

ARQUITETURA SOLAR

SOLAR ARCHITECTURE



CARTILHA EDUCATIVA BILÍNGUE
BILINGUAL EDUCATIONAL BOOKLET

A arquitetura depende do seu tempo. [...]
Essa é a razão pela qual a tecnologia e a arquitetura
estão tão intimamente relacionadas.
Nossa verdadeira esperança é que elas cresçam juntas,
que algum dia uma seja a expressão da outra.
Só assim teremos uma arquitetura digna desse nome:
A arquitetura como um verdadeiro símbolo do nosso tempo.

- Arquiteto Ludwig Mies van der Rohe

Architecture depends on its time. [...]
That is the reason why technology and architecture
are so closely related.
Our real hope is that they grow together,
that someday the one be the expression of the other.
Only then will we have an architecture worthy of its name:
Architecture as a true symbol of our time.

- Architect Ludwig Mies van der Rohe

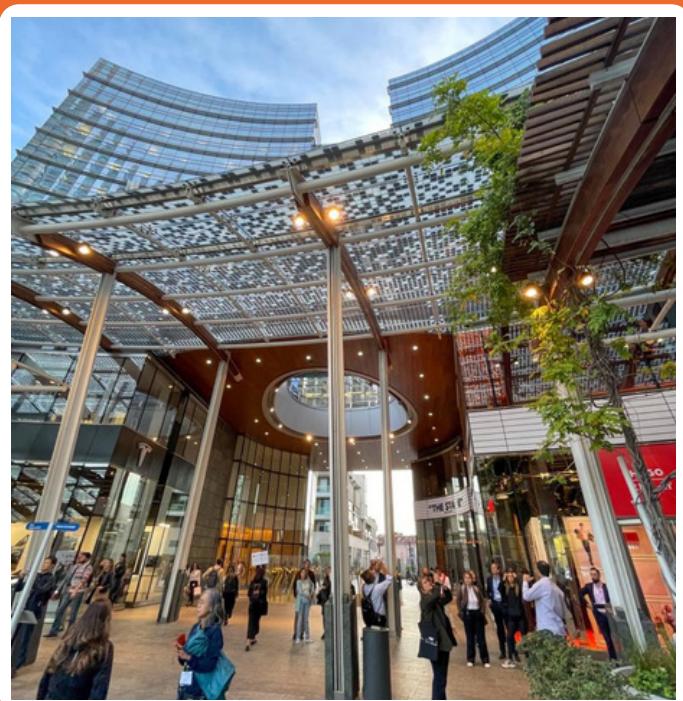
SUMÁRIO

CONTENTS

| | |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| O QUE É ARQUITETURA SOLAR? WHAT IS SOLAR ARCHITECTURE?..... | 04 |
| MARCOS HISTÓRICOS HISTORICAL MILESTONES..... | 06 |
| MORFOLOGIAS DE BIPVs MORPHOLOGIES OF BIPVs..... | 08 |
| MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA BIPVs PHOTOVOLTAIC MODULES FOR BIPVs... | 10 |
| LABORATÓRIO FOTOVOLTAICA/UFSC FOTOVOLTAICA/UFSC LABORATORY..... | 12 |
| VANTAGENS DO BIPV ADVANTAGES OF BIPV..... | 14 |
| INFLUÊNCIAS NAS EDIFICAÇÕES INFLUENCES ON BUILDINGS..... | 16 |
| BIPV E A REDE ELÉTRICA BIPV AND THE ELECTRIC GRID..... | 18 |
| CAPACIDADE INSTALADA INSTALLED CAPACITY..... | 19 |
| QUANTO CUSTA O BIPV? HOW MUCH DOES BIPV COTS?..... | 20 |
| PERGUNTAS FREQUENTES COMMON QUESTIONS..... | 22 |
| PERSPECTIVAS FUTURAS FUTURE PERSPECTIVES..... | 24 |
| REFERÊNCIAS REFERENCES..... | 26 |

O QUE É ARQUITETURA SOLAR?

WHAT IS SOLAR ARCHITECTURE?



A arquitetura solar (ou BIPV, de *Building Integrated Photovoltaics*) traz o conceito da integração de módulos fotovoltaicos (FV) a edificações, com o intuito de englobar o processo construtivo à geração energética eficiente.

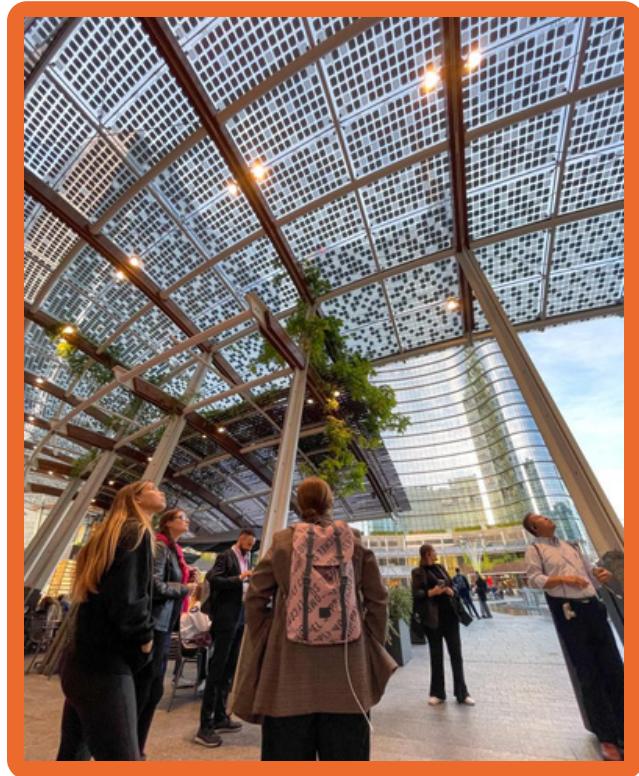
Solar architecture (or BIPV, for Building Integrated Photovoltaics) brings the concept of integrating photovoltaic (PV) modules into buildings, with the aim of comprising the construction process with efficient energy generation.

