# SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS À ARQUITETURA (BIPV): MOMENTO PRESENTE E POTENCIAL[1]

SILVEIRA, F., Universidade Federal do Paraná, email: flaasilveira@gmail.com; DIAS, S., Universidade Federal do Paraná, email: sofiahdias@gmail.com; SCHMID, A., email: aloisio.schmid@gmail.com

**ABSTRACT**

*The recent crossing of the cost barrier of US$ 1.0/W for photovoltaic (PV) panels allows new prospects for a massive use of renewable energies. Now, there is the imperative to identify and organize a large area of collecting surfaces, particularly in the urban realm. This paper presents a review of photovoltaic energy and some aspects of building integrated photovoltaic (BIPV) in order to approach the theme and know the Brazilian context of solar energy.*

***Keywords**: Solar energy. BIPV. Photovoltaic systems.*

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente por energia elétrica tem, há ao menos cinco décadas, incentivado pesquisas a respeito de fontes de energia renováveis e eficientes. Por este ângulo, Kannan e Vakeesan (2016) discorrem sobre a relação entre o crescimento populacional e tecnológico no mundo e a crise energética, em que a busca por novos meios de geração de energia é essencial. Neste sentido, a fonte primária solar é promissora pelo caráter distribuído e redução de problemas recorrentes dos meios de geração convencionais, como a queima de combustíveis fósseis. Logo, um meio favorável para sua utilização é a adoção de sistemas solares fotovoltaicos integrados ao envelope do edifício, denominados *Building Integrated Photovoltaics* (BIPV). São uma poderosa ferramenta para alcançar a crescente demanda de Energia Zero em edifícios, amplamente estudada internacionalmente e identificada como o futuro da tecnologia fotovoltaica. Para Shukla, Sudhakar e Baredar (2016, p.100), entende-se como Energia Zero edifícios auto suficientes energeticamente, com Energia Líquida Zero.

Neste artigo, busca-se contextualizar o BIPV por meio do estudo das células fotovoltaicas, do contexto mundial e nacional, além das vantagens e dificuldades da aplicação destes produtos na arquitetura. Uma revisão bibliográfica sistemática e narrativa é realizada, em periódicos qualificados, relatórios, bancos de dissertações e teses, na qual objetiva-se uma aproximação ao tema, dada sua complexidade e diversidade. Parte do projeto de pesquisa "Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis Não Convencionais", em Curitiba/PR, financiada pela ANEEL/COPEL, ocorrerá em continuação a esta pesquisa.

[1] SILVEIRA, F. , DIAS, S. , SCHMID, A. Sistemas fotovoltaicos integrados à arquitetura (BIPV): momento presente e potencial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Os resultados deste estudo apontam lacunas sobre o emprego dos produtos BIPV no Brasil, a difusão e incentivo da energia solar em território nacional e o desconhecimento do funcionamento dos sistemas BIPV e suas possibilidades de aplicação por profissionais e usuários.

## 2 MÉTODO

Por meio de uma pesquisa exploratória, é realizada uma revisão bibliográfica sistemática e narrativa, sobre o contexto da energia solar no Brasil e no mundo, e aspectos dos elementos BIPV, em periódicos qualificados, relatórios, bancos de dissertações e teses a respeito do tema.

O corpo de conhecimento desenvolvido servirá como embasamento para a concepção, construção e operação de estações para aquisição de dados de irradiação solar sobre superfícies com diferentes orientações, referente ao projeto de pesquisa "Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis Não Convencionais", em Curitiba/PR.

