradores.

Em relação aos coletores estacionários estes podem ser classificados como (Kalogirou, 2009): coletores planos (“Flat plate collectors” - FPCs); coletores parabólicos compostos (“Compound Parabolic Collectors” - CPCs); e coletores de tubos de vácuo (“Evacuated tube collectors” - ETCs).

### Coletores Planos (FPCs)

A forma mais simples de coletores planos são os coletores planos sem cobertura. Este tipo de coletores são constituídos apenas por uma placa absorvedora, não tendo cobertura, revestimento ou isolamento térmico, têm perdas elevadas e são menos eficientes que os coletores cobertos. São essencialmente utilizados para temperaturas próximas da temperatura ambiente, para pré-aquecimento de águas para uso doméstico ou industrial, ou aquecimento de piscinas (Kalogirou, 2009).

Os coletores planos (Figura 2) são constituídos essencialmente pelas seguintes camadas: uma cobertura essencialmente em vidro ou plástico; um sistema de passagem de fluido para remoção de calor (tubos, passagens ou espaços por onde o fluido condutor de calor passa); a placa absorvedora; tubos coletores de admissão e descarga de fluido; isolamento; e caixa envolvente.

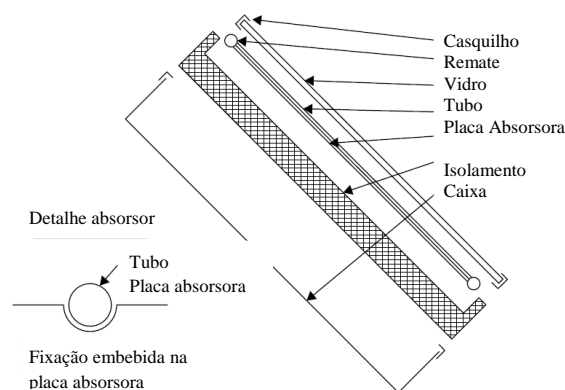


Figura 2 – Esquema de construção de coletor plano, (Kalogirou 2009)

Em relação à cobertura o material mais utilizado é o vidro com baixo teor de ferro, uma vez que é capaz de transmitir até 90% da radiação solar de ondas curta, enquanto reduz a transmissão de radiação de onda longa pela placa absorvedora, contribuindo para a criação do efeito de estufa desejado. Os coletores planos são capazes de atingir temperaturas na ordem dos 30 a 80 °C (Kalogirou, 2009).

As placas absorvedoras devem absorver a maior quantidade de radiação possível através do vidro enquanto perdem a menor quantidade de calor possível para atmosfera ou para a

caixa. As placas absorvedoras transferem o calor retido para o fluido de transporte. Para maximizar a capacidade de absorção as placas absorvedoras devem ser revestidas com um material com elevada capacidade para absorção da radiação solar (ondas curtas) e uma baixa emissividade de rerradiação (ondas longas). Normalmente o revestimento utiliza como cor o preto. Poderão ser também utilizados revestimentos seletivos com diferentes camadas capazes de aumentar a capacidade de absorção, normalmente o crómio preto ou níquel preto, obtidos por processos electroquímicos. Os coletores planos podem ser de água ou ar conforme o tipo de fluido removedor de calor utilizado (Kalogirou, 2009).

#### Coletores Parabólicos Compostos (CPCs)

Os CPCs são coletores capazes de refletir para o absorvedor, toda a radiação incidente. A necessidade de mover o colector para receber de forma eficaz a radiação solar é reduzida, devido à utilização uma caleira em forma de parábola capaz de reflectir a radiação para os coletores. Desta forma reduzem-se as perdas. A forma em parábola permite captar a radiação solar direta e difusa. Este sistema é capaz de atingir temperaturas entre os 60 e 240 °C (Kalogirou, 2009).

#### Coletores de Tubos de Vácuo (ETCs)

Coletores de tubos de vácuo são coletores solares em que o colector de calor se situa dentro de um tubo de vácuo. A envolvente de vácuo reduz as perdas por convecção e condução, podendo os coletores actuar a temperaturas mais elevadas que os coletores planos (50° a 200 °C). Tal como os coletores planos captam tanto a radiação direta como a indireta. Contudo a sua eficiência é mais elevada com baixos ângulos de incidência.