A arquitetura solar amplia a definição de módulos FV para componentes multifuncionais da construção civil.

Solar architecture expands the definition of PV modules to multifunctional construction modules.

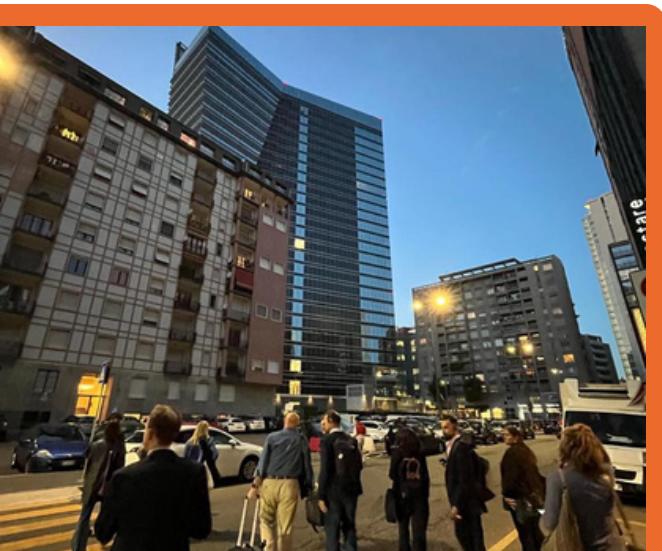
Inicialmente, os módulos FV têm sido integrados às edificações após a concepção de sua estrutura e de seus acabamentos, buscando a melhor orientação e inclinação para otimizar a geração de energia. Isso muitas vezes influencia a arquitetura de maneira negativa.

Porém, as intervenções na arquitetura podem ser identificadas (em fase de projeto ou em *retrofit*), prevendo-se as qualidades do módulo FV como material construtivo gerador de energia e até como substituto de outros elementos da construção civil.



Initially, PV modules have been integrated to buildings after conceiving their structure and finishing materials, seeking the best orientation and tilt for optimizing energy generation. This often raises negative influences on the architecture.

However, interventions on architecture can be identified (either in the design phase or in a retrofit), foreseeing the qualities of the PV module as a construction material that generates energy and that can replace other construction elements.



MARCOS HISTÓRICOS

HISTORICAL MILESTONES

1970s

Mundo

Primeiras soluções de energia FV em edificações, com o objetivo apenas de gerar energia.

First PV energy solutions for buildings, with the sole purpose of generating energy.

1973

Solar One (EUA)

Primeira casa experimental equipada para converter diretamente a luz solar em calor e eletricidade, com o intuito de coletar dados.

First experimental house equipped to directly convert sunlight into electricity and heat, in order to collect data.



Primeiro BIPV on-grid no Brasil/UFSC

First on-grid BIPV in Brazil/UFSC

1997

2 kWp (Brasil)

Primeiro BIPV conectado à rede elétrica pública no Brasil, na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

First grid-connected BIPV in Brazil, at the Federal University of Santa Catarina (UFSC).

1982

Wohnanlage Richter (Alemanha)

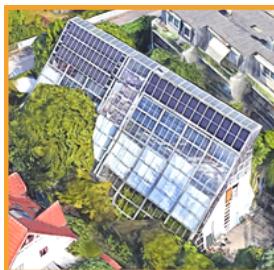
Primeira instalação FV integrada a uma edificação de envelope envidraçado, considerando princípios estéticos.

First PV installation integrated to a building with a glazed envelope, considering aesthetics.

Wohnanlage Richter

O primeiro BIPV do mundo

The first BIPV in the world



Créditos: Google Maps.

Biblioteca Pompeu Fabra

Pompeu Fabra Library



Créditos: Llengua catalana/Flickr.

1997

Biblioteca Pompeu Fabra (Espanha)

Um dos primeiros exemplos de integração plena, onde a fachada ventilada FV semi-transparente e as claraboias FV buscam um compromisso entre estética, conforto ambiental, balanço energético e aspectos econômicos.

One of the first examples of full integration, where the PV semi-transparent ventilated façade and the PV skylights seek a compromise between aesthetics, environmental comfort, energy balance, and economic aspects.

2000s

Mundo

Utilização de módulos FV convencionais como elementos construtivos. Aumento do interesse em edifícios de energia zero (ZEBs - *Zero Energy Buildings*).

Use of standard PV modules as building elements. The interest in Zero Energy Buildings (ZEBs) increases.

2009

Estádio de Energia Solar de Taiwan / Toyo Ito & Associates

Construção do maior estádio movido à energia solar do mundo, com sua cobertura BIPV de 14155 m².

Construction of the largest solar-powered stadium in the world, with its BIPV roof of 14155 m².

2010s

Mundo

Criação de módulos FV com novos formatos, texturas e cores, também imitando materiais construtivos convencionais.

Creation of PV modules with new shapes, textures and colors, also mimicking conventional building materials.

2015

Europa

Estudos para viabilizar a integração FV na restauração de edificações antigas.

Studies to enable PV integration in the renovation of old buildings.

2021

Centro Multifuncional Pregassona (Suíça)

A maior fachada FV de Ticino, na Suíça, é construída com 173 kWp de potência instalada.

The largest PV façade in Ticino, Switzerland, is built with 173 kWp of installed capacity.

Laboratório Fotovoltaica/UFSC

Fotovoltaica/UFSC Laboratory



Hospital Universitário/UFRJ

University Hospital/UFRJ



Créditos: Luiz Felipe Cruz.

2020s

Brasil

Integrações FV em edificações são reconhecidas, mas também questionadas quanto à sua eficiência. Building PV integrations are recognized, but also questioned about their efficiency.