## 3 DISCUSSÃO

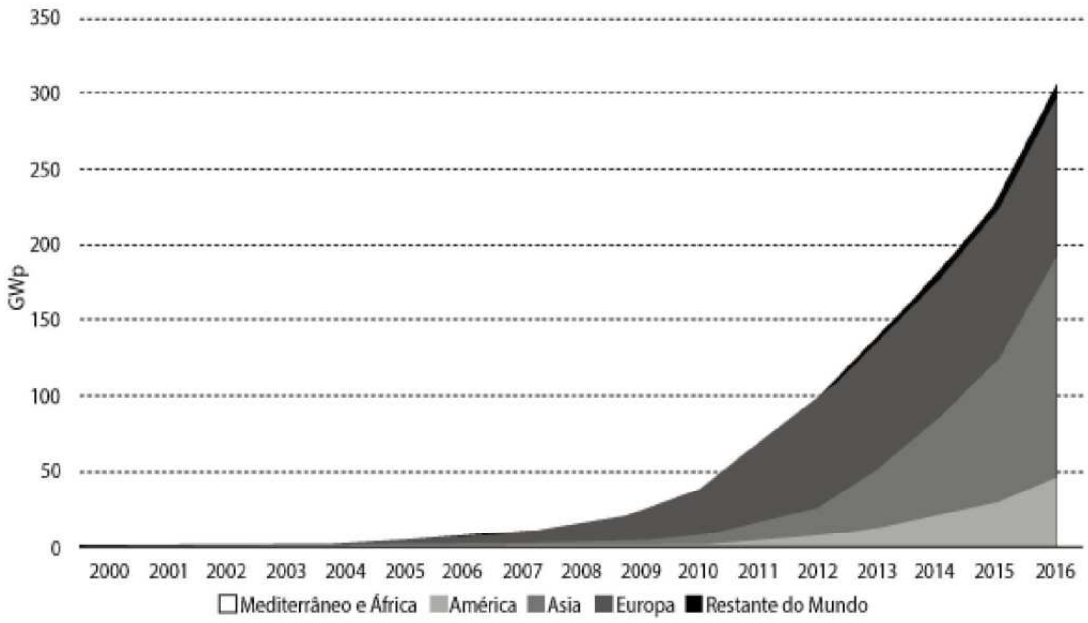
De acordo com o código técnico de construção espanhol, existem duas soluções aplicáveis aos elementos fotovoltaicos: *Building Integrated Photovoltaics* (BIPV) e *Building Applied Photovoltaics* (BAPV). Para Shukla et al. (2016, p.100), BIPV são sistemas solares fotovoltaicos que substituem materiais construtivos convencionais, integrando-se ao envelope do edifício - como em coberturas e fachadas - enquanto os produtos BAPV são elementos cuja instalação é realizada por meio de uma sobreposição de módulos paralelos ao envelope do edifício. A grande diferença entre as categorias está no fato de o sistema fotovoltaico ser elaborado durante a fase de projeto da edificação (BIPV) e não como uma alteração posterior com adição de elementos em um edifício construído (BAPV).

Segundo Machado e Miranda (2015, p. 129-136), atualmente, são encontradas células de primeira, segunda e terceira geração sendo elas compostas por: silício monocristalino ou policristalino; células de filme fino, podendo ser constituídas por silício amorfo ou materiais como arseneto de gálio; e sensibilizadas por corantes ou materiais orgânicos (como o OPV - *organic photovoltaic*), respectivamente. A escolha da tecnologia da célula interfere diretamente na integração à arquitetura, podendo uma célula de filme fino adaptar-se a formas irregulares enquanto as células monocristalinas normalmente seguem uma modulação rígida. Neste sentido, Villalva e Gazoli (2012, p. 66) comentam que cerca de 95% das células fotovoltaicas fabricadas e comercializadas são de silício, material abundante na natureza, com custo reduzido. Este fato implica em soluções projetuais específicas de integração a arquitetura.

As células fotovoltaicas estão em constante desenvolvimento, produzindo sempre novas soluções de sistemas BIPV, fato corroborado pelo crescimento do mercado solar nos últimos anos. De acordo com IEA - *International Energy Agency* (2017), o mercado da energia fotovoltaica ultrapassou recordes em

2016 e passa por um crescimento, proveniente de diversas regiões mundiais. A figura 1 ilustra a evolução das instalações fotovoltaicas no mundo, onde a Europa é a região com maior número de unidades instaladas, seguida por Ásia e América. A África não é demonstrada no gráfico por não mostrar um número expressivo, contudo existem projetos para a geração de energia fotovoltaica em vários países em especial do Mediterrâneo. A IEA (2017) também cita o crescimento do Oriente Médio, com países instalando suas primeiras dezenas de Megawatt (MW). China, Japão e Alemanha são mencionados como os países com maior capacidade acumulada em 2016.

Figura 1 – Evolução Regional das Instalações Fotovoltaicas



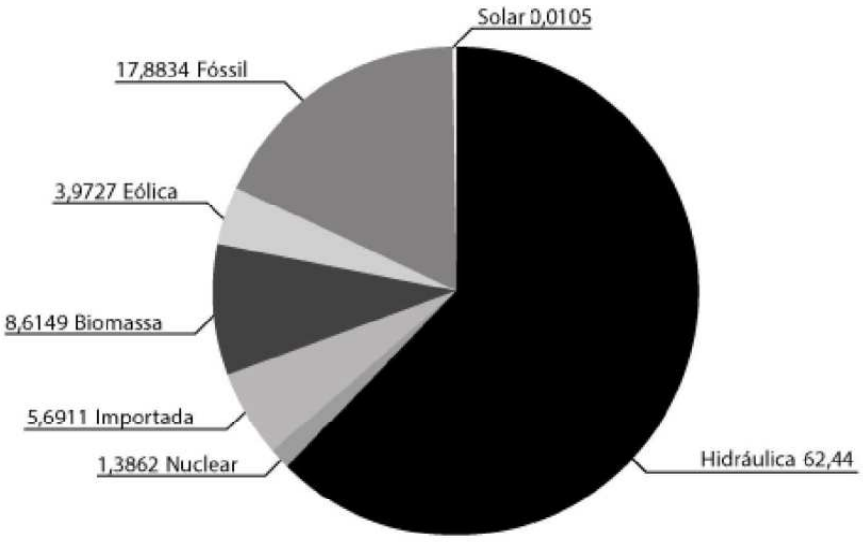

Fonte: Adaptado de IEA (2017, p.11)

