

## **Uso de BIPV em retrofit de edifícios históricos.**

Carolina Carneiro nº 46712; Mariana Graça nº 46700  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA  
7 de novembro de 2018

**Resumo:** O retrofit em edifícios históricos permite a remodelação e melhoramento da eficiência energética, da gestão dos resíduos e do consumo de água. A utilização da integração PV para ajudar no consumo de energia destes edifícios é uma área que merece bastante estudo. Este trabalho permitiu verificar que apesar de já existir projetos realizados com o uso desta tecnologia em edifícios históricos, esta é uma área que ainda precisa de se desenvolver, principalmente para o objectivo de tornar os painéis invisíveis consoante a arquitetura dos edifícios.

### **1. Introdução**

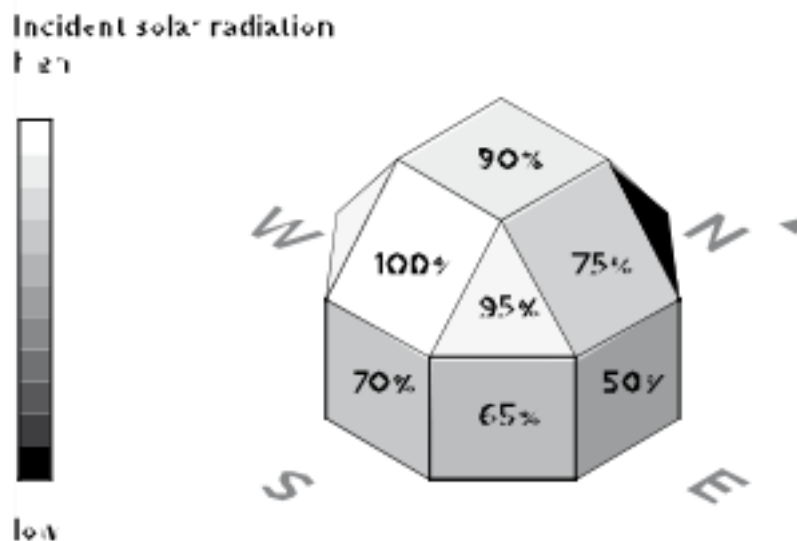
Face às próximas diretivas da União Europeia para os edifícios remodelados, podemos verificar que a necessidade de um edifício de ser autossustentável energeticamente é um tema muito importante para o futuro. Para tal, tecnologias como integração PV e micro-geração eólica poderão vir a ser uma mais valia para a produção de energia in-situ. Este trabalho tem como objectivo perceber como a integração BIPV pode ser realizada em retrofit de edifícios históricos, verificar os estudos já feitos nesta área e se existe a necessidade e o potencial de investigação nesta área.

### **2. BIPV – *Building integrated PV modules***

A integração de PV em edifícios refere-se ao conceito de integrar elementos fotovoltaicos na envolvente do edifício estabelecendo uma relação entre o desenho arquitetónico, a estrutura e as propriedades dos materiais de construção com a geração de energia elétrica. A esta tem-se mostrado um aumento de interesse na última década e tem-se mostrado como uma fiável fonte de energia para ajudar os edifícios a atender ao seu consumo.

É de se ter em atenção que existem fatores importantes que não podem ser menosprezados face à aplicação desta tecnologia como o efeito do sombreamento, a temperatura ambiente, a direção do edifício e a inclinação do PV [1].

Abaixo na Figura 1 mostra-se como varia a percentagem de radiação incidente na fachada de um edifício.



**Figura 1:** Percentagem de radiação solar incidente na fachada do edifício consoante a sua orientação e inclinação.

Fonte: [http://www.polysolar.co.uk/literature\\_138380/2015\\_Guide\\_to\\_BIPV](http://www.polysolar.co.uk/literature_138380/2015_Guide_to_BIPV)

Os módulos BIPV como descrito acima tem que estar enquadrados na arquitetura do edifício, substituindo parte dos materiais e sistemas de construção convencionais na envolvente dos edifícios, isto implica uma vasta gama de diferentes módulos de diferentes cores e formas.

Elementos com integração fotovoltaica podem ser usados em todos os tipos de estruturas como por exemplo uma cortina na fachada da parede, uma cortina em parede ventilada, em envidraçamento e até em fachadas inclinadas. Esta flexibilidade permite uma ampla variedade de aplicações solares na integração dos edifícios [2].