2022

Revisão da *Energy Performance of Buildings Directive*, estabelecida em 2010 (Europa)

Todas as edificações novas deverão ser edifícios com emissões zero até 2030, e as edificações existentes devem ser transformadas em edifícios de emissão zero até 2050.

All new buildings must be zero-emission buildings by 2030, and existing buildings must be converted to zero-emission buildings by 2050.

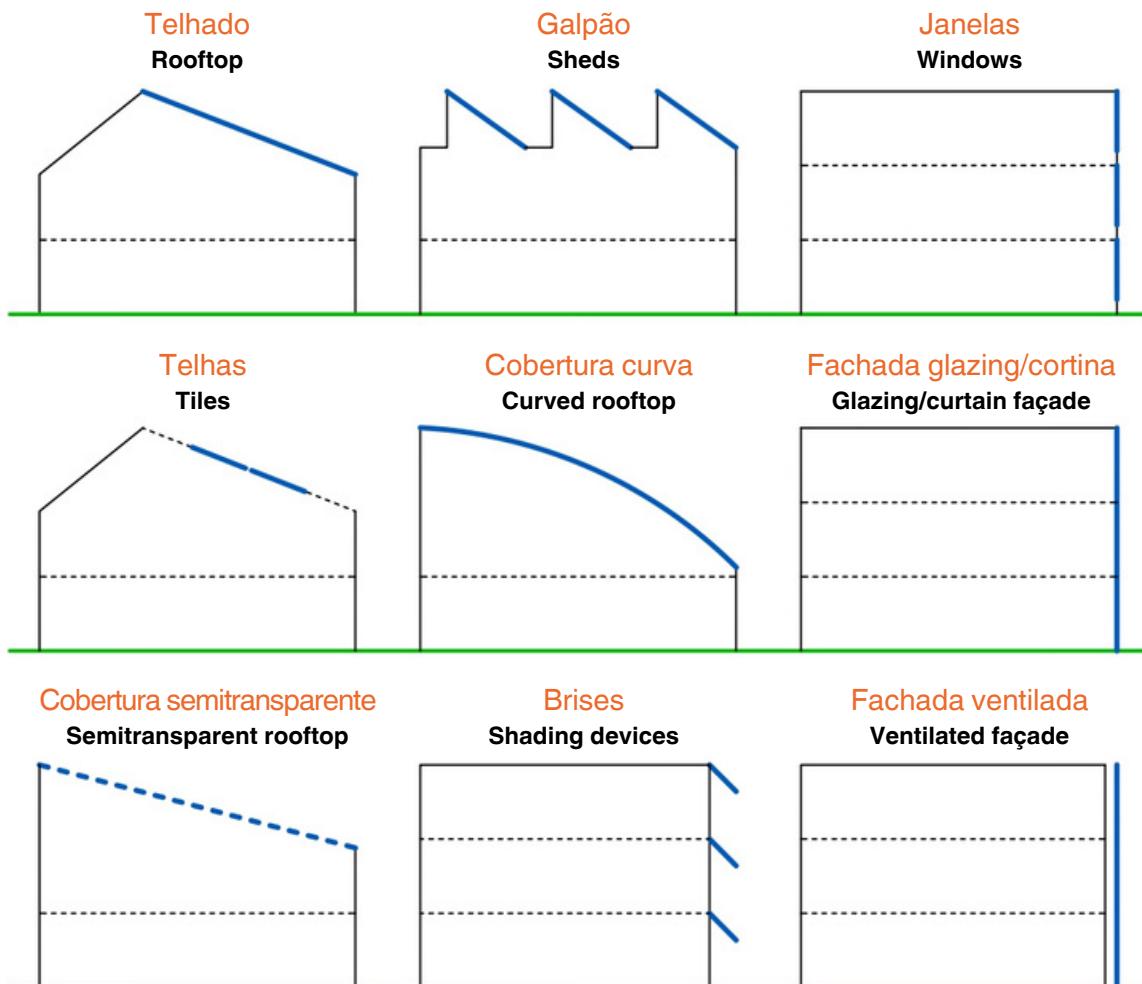
MORFOLOGIAS DE BIPVs

MORPHOLOGIES OF BIPVs



A característica modular dos módulos FV permite diversas morfologias para integração, tanto em edificações quanto em espaços urbanos. A seguir são apresentadas as principais morfologias possíveis.

The modular feature of PV modules allows different morphologies for integration, both in buildings and in urban spaces. The main possible morphologies are presented below.



MÓDULOS FV PARA BIPVs

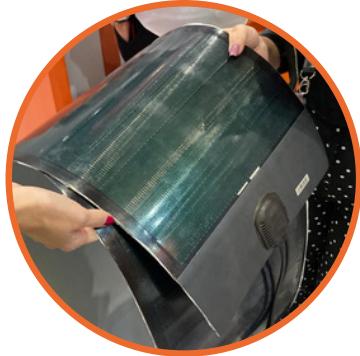
PV MODULES FOR BIPVs

O mercado BIPV possui módulos com diversas formas, tamanhos, cores e texturas. Existem soluções semitransparentes, flexíveis, coloridas, bifaciais, e até as texturizadas que imitam materiais convencionais da construção civil. No entanto, os preços ainda são mais altos do que os módulos FV convencionais. Há também as telhas com células FV que possibilitam um investimento inicial mais baixo. Porém, também é possível obter soluções estéticas, construtivas e energéticas de ótima qualidade e economicamente vantajosas com módulos FV convencionais, como no caso da sede do Laboratório Fotovoltaica/UFSC.