Os coletores de tubos de vácuo usam materiais com mudança de fase entre o líquido e gasoso para elevar a taxa de transferência e a eficiência. Estes sistemas funcionam absorvendo a radiação solar e a radiação difusa, que posteriormente é transferida ao tubo, em geral de cobre, no interior do qual circula um fluido térmico que vaporiza com o calor, elevando-se depois até ao ponto mais alto do tubo onde se encontra o condensador. Nesse ponto superior, ocorre a permuta de calor, onde a água fria que se pretende aquecer passa pelos vários condensadores do colector solar, absorvendo desta forma o calor fornecido pelo vapor do fluido de trabalho, sendo o resultado no final da passagem pelo condensador, água quente. Neste processo o fluido térmico condensa passando para o estado líquido, que através da gravidade volta novamente à base do tubo, sendo retomado o ciclo (Lima, 2012).

#### Outros coletores solares térmicos

Existem ainda coletores concentradores (“sun-tracking concentrating collector”), que seguem a mesma filosofia dos coletores concentradores estacionários, mas que, para atingirem a máxima performance (uma vez que concentram num pequeno espaço de absorção de calor uma elevada quantidade de radiação), necessitam de se mover para obterem sempre o melhor ângulo em relação ao sol (Kalogirou, 2009). Este coletores são os Coletores de calha parabólica (“Parabolic Trough Collectors” - PTCs), Coletores Fresnel (“Fresnel Lens Collector” - FLC), Coletor de disco parabólico (“Parabolic Dish Collectors” - PDRs) e os Coletores de heliostáticos (“Heliostat Field Collectors” - HFCs).

### 3. INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS SOLARES EM EDIFÍCIOS

#### 3.1. Conceito de integração

A utilização da envolvente para a instalação de sistemas solares na reabilitação de edifícios coloca o problema da integração arquitetónica e das exigências a que está sujeito. Na análise de soluções de reabilitação com a integração de sistemas solares térmicos é necessária a realização de uma análise dos custos e benefícios não só do sistema mas da sua integração

na própria solução de reabilitação. Estes sistemas poderão reduzir os custos da intervenção pela substituição de materiais (por exemplo o revestimento final da parede) além de funcionar como um elemento que beneficie a qualidade arquitetónica para além de fornecer energia (Basnet, 2012; Kjellerup et al. 2010).

A prática corrente na introdução de painéis solares em edifícios resume-se à colocação dos painéis em coberturas (Basnet, 2012). No entanto a integração destes painéis oferece também grandes vantagens quando realizadas em fachadas ou outros elementos arquitectónicos.

Os painéis fotovoltaicos (PV), por exemplo, quando integrados na envolvente de edifícios, para além de produzirem energia funcionam como revestimento. A combinação destes dois factores permite reduzir os custos por não necessitarem outro tipo de elementos de acabamento (Basnet 2012; Fuentes, 2007; Voss et al., S/D).

Quando aplicados em fachadas os painéis podem aparecer em cortina de vidro, fachadas opacas, toldos, bris-de-soleil e venezianas (Cardoso, 2007; Eiffert e Kiss, 2000; Kiss e Kinkead, 1995). Podem ainda assumir cores diferentes se bem que com rendimentos diferentes (Probst et al., 2010). Em princípio os painéis PV podem ser utilizados em todas as partes da envolvente do edifício (Basnet, 2012). Para além da sua função os painéis devem reproduzir os sistemas de revestimento na sua função original.

De acordo com Basnet (2012) são características necessárias aos sistemas PV integrados: a cor, imagem, estanquidade, capacidade de resistência ao vento, durabilidade e manutenção, segurança durante a construção e fase de utilização e custos. Basnet (2012) distingue ainda entre integração arquitetónica e no edifício. Como definição de integração em edifício dá exemplo de uma cobertura feita especialmente com o painel já inserido na solução, enquanto integração arquitetónica o painel pode apenas substituir o elemento externo do telhado.

Em termos de metodologia de intervenção o mesmo Basnet (2012), com base em Fuentes (2007) subdivide as metodologias de integração de painéis tanto PV como ST, em duas:

- Sobreposição, quando a solução não exige a substituição dos materiais de camadas inferiores e os painéis são montados em estrutura em paralelo à envolvente do edifício. Com a sobreposição a integração arquitetónica poderá ainda ser atingida, não se conseguindo no entanto integração do edifício;

- Integração quando os painéis PV e solares térmicos (ST) são um elemento arquitetónico e ao mesmo tempo fornecem energia. Esta estratégia seria mais adequada a edifícios novos.