Muitos países que ocupam as primeiras posições na instalação de sistemas fotovoltaicos tiveram programas governamentais de incentivo, financiando e apoiando instalações. Diante do exposto, Santos (2013, p.54) afirma que estes programas proporcionam a criação de um conhecimento nacional sobre o funcionamento e possibilidades da tecnologia, além do desenvolvimento tecnológico e profissional, reduzindo incertezas.

Na maioria dos países europeus, novos regulamentos sobre desempenho energético em edifícios, derivados do EPDB 2010 (*Energy Performance of Buildings Directive*), foram definidos e o tempo para sua obrigatoriedade está próximo. Os regulamentos estão assumindo um papel determinante para o mercado BIPV, fato com importantes consequências como: a perda da necessidade de implantação do sistema apenas em casos em que se deseja transmitir a mensagem de sustentabilidade, possibilitando também alcançar o objetivo de autossuficiência energética, o surgimento de novos produtos no mercado para atender a crescente demanda, usuários e profissionais adaptados às novas tecnologias, entre outros.

No Brasil, com a Resolução 482 da ANEEL (2012), a geração fotovoltaica integrada à edificação tem retorno financeiro assegurado na compensação do consumo de energia elétrica, o que contribuiu para um recente avanço. No entanto, é notado que, embora o país venha tentando incentivar a produção fotovoltaica como fonte renovável, este incentivo é modesto para aumentar sua participação na matriz energética nacional. Ferreira et al. (2018, p.189) afirmam que projetos instalados por meio de ações governamentais brasileiras usam sistemas autônomos, concentrados em casas isoladas, longe das redes de distribuição. Foi o caso do PRODEEM (anos 90). Consequentemente, a população não tem contato com esta tecnologia, pois ela não está culturalmente inserida em práticas locais. Além disso, os exemplares de BIPV são ínfimos, sendo o sistema fotovoltaico apresentado quase sempre na categoria BAPV, como módulos e placas anexados ao edifício já construído. Ferreira et al. (2018, p.189) representam graficamente a produção de energia solar nacional (figura 2).

Figura 2 – Matriz energética brasileira (%)




Fonte: Adaptado de Ferreira et al. (2018)

Para Faria Jr., Trigoso e Cavalcanti (2017, p. 1364-1366) o Brasil possui recursos naturais para a utilização da energia solar em abundância e seu uso deveria ser fomentado por iniciativas governamentais. Neste contexto, os autores apontam possibilidades de incentivos como tarifa prêmio, certificados verdes, incentivos fiscais e leilões de energia, que abrem oportunidades para a difusão da tecnologia e para a efetiva integração fotovoltaica à arquitetura brasileira.

## 3.1 BIPV

Como benefícios dos produtos BIPV, conforme defendido por Santos (2013, p.31), estão: geração de energia junto ao ponto de consumo, fim dos custos de transmissão de energia necessária em grandes centrais geradoras,

apropriação de áreas em uso para a aplicação do sistema, substituição de peças construtivas tradicionais por painéis que solucionam tanto questões formais de projeto quanto a produção energética do edifício (reduzindo custos), projetos arquitetônicos de qualidade, entre outros. Podemos acrescentar que na presente fase de divulgação da tecnologia, é fundamental que tenhamos nos edifícios uma retórica da sustentabilidade através da adoção, principalmente, de coberturas fotovoltaicas, que além de produzir energia elétrica, atenuem efeitos climáticos marcantes na maior parte das capitais brasileiras: a intensidade da radiação solar e das chuvas. Já as fachadas fotovoltaicas, no plano vertical, são uma segunda prioridade, pois captam menos energia, dada a baixa latitude do território brasileiro.

Diante do exposto, o mercado apresenta materiais que possibilitam a completa integração da tecnologia fotovoltaica à arquitetura. Deles, os produtos modulares BIPV, são similares ao módulo fotovoltaico tradicional porém com o diferencial de serem projetados para lidar com as intempéries, permitindo o uso dos módulos como cobertura e fachada, por exemplo. Shukla et al. (2016, p.105) afirmam que uma das dificuldades da disseminação do sistema é a diferenciação desses produtos, deixando claro quais poderão ser integrados ao edifício como peça construtiva e quais não desempenham essa função. Outro obstáculo é o vínculo a projetos arquitetônicos não satisfatórios. Assim, custo, desenvolvimento de novos produtos, desconhecimento dos profissionais e usuários e a crença de que a instalação fotovoltaica deprecia a composição arquitetônica da edificação são barreiras que deverão ser transpostas, principalmente no panorama nacional.