The BIPV market has modules with diverse shapes, sizes, colors and textures. There are semi-transparent, flexible, colored and bifacial solutions. Some texturized solutions even mimic conventional construction materials. However, the prices are still higher than conventional PV modules. There are also tiles with PV cells that enable a lower initial investment. However, it is possible to obtain aesthetic, constructive and energetic solutions of great quality and economically advantageous using conventional PV modules, as in the headquarters of the Fotovoltaica/UFSC Laboratory.



Módulo FV com retrato do Leonardo da Vinci!
PV module with Leonardo da Vinci's portrait!

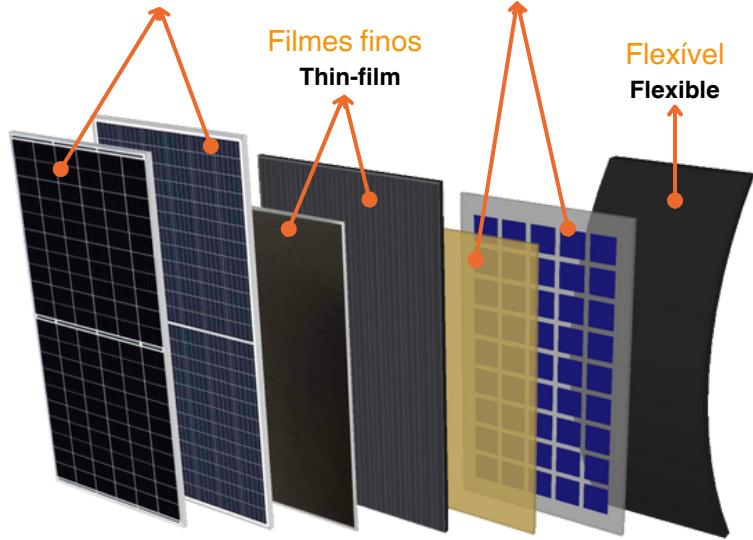


Silício cristalino
Crystalline silicon

Semitransparentes
Semitransparent

Filmes finos
Thin-film

Flexível
Flexible



Alvenaria
Brickwork

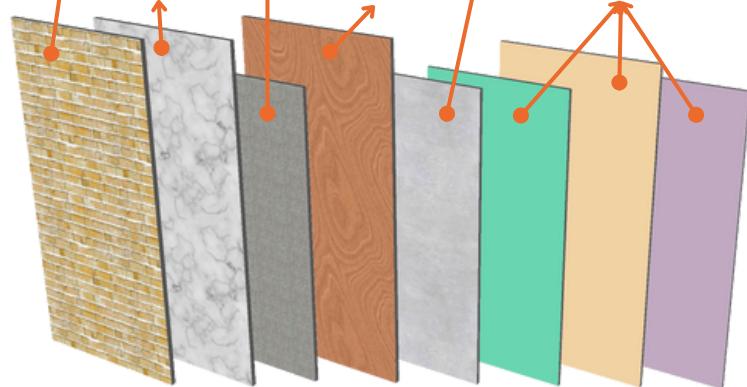
Granito
Granite

Concreto
Concrete

Mármore
Marble

Madeira
Wood

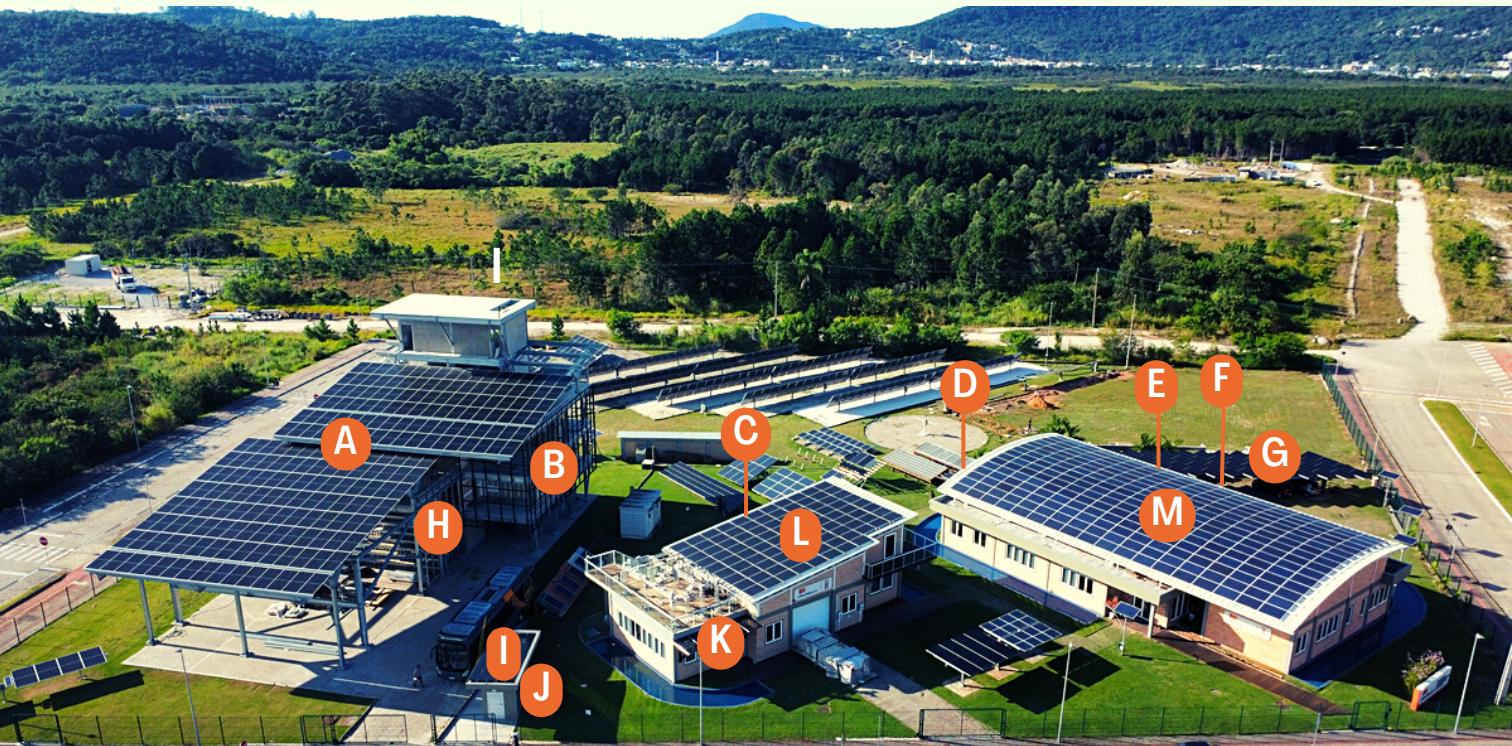
Coloridos
Colored

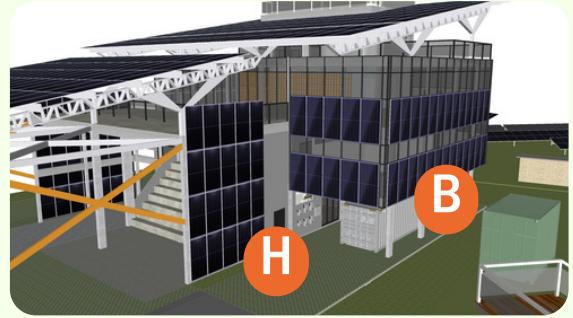


LABORATÓRIO FOTOVOLTAICA/UFSC

FOTOVOLTAICA/UFSC LABORATORY

- A** Coberturas inclinadas - vedação estanque
Tilted rooftops - watertight seal
- B** Dispositivos de sombreamento (brises)
Shading devices
- C** Fachadas ventiladas - com e sem estanqueidade
Ventilated façades - with and without water tightness
- D,E,K** Cobertura horizontal - vedação não-estanque
Horizontal rooftop - non-watertight pergola seal
- F** Fachada ventilada - sem estanqueidade
Ventilated façade - no water tightness
- G** Cobertura inclinada - vedação estanque
Tilted rooftop - carport watertight seal
- H** Fachada *glazing* - vedação não-estanque
Glazing façade - non-watertight seal
- I** Cobertura inclinada sobre laje
Tilted rooftop over slab
- J** Revestimento de fachada
Façade's covering
- L** Cobertura inclinada sobre telha metálica
Tilted rooftop over metal tie
- M** Cobertura curva sobre telha metálica
Curved rooftop over metal tile





VANTAGENS DO BIPV

ADVANTAGES OF BIPV

- ✓ Permite a geração de energia descentralizada e no local de consumo. As perdas por transmissão e distribuição, comuns ao sistema tradicional de geração centralizada, são minimizadas.

