



ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: CONCEITO E TIPOS DE SOLUÇÕES EXISTENTES ATUALMENTE NO MERCADO

GODOI, Cleidivam.¹
LUCIETO, Gustavo.²
MISTURINI, Leonardo.³
SOUSA, Renata Esser.⁴
RUSCHEL, Andressa Carolina.⁵

RESUMO

Cada vez mais é visto o crescimento da necessidade de geradores de energia elétrica de modo sustentáveis, que diminuam com o abuso e degradação dos recursos naturais como as fontes de energia provinda de combustíveis fósseis que estão cada vez mais se esgotando, e, é por isso que o setor de energia solar fotovoltaica tem cada vez mais se desenvolvido, pois é um recurso totalmente renovável. Com esses avanços, os arquitetos procuram também por questões de integração dos módulos com a própria arquitetura de uma edificação, para trazer conceitos estéticos com as placas solares, ampliando a funcionalidade do sistema. Para ter como base, alguns conceitos foram ilustrados com algumas propostas já desenvolvidas, principalmente na Espanha. Por fim, é importante conscientizar os leitores das vantagens indiscutíveis dos sistemas fotovoltaicos, e que apesar dos custos para instalação, elas compensam com o tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar, Módulo fotovoltaico, Placas Solares, Arquitetura Sustentável, Desenvolvimento Sustentável.

1. INTRODUÇÃO

Está cada vez mais necessário a diminuição do uso de fontes de energia não renováveis, como o petróleo, recurso natural fóssil que está cada vez mais se esgotando, e, apesar de já existirem propostas alternativas, o mercado está ainda em desenvolvimento em pesquisas e projetos para trazer soluções melhores e mais disponibilidade de aplicações, para assim poder dar as pessoas confiança e as conscientizar de que é possível sim utilizar de outros meios alternativos de energia.

O objeto de estudo desse trabalho é uma pesquisa sobre a energia solar, a qual é captada por módulos fotovoltaicos que ficam no externo das edificações gerando energia através de outros componentes inclusos no sistema, que serão abordados de acordo com as formas de instalações

¹Acadêmico do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: cleidivam1995@hotmail.com

²Acadêmico do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: gustavolucietto1@hotmail.com

³Acadêmico do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: lhmisturini@yahoo.com

⁴Arquiteta e Urbanista, Mestre em Arquitetura e Urbanismo UEM | UEL, Professora do Centro Universitário FAG. E-mail: re_esser@hotmail.com

⁵Arquiteta e Urbanista. Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio - UNIOESTE. Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário FAG. E-mail: ac.ruschel@hotmail.com.



distintas possíveis. No início serão mostrados os conceitos básicos de funcionamento, como elementos responsáveis pela captação da luz, construção dos módulos, além das vantagens e desvantagens de suas instalações, e também, para finalizar, algumas tipologias e conceitos empregados de maneira a integrar com a arquitetura, unindo a funcionalidade à estética.

O assunto se refere às práticas de projetos sustentáveis e o tema é sobre o uso da energia fotovoltaica nas edificações. O objetivo é, portanto, analisar e conceituar sobre como os sistemas de energia fotovoltaica têm contribuído para a arquitetura sustentável de residências. Especificamente falando, o roteiro será pesquisar e contextualizar sobre sustentabilidade na arquitetura, fazendo uma análise principalmente sobre os conceitos da energia fotovoltaica, abordando obras que possuem desses sistemas, para então verificar se é possível obter, além das soluções funcionais de captação de energia, soluções alternativas de uso dessas placas solares, seja pelos diferentes modos de instalação, como também questões de qualidade estética, dentre outros, e assim concluir que existem diferentes funcionalidades e possibilidades de soluções para essa tecnologia sustentável.