As fachadas PV podem preencher as seguintes tarefas:

- elementos da fachada e do telhado,
- iluminação diurna,
- sombreamento
- redução de ruído,
- produção de eletricidade.

Em combinação com outros tipos de vidro podem ter funções até mesmo como proteção contra incêndio, isolamento de baixa emissão, proteção solar ou vidros à prova de balas. A atração ótica das células solares confere à fachada solar um valor por si só, reavaliando o edifício também. Cada vez mais os BIPV tornam-se um componente regular da arquitetura moderna. Isso significa também que existe uma procura crescente na qualidade e confiabilidade.

### 3. Retrofit de edifícios históricos

O termo “*Retrofit*” implica fornecer algo com alguma componente ou recurso que este não tinha quando foi construído. Para os termos urbanos pode-se interpretar como a alteração dos materiais, da forma ou dos sistemas que compõem o ambiente urbano de forma a melhorar a eficiência energética, do uso da água e da gestão dos resíduos.

O retrofit comum pode incluir: adição de isolamento de paredes ou teto, modernização de janelas, vedação de ar, substituição de lâmpadas e reatores, modernização de equipamentos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC) e mudança de cronogramas operacionais [3].

Os retrofits de energia têm o potencial de reduzir o consumo de energia do edifício e as emissões de carbono, mas enfrentam desafios específicos quando implementados em edifícios históricos e tradicionalmente construídos. Os edifícios históricos, por definição, possuem três atributos: idade, integridade e significância.

Para ser considerado histórico, um edifício deve ser mais antigo do que um certo limite de idade especificado, geralmente em torno de 50 anos. Este deve manter a integridade das características físicas que existiam durante o período histórico da propriedade, e deve ter significado, que é derivado de evidências e do seu valor histórico e estético.

Retrofits de energia em edifícios históricos são descritos de forma mais comum na literatura recente como um ato de equilíbrio, no qual o consumo de energia e os princípios de conservação são equilibrados uns contra os outros, a fim de alcançar o uso continuado de longo prazo do edifício.

Na Figura 2 apresenta-se uma tabela com os principais critérios para medir o impacto que o retrofit tem em edifícios históricos.

Criteria used to assess the impact of energy retrofits in historic and traditional buildings.

Category	Criteria	Metrics
Global environment	Energy consumption	Annual energy consumption Annual CO <sub>2</sub> emissions
	Energy production and supply	Annual CO <sub>2</sub> emissions On-site production proportion.
	Climate change vulnerability	Exposure to hazardous conditions Adaptive capacity
	Embodied energy	Embodied energy
Building fabric	Conservation	Visual impact on heritage value Material impact on heritage value Reversibility Minimum intervention Authenticity Compatibility Level of transformability
	Hygrothermal behavior	Performance: Thermal transmittance Thermal mass Thermal bridging Moisture buffering capacity Air tightness Durability: Drying capacity Freeze-thaw damage Interstitial condensation Decay of embedded elements
Indoor environment	Occupants	Indoor environmental quality: Thermal comfort Indoor air quality Lighting Acoustics
	Collections	Agents of deterioration: Pollutants Incorrect temperature Incorrect relative humidity
Economics	Economic costs	Capital costs Operational energy costs Maintenance and replacement costs

**Figura 2:** Principais critérios para medir o impacto que o retrofit tem em edifícios históricos.

Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.145>.

Observando a figura acima podemos concluir que o critério que poderá trazer mais problemas à integração de PV no edifício é a conservação do mesmo. O tratamento de edifícios históricos é regido por princípios e práticas de conservação estabelecidos e dadas as diferenças entre edifícios modernos e edifícios tradicionais, os retrofits podem não ser apropriados e podem causar danos a construções históricas e tradicionalmente construídas.

#### 4. Uso de BIPV em retrofit de edifícios históricos.

Ao planejar projetos de retrofit para o melhoramento do desempenho energético do património cultural é necessário ter em conta aspetos como a eficiência energética a modernização e o conforto. Para superar as barreiras previamente descritas face à conservação do edifício é necessário entender melhor os processos para a preservação histórica e a implementação de PV.

Com o aumento da densidade das cidades tornou-se importante usar a tecnologia solar também nos edifícios históricos existindo um enorme potencial associado. Num projeto de retrofit os responsáveis devem ter em consideração os novos desenvolvimentos tecnológicos e entender como se podem introduzir nos edifícios existentes de forma alcançar um compromisso sustentável.