It allows decentralized energy generation in the same place of consumption. Transmission and distribution losses, which are very common in the traditional centralized generation systems, are minimized.

- ✓ Permite ligação à rede elétrica pública, dispensando bancos de baterias e elevados custos de manutenção.

It can be connected to the public electricity grid, eliminating battery banks and high maintenance costs.

- ✓ Deixa de ocupar áreas extras e que são exclusivas para geração de energia, e evita a poluição visual das paisagens.

It does not occupy extra areas, which are exclusive for energy generation, and avoids visual pollution of landscapes.



- ✓ Compõe o envelope arquitetônico, podendo substituir materiais de construção convencionais, cujo custo é compensado. Novas características estéticas são adicionadas aos ambientes.

It composes the architectural envelope, being able to replace conventional construction materials, whose cost is compensated. New aesthetic characteristics are added to the environments.

- ✓ É uma maneira elegante e eficiente de geração na própria edificação, portanto contribui para impulsionar os Edifícios de Energia Zero (ZEBs - *Zero Energy Buildings*).

It is an elegant and efficient way of in-building generation. Therefore, it contributes to boosting Zero Energy Buildings (ZEBs).



Créditos: Luiz Felipe Cruz.

- ✓ Possibilita diversas morfologias: revestimento e vedação de coberturas, fachadas (dos tipos glazing, cortina ou ventilada), esquadrias, claraboias, guarda-corpos, elementos de sombreamento (brises), ou também em espaços públicos, como mobiliário urbano, coberturas de praças, estacionamentos ou pontos de ônibus.

It allows several morphologies: roof cladding and sealing, façades (either glazings, curtain walls, or ventilated façades), openings, skylights, guardrails, shading devices, or also in public spaces, as street furniture, roofs of squares, carports, or bus stops.

- ✓ Traz uma imagem ecológica associada ao projeto, já que produz energia limpa e de fonte inesgotável.

It brings an ecological image to the project, as it produces clean energy from an unlimited source.

- ✓ Em edificações comerciais, há concomitância dos horários de maior geração e com os de maior consumo de energia, otimizando a rede elétrica.