Em suas pesquisas, Cerón, Caamaño-Martín e Neila (2013, p.128) afirmam que a ideia de integração tem sido adotada por companhias de material de construção resultando em elementos construtivos fotovoltaicos de design inovador, possibilitando melhor desenvolvimento dessa tarefa em termos de fechamento, sombreamento, impermeabilização, isolamento térmico e acústico, acabamentos e iluminação. Contudo, relatam que a principal barreira é cultural, corroborando as afirmativas de Shukla et al. (2016), de que poucas pesquisas estão voltadas ao uso dos módulos nas edificações - sendo que a integração arquitetônica surge como premissa para que haja a instalação dos sistemas. Em acordo, uma importante consideração a ser feita é que arquitetos muitas vezes relutam em adotar a tecnologia fotovoltaica devido a falta de treinamento e informações sobre o potencial de desempenho dos módulos fotovoltaicos não idealmente orientados e inclinados.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de energia solar é ínfima no Brasil, mesmo que o país possua condições favoráveis a seu desenvolvimento, como demonstrado na figura 2. Existem poucos exemplares de edifícios integrados a sistemas fotovoltaicos em território nacional, produtos ainda desconhecidos por grande parte dos

profissionais e usuários brasileiros.

Além disso, barreiras culturais e falta de pesquisas voltadas ao uso dos módulos fotovoltaicos nas edificações são lacunas evidentes. As informações sobre o funcionamento dos produtos BIPV, vinculadas às propriedades das células fotovoltaicas e à integração arquitetônica não são difundidas, demonstrando a necessidade de estudos a respeito. Da mesma forma, o desenvolvimento de métodos de projeto de forma holística, considerando todas as variáveis responsáveis pela escolha de um elemento construtivo, assim como o reconhecimento desses valores em regulamentações, são itens importantes a serem constatados e desenvolvidos em pesquisas futuras.

Em paralelo, a pesquisa que será desenvolvida em sequência, pertencente ao projeto "Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis Não Convencionais", em Curitiba/PR, aborda a concepção, construção e operação de estações para aquisição de dados de irradiação solar sobre superfícies com diferentes orientações, esta mostra-se necessária pelo fato de que arquitetos relutam em adotar a tecnologia pela falta de informações referentes ao potencial de desempenho dos módulos fotovoltaicos com orientações e inclinações diferentes do ideal.

## AGRADECIMENTOS

Essa pesquisa foi financiada pela ANEEL/ COPEL PD 2866-0470-2017.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa n°482.** 2012. 12 p.

CERÓN, I.; MARTÍN, E. C.; NEILA, F. J. **"State-of-the-art" of building integrated photovoltaic products**. Renewable Energy, 58, 127–133, 2013.

FARIA JR , H, TRIGOSO, F. & CAVALCANTI, J. **Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects**. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 75, 469-475, 2017. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116307407> Acesso em 01 abr, 2018

FERREIRA, A.; KUNH, S. S.; FAGNANI, K. C.; DE SOUZA, T. A.; TONEZER, C.; DOS SANTOS, G. R.; COIMBRA-ARAÚJO, C. H. **Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in brazil.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 181–191, 2018.

IEA Snapshot of Global Photovoltaic Markets . 2017, Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS__A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2016__1_.pdf> Acesso em 05 abr. 2018.

KANNAN, N & VAKEESAN, D. **Solar energy for future world: -A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 62, 1092-1105, 2016. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116301320> Acesso em 01 abr, 2018.

MACHADO, C.T.; MIRANDA, F.S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão**. Revista Virtual de Química. [Online]. 7, (1984-6835), 126-143. 2014. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508> Acesso em 01 abr, 2018.

MINISTERIO DE VIVIENDA. **Código Técnico de la Edificación.** Madrid, 2006. 16 p.

SANTOS, Ísis Portolan. . **Desenvolvimento De Ferramenta De Apoio À Decisão Em Projetos De Integração Solar Fotovoltaica à Arquitetura**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p.278, 2013.

SHUKLA, A. K.; SUDHAKAR, K.; BAREDAR, P. **A comprehensive review on design of building integrated photovoltaic system**. Energy & Buildings, 128, 99–110, 2016.

VILLALVA, Marcelo G.; GAZOLI, Jonas R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações.** São Paulo: Ed. Ética Ltda, Vol1, 224p, 2012.