Ao projetar uma intervenção destinada a melhorar o desempenho energético de um edifício histórico, o processo de desenvolvimento do projeto deve considerar vários fatores [4]:

- as características históricas a serem protegidas,
- o uso final do edifício como um todo,
- a necessidade de energia,
- conforto para as pessoas e obras de arte.

Consoante as necessidades de preservação as medidas propostas iram ter diferentes prioridades e viabilidades, devendo seguir-se as seguintes etapas:

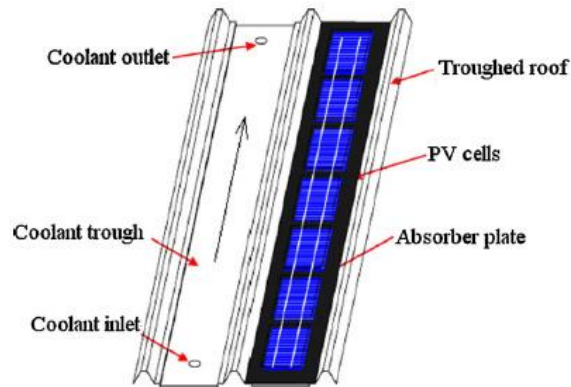
1. Diagnostico do estado do edifício e realização do primeiro balanço energético;
2. Desenvolvimento de propostas;
3. Avaliação de medidas de retrofit, gestão, planeamento e manutenção.

Para a integração de PV (BIPV) nestes edifícios é necessária a existência de alta qualidade do projeto. Atualmente existem vários produtos inovadores presentes no mercado para esse fim, porém, os técnicos não têm conhecimentos dos pontos de preservação e os funcionários responsáveis por isso ignoram as possibilidades que a energia solar podem oferecer.

Um dos exemplos desses produtos são as telhas BIPV que possibilitam a substituição de telhas tradicionais de todo o telhado ou parte dele, sendo uma boa solução para o retrofit de telhados pois estas telhas podem ser produzidas em diversos tipos, formas e cores para uma melhor compatibilidade com os tradicionais [5].

Contudo, ao analisar vários produtos presentes no mercado é possível verificar que muitos fabricantes não tiveram em consideração esses aspetos tendo criado, por exemplo, telhas fotovoltaicas com elementos cinza-azulados que iram influenciar a aparência do telhado nem edifício histórico.

Na figura 3 é possível verificar a construção de uma telha BIPV.



**Figura 3:** Coletor BIPV montado no telhado. Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.042>

Nestas figuras, 4 e 5, é possível verificar a influência da aparência do telhado com a utilização de telhas fotovoltaicas tradicionais com elementos cinza-azulado e telhas fotovoltaicas planas.



**Figura 5:** Telhas fotovoltaicas. Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.042>



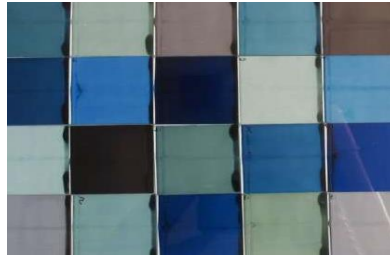
**Figura 4 :** Integração de PV no telhado. Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.03.009>.

A folha BIPV é ainda outro exemplo possível sendo flexível e leve, podendo ser utilizado em vários locais.



**Figura 6:** Folha PV. Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.03.009>

Outro exemplo de produtos BIPV são os vidros de células solares que possuem grande variedade de cores e transparências, podendo ser colocados sem afetar o aspeto anterior do edifício[6].



**Figura 7:** Different types of colors Fonte:

<https://fenix.ciencias.ulisboa.pt/downloadFile/2251937252640055/7%20-%20BIPV.pdf>

As imagens seguintes são dois exemplos de BIPV, sendo que é possível verificar que existe uma melhor integração na primeira imagem, onde foram colocados diversos painéis no topo do edifício de modo a não estragarem a arquitetura do edifício, ou seja, de modo a tornarem-se invisíveis, ao contrário da segunda imagem em que estes se encontram bem visíveis.



**Figura 8:** Reichstags building, 1999 Eurosolar “Solar Prize in the field of Renewable Energies”

Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.169>



**Figura 9:** Sala “Nervi”, Vatican City (Italy), 2007 European Solar Prize.

Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.169>

A seguinte tabela apresentada, a figura 9, pode ser considerada uma ferramenta útil para consultar o retrofit de energia de um edifício histórico permitindo visualizar as medidas tecnológicas selecionadas e critérios sugeridos. Este exemplo seria para um edifício localizado na zona mediterrânica [5].