Portanto, o problema de pesquisa se inicia com o questionamento: “Existe a possibilidade de aplicar soluções sustentáveis com sistemas fotovoltaicos de modo que traga não só a geração de energia limpa, mas ainda também funcionalidades a mais a uma edificação?” Temos como hipóteses **que** já existe a necessidade pela diminuição do uso abusivo de fontes de energia não renováveis, que as placas fotovoltaicas estão cada vez mais se desenvolvendo no mercado atual, fazendo com que novas possibilidades de aplicação surjam a qualquer momento, que existem soluções com funcionalidades também estéticas, pois a arquitetura tem como premissa não só de resolver a função de uso do edifício, aliada com o conforto térmico dentro dos edifícios, mas também de se importar com as questões formais e de conforto visual.

O interesse em pesquisar por sistemas fotovoltaicos se deu após verificar que alguns edifícios da Espanha (serão abordados adiante) utilizam de placas solares que serviam também como fechamentos de suas paredes externas, assim como aplicações em sistemas de *brise soleil* (sistema de proteção solar criado por Le Corbusier), e também como pérgolas e até claraboias em coberturas. Ou seja, as placas solares hoje já representam mais do que apenas razões funcionais de gerar energia, mas podem funcionar para substituir um elemento construtivo, desde que sejam bem planejadas.

Devido ao que foi dito, eis aqui uma pesquisa científica abordando os conceitos de sistemas fotovoltaicos, além de tipos de aplicações do mundo contemporâneo com o intuito de conscientizar



os leitores de que é possível sim evoluir cada vez mais nesses sistemas e trazer uma eficiência relativamente melhor da arquitetura como um todo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Por muito tempo o homem usou e abusou dos recursos naturais existentes no planeta sem preocupação com relação aos efeitos negativos que isso geraria. A degradação do meio ambiente por conta da exploração sem controle dos recursos naturais, geração de lixo e poluição principalmente em forma de gases que causaram o efeito estufa, fizeram com que as pessoas comesçassem a se preocupar com o futuro do planeta, pois começaram a perceber os resultados adversos, principalmente no clima (KEELER e BURKE, 2010).

É, portanto, a partir de uma sucessão de acontecimentos que surgem as preocupações com a questão da a poluição do meio ambiente, a degradação e escassez dos recursos naturais, e, principalmente após o Relatório Brundtland, em 1987, que se definiu o conceito de desenvolvimento sustentável, sendo entendido como um desenvolvimento que cumpre com as necessidades presentes sem comprometer às necessidades das gerações futuras. A partir daí surgem também grandes discussões em busca por fontes de energia limpas e renováveis (LAGO, 2006).

Fontes de energia não renováveis são aquelas que demoram milhões de anos para se formarem, como por exemplo a dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral, gás natural e outros). Já as fontes de energia renováveis são aquelas que a natureza pode repor em tempo rápido, como a da radiação solar, além da hidrelétrica, eólica, geotérmica, dentre outras. Além do mais que grande parte da energia que vem do Sol para a Terra não é aproveitada (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Na arquitetura, o calor e a luz proveniente do sol já eram muito utilizados, pois os arquitetos muitas vezes pensam na orientação do sol para projetar edificações, visando aproveitar ao máximo seus recursos para economizar energia e aumentar o conforto térmico. Devido as necessidades de obter uma fonte de energia sustentável, as pessoas começaram a aproveitar mais da luz solar para esse meio, a qual pode ser considerada uma das melhores fontes de energia renováveis encontradas até hoje, pois diariamente a energia que provém do sol e que incide sobre a superfície do planeta é maior que a demanda de energia elétrica total utilizada no planeta, durante um ano (RÜTHER, 2004).



Desde o século XIX surgiram os primeiros estudos de captação de energia através da incidência da luz solar. Mas foi apenas em 1954 que aparece um sistema solar fotovoltaico, semelhante aos encontrados atualmente, onde a sua maior utilização na época foi principalmente nos programas espaciais no ano de 1958. Posteriormente, devido a crise mundial de energia por volta de 1973 a 1974, é que se iniciam o aumento do uso terrestre da geração fotovoltaica, superando o uso espacial no final da década de 70 (FADIGAS, S/D).