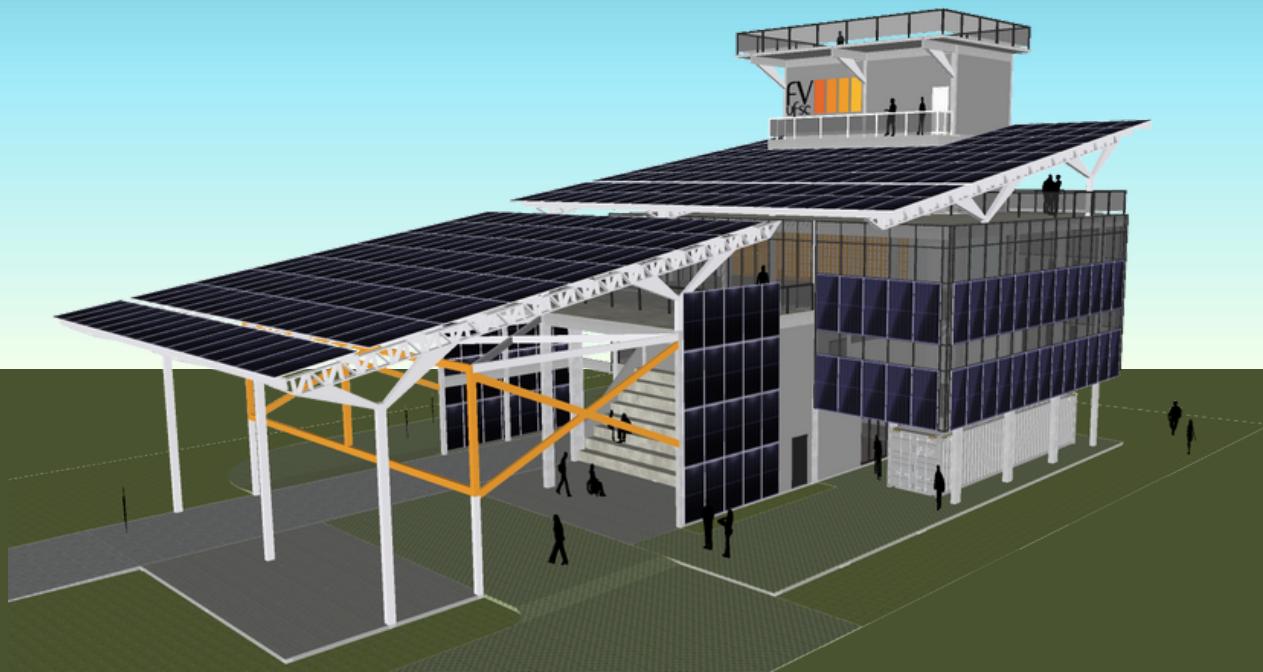
In commercial buildings, higher generation and higher energy consumption occur simultaneously, optimizing the electric grid.

INFLUÊNCIAS NAS EDIFICAÇÕES

INFLUENCES ON BUILDINGS

A multifuncionalidade dos módulos FV como elementos construtivos e de geração energética também contribui para o crescimento de Edifícios de Energia Zero (ZEBs - *Zero Energy Buildings*).

The multifunctionality of PV modules as building and energy generation elements also contributes to the growth of Zero Energy Buildings (ZEBs).



Na arquitetura solar, os sistemas FV deixam de ser apenas anexados à edificação, e integram-se a ela com finalidades funcionais, estéticas e econômicas. Ao mesmo tempo em que há redução de custos com a substituição de materiais convencionais de revestimento e vedação, a integração de módulos FV deve ser pensada para atingir desempenho suficiente dentro de critérios de conforto (térmico, lumínico e acústico), de eficiência energética, e também segurança, estanqueidade, durabilidade e manutenção.

Assim, a integração FV em edificações exige atenção tanto no momento de projeto quanto na instalação. Além de contar com o sistema de geração energética, ele deve ser entendido e tratado como um elemento da própria edificação e modelado de maneira a contribuir para o desempenho exigido à construção.

In solar architecture, PV systems are no longer just attached to the buildings, but integrated to them with functional, aesthetic, and economic purposes. The replacement of conventional cladding and sealing materials reduces costs. Also, the integration of PV modules must be designed to achieve sufficient performance within comfort criteria (thermal, lighting, and acoustic), energy efficiency, as well as safety, water tightness, durability, and maintenance.

Thus, PV integration in buildings requires attention both at the design and installation phases. In addition to being the energy generation system, the PV modules must be understood and treated as elements of the building itself and modeled in a way as to contribute to the required performance of the construction.



BIPV E A REDE ELÉTRICA

BIPV AND THE ELECTRIC GRID

Na maioria dos casos, um sistema FV integrado a uma edificação é dimensionado para suprir o seu consumo energético anual. Nos momentos em que o consumo excede a geração, é comum que a edificação utilize a rede elétrica pública ou baterias destinadas para armazenar energia. Assim, o sistema FV pode ser caracterizado como *on-grid*, quando é conectado à rede, ou *off-grid*, quando não é conectado. A vantagem de utilizar o sistema *on-grid* é que as despesas para manutenção das baterias são evitadas, além da possibilidade de acumular créditos na rede elétrica quando a geração de energia é maior que o consumo.

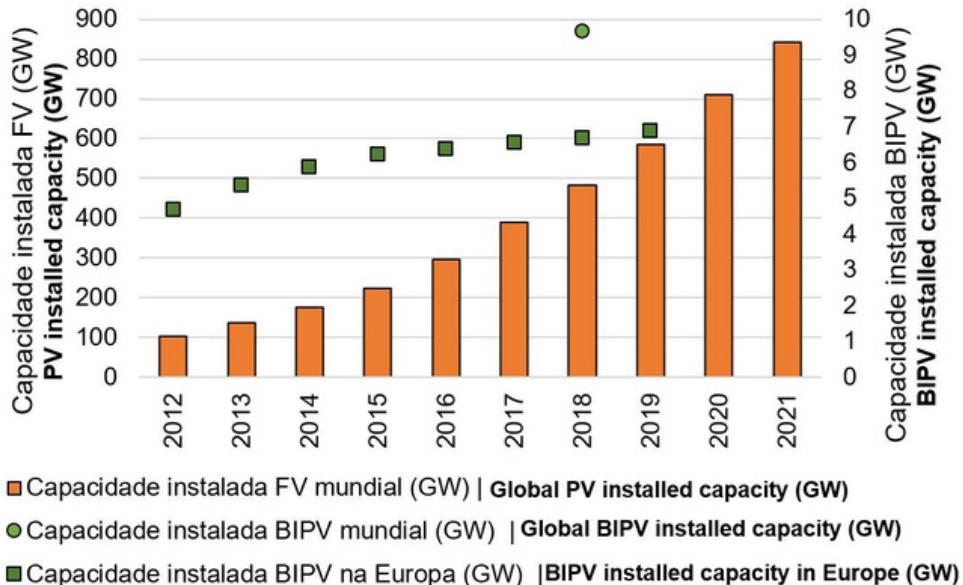


In most cases, a building-integrated PV system is quantified to supply the annual energy consumption. In conditions where consumption exceeds generation, it is common that the building uses the public electricity grid or batteries intended for energy storage. In this regard, the system can be characterized as on-grid, when it is connected to the grid, or off-grid, when it is not connected. The advantage of using the on-grid system is that the expenses for battery maintenance are avoided, in addition to the possibility of accumulating credits in the electricity grid when the energy generation is greater than the consumption.