Por outro lado Probst e Roecker (2012), consideram que a energia solar consegue por si só, integrado no sistema construtivo do edifício, suprir todas as suas necessidades energéticas (Figura 3).



Figura 3 – Diferentes necessidades energéticas dos edifícios, (Probst e Roecker, 2012)

Probst e Roecker (2012) definem o conceito de integração arquitetônica como o resultado de uma integração controlada e coerente e em simultâneo de todos os pontos de vista, funcional, construtivo e formal, ou seja quando o sistema é integrado na envolvente do edifício (como cobertura, fachada, proteções solares, varandas, etc.), deve substituir as funções dos elementos da envolvente e das funções associadas, enquanto preservam a qualidade arquitetônica do edifício. Consideram ainda que a envolvente do edifício deve responder a uma variedade de funções, requerendo uma vasta gama de estruturas e componentes e, que a integração dos sistemas solares deve ser bem estudada de forma a preservar as funções e durabilidade do sistema construtivo da envolvente do edifício (Probst e Roecker, 2012).

Para além destas questões, a integração deve responder a novas questões relacionadas com a regulamentação de edifícios (Probst e Roecker, 2012):

- O peso dos coletores deve ser corretamente transferida para a estrutura do edifício através de fixações apropriadas;
- Deve resistir ao fogo e ao desgaste provocado pelas condições ambientais;
- Deve resistir ao vento e ao impacto, e deve manter a segurança em casos de danos verificados no sistema;
- Riscos de roubo e danos relacionados com vandalismo;
- As fixações devem evitar as pontes térmicas e o valor global do coeficiente de transmissão térmica não deve ser afectado;
- Transferências de vapor pela parede do edifício. Deve evitar camadas de condensação e deve permitir a correcta ventilação do sistema construtivo.

Para além destes, existem outros constrangimentos para a integração de sistemas solares resultante da especificidade de cada um deles como por exemplo sistemas hidráulicos para os ST ou cablagem para os PV, bem como as altas temperaturas de alguns módulos.

Em relação a questões formais as características do sistema devem ser coerentes com as características globais do edifício tendo em conta (Probst e Roecker, 2012):

- A posição e dimensão das manchas de coletores, devem ser coerentes com a composição arquitetónica de todo o edifício (para além da fachada com que se relacionam);
- Os materiais visíveis dos coletores devem ser coerentes ao nível de textura e cor com os restantes materiais dos edifícios;
- A dimensão e forma dos módulos devem ser compatível com a modulação do edifício ou com a dimensão de outros elementos de fachada;
- As juntas de materiais devem ser cuidadosamente analisadas uma vez que sublinham a diferença entre o sistema e a sua relação com o edifício.

### 3.2. Integração de sistemas fotovoltaicos (PV)

#### 3.2.1. Condicionantes de integração

Considerando as tecnologias disponíveis a integração de sistemas fotovoltaicos no edifício exige o conhecimento das suas condicionantes. O sistema PV é constituído por células PV cuja capacidade individual não se adequa à maioria das aplicações. Por essa razão são normalmente associadas em módulos, tipicamente 36. Um sistema PV é então constituído por uma série de painéis de módulos associados capazes de produzir quantidades de energia significativas. Os sistemas PV podem ser isolados, sistemas autónomos capazes de fornecer energia independente da ligação a qualquer rede eléctrica, sendo necessárias baterias para fazer o armazenamento de energia, ou ligados à rede, produzindo energia para a rede, ou em alternativa utilizando a energia da rede em situação de necessidade. As condicionantes e



parâmetros que influenciam a produção de energia de um sistema fotovoltaico integrado são (Probst e Roecker, 2012):

- Potência nominal, potência de um sistema PV sob condições de teste standardizadas (STC), irradiação de 1000 W/m<sup>2</sup>, espectro solar de 1.5 AM e temperatura do módulo de 25°C. Cada tecnologia varia o seu desempenho de acordo com a localização;

- Orientação dos módulos, para cada situação há níveis de radiação diferentes associados à orientação dos módulos. A radiação global (soma da radiação direta, radiação difusa e reflectida) é característica do local. A orientação dos módulos deve respeitar as condicionantes geográficas, quanto à inclinação mais favorável para obter um máximo de energia produzida anualmente;