POSSIBLE APPLICATIONS AND CRITERIA					
<b>A) Facades</b>		A1	A2		
A1 - only on main facades without openings A2 - only on secondary facades overlooking not-value courtyards					
<b>B) Frames</b>		B1	B2		
B1 - only when it is necessary the replacement of windows/ french-windows/velux situated on secondary facades B2 - only when it is necessary the replacement of skylights					
<b>C) Roofs</b>		C1-C2	C1-C2	C1	C1
C2- it is advisable the application on limited surfaces					
CATEGORIES	VERTICAL COMPONENTS			HORIZONTAL COMPONENTS	
	Secondary Facades	Main Facades	Frames: Glasses	Slooped Roofs	Flat Roofs
BIPV	Foil products				C1
	Tile products			C2	
	Module products	A2	A1	C1	C1
	Solar cell glazing products			B2	
	Thin-film			B1	
BIST	Glazed collectors	A2	A1	C2	
	Unglazed collectors	A2	A1	C2	

Figura 10: Grelha da evolução das tecnologias PV existentes. Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.042>

### Degradação de BIPV.

Geralmente os módulos comercializados são altamente confiáveis, sendo a sua vida útil determinada pela durabilidade do encapsulamento do modulo solar. Os valores obtidos a partir de medições reais indicam perdas de desempenho energético na faixa dos 0,5/1% devido à degradação por ano, o maior problema a longo prazo deve-se principalmente à penetração de humidade [7].

### 5. Conclusão

Em conclusão, apesar de ainda não existir muita informação sobre a integração de BIPV no retrofit de edifícios históricos, esse campo esta a começar a ser desenvolvido cada vez mais por necessidade face às novas diretrizes para remodelação de edifícios.

Atualmente já existem múltiplas hipóteses de formas de interação de PV para edifícios que infelizmente ainda não estão a ser aplicadas. Sendo que, na nossa opinião os fabricantes deveriam ter mais em conta a criação de produtos BIPV mais adequados aos edifícios e os responsáveis pelo desenvolvimento do retrofit deveriam considerar os novos desenvolvimentos tecnológicos e entender como podem ser introduzidos e integrados aos edifícios existentes, devendo existir uma maior comunicação entre os fabricantes e os responsáveis.

Em suma podemos concluir que de forma a melhorar a integração do PV nos edifícios históricos temos que procurar e investigar formas de os tornar invisíveis face à conservação da estrutura arquitetónica dos mesmos.

Por fim, é de acrescentar que este é um tópico que tem um vasto potencial para crescer e que merece ser investigado.

### 6. Referências:

[1] – Guide to BIPV by Polysolar, limited 2015, **Consultado a 07/01/2019:** [http://www.polysolar.co.uk/literature\\_138380/2015\\_Guide\\_to\\_BIPV](http://www.polysolar.co.uk/literature_138380/2015_Guide_to_BIPV)

[2] – Joachim Benemann, Oussama Chehab, Eric Schaar-Gabriel, Building-integrated PV modules, Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 67, Issues 1–4, 2001, **Consultado a 07/01/2019:** [https://doi.org/10.1016/S0927-0248\(00\)00302-0](https://doi.org/10.1016/S0927-0248(00)00302-0)



[3] – Amanda L. Webb, Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 77, 2017, **Consultado a 07/01/2019:** <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.145>

[4] – Cristina S. Polo López, Francesco Frontini, Energy Efficiency and Renewable Solar Energy Integration in Heritage Historic Buildings, Energy Procedia, Volume 48, 2014, **Consultdo a 07/01/2019:** <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.169>

[5] – A. Moschella, A. Salemi, Lo Faro A, G. Sanfilippo, M. Detommaso, A. Privitera, Historic Buildings in Mediterranean Area and Solar Thermal Technologies: Architectural Integration vs Preservation Criteria, Energy Procedia, Volume 42, 2013, **Consultado a 07/01/2019:** <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.042>

[6] – Bjørn Petter Jelle, Christer Breivik, State-of-the-art Building Integrated Photovoltaics, Energy Procedia, Volume 20, 2012, **Consultado a 07/01/2019:** <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.03.009>

[7] – Lars Gullbrekken, Tore Kvande, Berit Time, Roof-integrated PV in Nordic Climate - Building Physical Challenges, Energy Procedia, Volume 78, 2015, **Consultado a 07/01/2019:** <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.382>.