CAPACIDADE INSTALADA

INSTALLED CAPACITY

A capacidade instalada de BIPVs no mundo é difícil de ser quantificada, já que os dados de sistemas FV em edificações não são contabilizados separadamente, e ainda a definição de BIPV se diferecia de país para país. O gráfico mostra uma estimativa da capacidade instalada (GW) de BIPVs no mundo e na Europa, em comparação com a capacidade instalada de sistemas FV no mundo, de 2013 até 2022.



Fontes: Becquerel Institute (2019); IRENA (2023); SUPSI e Becquerel Institute (2020).

The global installed capacity of BIPVs is difficult to quantify, since data from PV systems in buildings are not counted separately, and the definition of BIPV differs from country to country. The chart estimates the installed capacity (GW) of BIPVs in the world and in Europe, compared to the global installed capacity of PV systems, from 2013 to 2022.

QUANTO CUSTA O BIPV?

HOW MUCH DOES BIPV COST?

Em 2009, os BIPVs representavam apenas 1% da capacidade instalada dos sistemas FV no mundo. O principal obstáculo para o crescimento dos BIPVs é o alto valor do investimento inicial em comparação com materiais convencionais da construção civil. No entanto, os preços vêm diminuindo conforme a popularização da tecnologia no mercado. O gráfico compara o investimento inicial de BIPVs em coberturas com coberturas convencionais, e de BIPVs em fachadas com fachadas convencionais.

Além disso, o retorno sobre o investimento inicial (*payback*), é um atrativo que vem tomando destaque no que diz respeito aos BIPVs. Ao longo da vida útil de 30 anos, o alto valor do investimento inicial é recuperado e ainda gera lucros ao proprietário. Na Europa, estima-se que o *payback* de BIPVs seja de 6 anos.



In 2009, BIPVs accounted for only 1% of the global installed capacity of PV systems. The main obstacle to the growth of BIPVs is the high value of the initial investment when compared to conventional construction materials. However, the prices have been decreasing as the technology becomes popular in the market. The graph compares the initial investment of BIPVs in roofs with regular roofs, and of BIPVs in façades with regular façades.



In addition, the return of the initial investment (*payback period*) is an attraction that has been taking prominence regarding BIPVs. Throughout their lifetime of 30 years, the high value of the initial investment is recovered and even brings profits for the owner. In Europe, the *payback period* of BIPVs is estimated to be 6 years.

CUSTO/COST (€/m²)

0

150

300

450

600

750

900

1050

COBERTURA BIPV

BIPV ROOFING

Módulo BIPV sob medida
Tailormade BIPV module

Módulo montado no telhado
In roof mounted module

Telha solar
Solar tile

COBERTURA CONVENCIONAL

REGULAR ROOFING

Chapas metálicas
Metal sheets

Telhas de concreto
Concrete tiles

Telhas cerâmicas
Ceramic tiles

Telhas de fibrocimento
Fibrocement cladding

Vidro
Glass

FACHADA BIPV

BIPV FAÇADE

Fachada cortina a-Si
a-Si based curtain wall

Fachada cortina c-Si
c-Si based curtain wall

FACHADA CONVENCIONAL

REGULAR FAÇADE

Chapas metálicas
Metal sheets

Madeira
Wood

Pedra
Stone

Placas cerâmicas
Ceramic tiles

Placas de fibrocimento
Fibrocement cladding

Vidro
Glass

Fonte: SUPSI (2020).

PERGUNTAS FREQUENTES

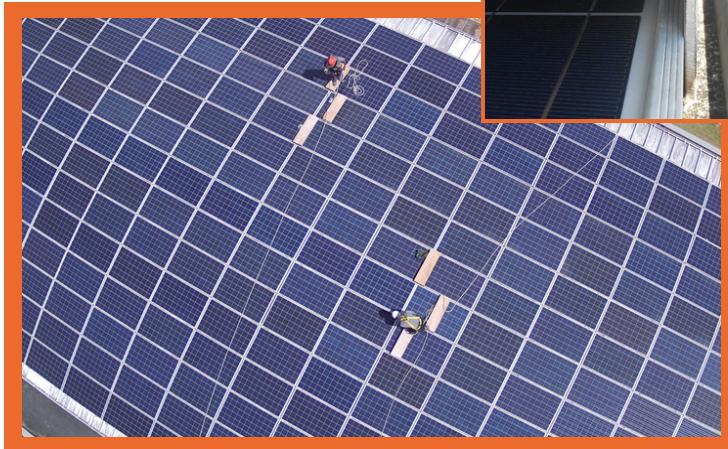
COMMON QUESTIONS

Como ficam a limpeza e a manutenção?

A limpeza e a manutenção de BIPVs devem ser pensadas desde a concepção do projeto e com o entendimento de que se tratam de edificações, não de usinas e que, portanto, podem ocorrer com uma frequência menor. Mesmo em grandes superfícies, é possível pensar maneiras de realizar os devidos reparos sem comprometer os sistemas FV.

What about cleaning and maintenance?