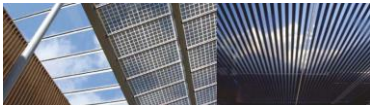
- Condições no local. O sombreamento pode causar uma significativa perda de eficiência do módulo PV. É necessário considerar que os módulos são montados em séries e que o parcial sombreamento de um módulo pode afetar o desempenho do sistema. As soluções passam pela correcta distribuição dos módulos após o estudo de sombreamento do edifício, pela utilização de vários inversores, ou inversores múltiplos, tendo um MPPT (“Maximum Power Point Tracker”, seguidor de potência máxima) por cada painel ou um MPPT por cada módulo (inversores de módulo), ou utilização de módulos falsos em zonas sombreadas;

- Situação de montagem e tipo de integração (ventilação e temperatura). Uma vez que os sistemas PV perdem eficiência com o aumento de temperatura um dos problemas dos sistemas integrados é controlar a temperatura com a correcta integração dos painéis, evitando o contacto com outra superfície uma vez que a ventilação desempenha um papel importante no controlo da temperatura. Neste caso a tecnologia influencia os problemas de eficiência uma vez que por exemplo as células de silício amorfo têm um melhor desempenho a elevadas temperaturas que as células de silício cristalino que podem ter perdas até 25% da capacidade do sistema.

### 3.2.2. Possibilidades de integração na envolvente dos edifícios

As possibilidades de integração são apresentadas no Quadro 1, com base em Probst e Roecker (2012):

Quadro 1 – Possibilidades de integração de sistemas solares fotovoltaicos em edifícios (Probst e Roecker, 2012)

Elementos envolvente		Exemplos	Possibilidades Integração
Coberturas	Coberturas inclinadas		Pode ser utilizado como revestimento em telhas ou painéis integrados sandwich, em telhas utilizando a tecnologias <i>thin-film</i> , em painéis silício cristalino
	Coberturas Planas		O Sistema pode ser integrado na própria cobertura constituindo o seu revestimento, instalado em suportes ou utilizado colado sobre as telas de impermeabilização
	Clarabóias e átrios		Através da colocação em situações de semitransparência, ou filmes translúcidos, normalmente tecnologias <i>thin-film</i>



Fachadas	Placagens		Os módulos PV podem ser utilizados em placagens em fachadas opacas com isolamento e ventilação como forma de controle da temperatura. Poderão ser utilizadas todas as tecnologias
	Fachada Cortina		Em fachadas cortina podem ser utilizados sistemas opacos ou semitransparentes, com valores U compatíveis com a situação de envolvente. Podem ser utilizadas tecnologias cristalinas ou <i>thin-film</i>
	Semitransparente e translucidos		Normalmente são módulos instalados em envidraçados, cobrindo parcialmente esta parte da envolvente. Pode ser utilizado como parte da protecção solar associada aos envidraçados
Elementos de fachada	Sombreamentos		Podem ser utilizados como protecções solares externas, em venezianas e portadas exteriores. São normalmente utilizadas tecnologias cristalinas translucidas ou <i>thin-film</i>
	Guardas e parapeitos		Utilizadas como parapeitos em módulos de vidro semi-transparente, em guardas laminadas em vidro ou em varandas de forma a criar conforto térmico gerindo a ventilação

### 3.3.Integração de sistemas solares térmicos (ST)

#### 3.3.1. Condicionantes de integração

De acordo com Probst e Roecker (2012), os principais factores a considerar aquando da escolha, posicionamento e dimensionamento dos sistemas solares térmicos são:

- Área disponível nas diferentes partes da envolvente;
- A radiação incidente nestas superfícies ao longo do ano;
- A fracção energética do edifício coberta pela instalação dos sistemas solares térmicos (fracção solar) bem como as possibilidades de armazenamento.

Um vez que a radiação varia com a orientação, os sistemas com menor exposição, necessitarão de maior área de colector, para atingir a mesma produção de energia que um sistema bem exposto, sendo o mesmo verdade também para a eficiência do sistema. Quanto maior a eficiência do colector, menor a área necessária para atingir um determinado nível de produção de energia. Esta conjugação de factores é fundamental para a determinação do sistema a escolher.

A orientação a sul, com a inclinação maximizada em relação ao sol maximizando a radiação solar anual é válido para soluções em que toda a energia produzida pode ser aproveitada pelo edifício (Probst e Roecker, 2012). Mas, por causa do pico de produção verificado no verão, esta abordagem leva normalmente a frações solares na ordem dos 50-60% (Probst e Roecker, 2012). Esta é uma limitação específica dos sistemas solares térmicos



uma vez que a electricidade pode sempre ser injectada na rede, sendo as perdas pelo transporte são negligenciáveis. No caso dos sistemas solares térmicos, as perdas pelo transporte são de considerar, bem como a capacidade de armazenamento, sendo que a energia térmica útil é aquela que pode ser utilizada ou armazenada. Qualquer outra energia produzida ou é inútil, ou aumenta substancialmente os riscos de sobreaquecimento. Desta forma uma das vias para evitar excessos de produção no pico do verão seria considerar as vantagens dos quase constantes níveis de radiação solar sobre os planos verticais, aumentando a fração solar. Devido à mais constante produção de energia os coletores solares integrados em fachadas conseguem atingir frações solares próximas dos 90% (80-90%) (Probst e Roecker, 2012).

### 3.3.2. Possibilidades de integração na envolvente dos edifícios

As possibilidades de integração são apresentadas no Quadro 2, com base em Probst e Roecker (2013):

Quadro 2 – Possibilidades de Integração de sistemas solares térmicos em edifícios (Probst e Roecker, 2013)

Elementos envolvente		Exemplos	Possibilidades Integração
Coberturas	Coberturas inclinadas		Os coletores planos podem ser integrados em coberturas inclinadas, funcionando como acabamento de telhado a cobertura em vidro, no caso de coletores planos com cobertura, ou a própria superfície do colector, no caso de coletores planos sem cobertura. Terá de se prestar particular atenção às juntas e uniões para garantir a impermeabilização. O isolamento térmico da placa substitui o isolamento térmico do edifício no caso de coletores planos com cobertura.
	Coberturas Planas		Utilizados coletores planos, sem cobertura em vidro, ou associados a outros materiais de revestimento, como por exemplo o cobre ou o zinco.
	Dupla cobertura		Em climas muito quentes os coletores de tubos de vácuo podem ser utilizados como protecção solar em dupla cobertura
Fachadas	Placagens		Os coletores planos podem facilmente substituir os revestimentos exteriores dos edifícios, particularmente em renovações, funcionando o seu isolamento térmico como complemento ou mesmo substituindo o do edifício

Elementos de fachada	Proteções solares		Funcionando como dispositivos de protecção solar os coletores de tubos de vácuo podem ser aplicados em zonas de envidraçados
	Guardas e parapeitos		Com esta possibilidade de integração funcionam todo o tipo de coletores, tubos de vácuo, planos com cobertura ou sem cobertura

#### 4. CONCLUSÕES

As possibilidades de integração de sistemas solares térmicos na reabilitação de edifícios são vastas e podem responder às necessidades energéticas dos edifícios. Para serem considerados integrados os sistemas têm que fazer parte da envolvente do edifício, substituindo algum elemento, na sua função.

Podem ser considerados dois tipos de integração, a integração arquitetónica e a integração no edifício. No primeiro caso é necessário considerar aspetos essencialmente formais, enquanto no segundo caso os aspectos técnicos têm que também ser considerados integrados na estrutura do edifício. Há questões de ordem técnica que podem condicionar a sua utilização nesta perspectiva.

Os sistemas fotovoltaicos permitem a produção de energia eléctrica a partir de uma fonte de energia renovável, contribuindo para a de redução das emissões de CO<sub>2</sub> mas na escolha dos sistema devem ser considerados o rendimento, o preço, a disponibilidade de espaço na envolvente e os dispositivos integrantes do sistema.

Os sistemas solares térmicos destinam-se essencialmente para a produção de água quente sanitária e também para aquecimento e arrefecimento ambiente (menos usual). Nestes sistemas é necessário considerar as necessidades do edifício no seu dimensionamento, de forma a não sobredimensionar o sistema, uma vez que pode ocorrer sobreaquecimento ou excesso de produção de energia.

Em ambos os casos, utilização de sistemas fotovoltaicos ou de sistemas solares térmicos, terão de ser consideradas a orientação do edifício, das partes do edifício e a localização dos sistemas nas partes de forma a maximizar a produção de energia reduzindo os custos.