Cleaning and maintenance of BIPVs must be planned from the design phase, with the comprehension that we are working with buildings, not with power plants and, therefore, they can occur less frequently. Even on large surfaces, it is possible to think of ways to carry out the necessary repairs without compromising the PV systems.



Manutenção de cobertura FV no Laboratório Fotovoltaica/UFSC: foram construídas plataformas de madeira com cantoneiras metálicas que se apoiam na estrutura metálica de fixação do sistema FV na telha. Assim, o acesso aos locais que necessitam de manutenção torna-se possível sem pisar nos módulos FV.

Maintenance of the PV rooftop at the Fotovoltaica/UFSC Laboratory: wooden platforms with metal angles were built to rest on the metal structure that fixes the PV system to the tile. Thus, the access to places that need maintenance becomes possible without stepping on the PV modules.



E o sombreamento?

No meio urbano, dificilmente teremos superfícies totalmente livres de sombreamento, seja este causado por edificações vizinhas, torres de caixas d'água ou vegetação. Assim, deve-se pensar nas conexões elétricas do sistema FV de maneira a minimizar as perdas por sombreamento, sempre respeitando as formas arquitetônicas.

What about shading?

In urban areas, surfaces completely free of shading are difficult to be found. These shadings can be caused either by neighboring buildings, water tank towers, or vegetation. Therefore, the electrical connections of the PV systems must be designed considering the minimization of shading losses, always respecting the architectural forms.

E as fachadas?

Economicamente, é muito mais vantajoso utilizar um material que gera energia, do que materiais convencionais que não geram nada. Módulos FV em superfícies verticais como fachadas são interessantes para complementar a área de geração de energia na edificação. Os módulos podem contribuir como elementos de revestimento ou vedação, evitando despesas com outros materiais construtivos.

What about façades?

PV modules on vertical surfaces such as façades are interesting to complement the area of energy generation in the building. The modules can contribute as coating or sealing elements for these surfaces, avoiding expenses with other construction materials. Economically, it is more beneficial to use a material that generates energy, that is, PV modules, than ones that do not, such as conventional construction materials.

PERSPECTIVAS FUTURAS

FUTURE PERSPECTIVES

Apesar dos incentivos governamentais e da crescente necessidade energética serem favoráveis ao mercado FV, a arquitetura solar ainda é pouco explorada. Para mudar este cenário, são necessárias outras formas de apoio dos governos, como redução do imposto de importação, subsídios e benefícios fiscais.

A indústria de BIPVs deve se encaminhar para uma abordagem de mercado de massa com uma cadeia de valor mais integrada. A inovação deve ocorrer nos mais diferentes níveis da produção e considerar a estética do produto, mas também garantir flexibilidade e automação na fabricação, criar produtos multifuncionais para vedações e revestimentos de edificações, gerenciar os processos com base na digitalização em formato BIM (*Building Information Modeling*), além de criar métodos para avaliações de desempenho, garantindo qualidade, segurança e confiabilidade.

Assim, a indústria da construção deverá expandir em meio à inovação e à transição sustentável para combinar os aspectos arquitetônicos, energéticos e econômicos dos BIPVs, garantindo alta eficiência e bom desempenho em comparação aos métodos construtivos convencionais. Além disso, já existem estudos para identificar padrões pertinentes à normalização dos BIPVs. Isso deverá contribuir positivamente para a estabilização da tecnologia no mercado, tornando-a cada vez mais competitiva.





Even though government incentives and the growing energy need are favorable to the PV market, solar architecture is still little explored. To change this scenario, other forms of government support are needed, such as reductions on import taxes, subsidies and tax breaks.

The BIPV industry should move towards a mass market approach with a more integrated value chain. Innovation must occur at the most different levels of production and consider the aesthetics of the product, but also ensure flexibility and automation in manufacturing, create multifunctional products for sealings and coatings of buildings, manage processes based on digitalization in BIM (Building Information Modeling) format, in addition to creating methods for performance evaluations, ensuring quality, safety and reliability.

Thus, the construction industry is expected to expand amid innovation and sustainable transition to combine the architectural, energy and economic aspects of BIPVs, ensuring high efficiency and good performance when compared to conventional construction methods. In addition, there are already studies to identify standards pertinent to the normalization of BIPVs. This should contribute positively to the stabilization of the technology in the market, making it increasingly competitive.

REFERÊNCIAS

REFERENCES

ARCH DAILY. **Estádio de Energia Solar de Taiwan / Toyo Ito & Associates**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-102988/estadio-de-energia-solar-de-taiwan-slash-toyo-ito>

BECQUEREL INSTITUTE. **BIPV market and stakeholder analysis 2019**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://bipvboost.eu/public-reports/>.

EPBD RECAST. **Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02010L0031-20210101>

FORBES. **The Future Of Solar: Integrated Photovoltaics In The Building Envelope**. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2021/11/30/the-future-of-solar-integrated-photovoltaics-in-the-building-envelope/?sh=5dc57d91795a>.

IRENA. **Renewable Capacity Statistics 2023 International Renewable Energy Agency (IRENA)**. Abu Dhabi: [s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023>

JUSTSOLAR. **BIPV future prospects and current challenges**. Disponível em: <https://www.justsolar.com/blog/photovoltaic-bipv-future>.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. 1. ed. Florianópolis: [s. n.], 2004. E-book. Disponível em: <https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/fotov/livros/>

SUPSI; BECQUEREL INSTITUTE. **Building Integrated Photovoltaics: A practical handbook for solar buildings' stakeholders**. Status Report 2020. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://repository.supsi.ch/12186/>

ARQUITETURA SOLAR

SOLAR ARCHITECTURE

1ª edição: Florianópolis, 2023.

ELABORAÇÃO

PREPARATION

Giulia Pimentel Cia Koike
Isadora Pauli Custódio
Ricardo Rütther

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Catarina
<https://ppgec.posgrad.ufsc.br>



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**



Fotografia: Invicta Solar