#### REFERÊNCIAS

ALTENER Programa comunitário greenpro. Energia Fotovoltaica - Manual sobre tecnologias, projeto e instalação. Projeto Europeu. 2004. [on line] [Consult. 05 Jun 2014] Available in: <http://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energiafotovoltaica.pdf>

Almeida, M., Ferreira, M., Pereira, M., (2013), Cost optimal building renovation with a net zero energy target for the Portuguese single-family building stock built before, 1960, in Portugal SB13 - Contribution of sustainable building to meet eu 20-20-20 targets, 2013, Guimarães, Portugal, pp. 3-10

Almeida, M., Rodrigues, A., Ferreira, M., (2013), Cost optimality and nZEB target in the renovation of Portuguese building stock Rainha Dona Leonor neighborhood case study, in Portugal SB13 - Contribution of sustainable building to meet eu 20-20-20 targets, 2013, Guimarães, Portugal, pp. 35-42

Cardoso, C., 2007, Crescimento e caracterização de filmes finos de CuInSe<sub>2</sub> para células solares, Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2007.

Castro, R., 2007, Introdução à Energia Fotovoltaica, DEEC/Secção de Energia, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

Directiva 2010/31/EU. Relativa ao desempenho energético dos edifícios (Reformulação). Jornal Oficial da União Europeia L 153 de 19 de Maio de 2010. 2010. p. 14-35.

Eiffert, P. and Kiss, G., 2000, Building Integrated Photovoltaic-Designs for Commercial and Institutional Structures, USA: NREL (2000).

Fuentes, M., 2007, Integration of PV into the built environment, Disponível: [http://www.brita-in-pubs.eu/bit/uk/03viewer/retrofit\\_measures/pdf/FINAL\\_12\\_Integration\\_of\\_PV\\_red\\_kth\\_rev1.pdf](http://www.brita-in-pubs.eu/bit/uk/03viewer/retrofit_measures/pdf/FINAL_12_Integration_of_PV_red_kth_rev1.pdf) [Acedido em 26 Agosto, 2014].

Green, M., 2000, Photovoltaics: technology overview, in Energy Policy: the viability of solar photovoltaics, Volume 28, Issue 14, November 2000, pp. 989–998

Hestnes, A., 2000, Building integration of solar energy systems, Solar Energy 67 (2000), pp. 181–187.

IEA, 2010, International Energy Agency, P. Power, and S. Programme, Annual report 2010, Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems 2010.

Kalogirou, S., 2009, Solar Energy Engineering: Processes and systems, Academic press, London, 2009

Kiss, G. and Kinkead, J., 1995, Optimal Building – Integration Photovoltaic Applications, New York: NREL (1995).

Probst, M. 2009, Architectural Integration and Design of Solar Thermal Systems. Ph.D.

Probst, M., Schueler, A., Roecker, C. 2010, Bringing colours to solar collectors: a contribution to an increased building "integrability". Colour & Light in Architecture. Venice, Italy.

Probst M., Roecker, C., 2012, Report T.41.A.2: IEA SHC Task 41 Solar energy and Architecture – integration criteria and guidelines, International Energy Agency-SHC, September 2012

Probst, M. & Roecker, C. 2011. Architectural Integration and Design of Solar Thermal Systems, Oxford, UK, Routledge Taylor and Francis Group.

Reijenga, T. e Kaan, H., 2011, PV in Architecture. In: Luque, A. & Hudedus, S. (eds.) Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. Second ed.: John Wiley & Sons.

Sacht, H., Bragança, L., Almeida, M., 2013, Energy Efficiency of Photovoltaic Façades for Different Latitudes in Portugal in Portugal SB13 - Contribution of sustainable building to meet eu 20-20-20 targets, 2013, Guimarães, Portugal, pp. 319-326

Stadler, I., S/D, Facade Integrated Solar Thermal Collectors. Disponível em <http://www.aee-intec.at/0uploads/dateien19.pdf> [Acedido em 26 Agosto, 2014].

Voss, K., Laukamp, H. e Ufheil, M., S/D, Photovoltaics for Buildings - Market, Technology, Architecture, Energy Concepts. Disponível em <http://www.cenerg.ensmp.fr/ease/photovoltaic.pdf> [Acedido em 29 Agosto, 2014].