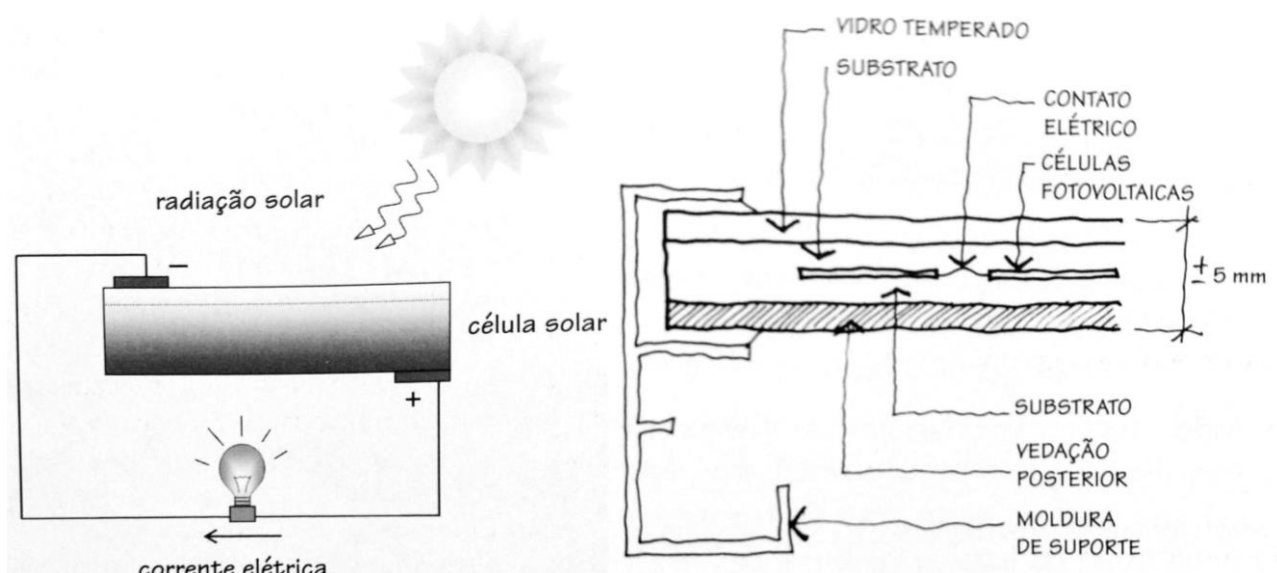
Vale ressaltar que os sistemas solares fotovoltaicos são apenas um modelo de soluções que contribuem para a sustentabilidade dentro da arquitetura, pois visam diminuir a necessidade de eletricidade que provém de fontes não renováveis, porém, existem outras intervenções que devem ser tomadas para tornar uma edificação ainda mais sustentável, como por exemplo as que buscam uma maior eficiência energética com sistemas inteligentes, reduzindo a necessidade de grandes quantidades de energia e consequentemente os custos, além da busca por soluções ecológicas, com baixo ou nenhum impacto ambiental, que tenham os mesmos parâmetros funcionais e que sejam viáveis (CHING & SHAPIRO, 2017).

2.1 Sistemas Solares Fotovoltaicos

Os sistemas geradores de energias solar tipo as placas fotovoltaicas, são formadas por “módulos fotovoltaicos”, que são por sua vez, dotados de “células solares” conectadas entre si (Figura 1), capazes de captarem parte da luz do Sol incidida sobre elas e transformar em eletricidade. Durante décadas e até hoje em dia, na grande maioria dos casos, se utilizam de células fabricadas com lâminas finas de silício, seja monocristalino ou multicristalino, devido ao fato de que é a tecnologia que possui um maior controle em relação ao rendimento e confiabilidade. Outros casos são as células de película delgada, como por exemplo a de silício amorfo, que apesar de apresentar economia de material e tempo, possui metade do rendimento (cerca de 6 a 7%), comparados aos módulos de silício monocristalino (cerca de 12 a 15%) (CHIVELET e SOLLA, 2010).



Figura 1 – À esquerda o desenho de uma célula solar recebendo radiação e transformando parte em energia elétrica. À direita o corte mostrando a estrutura laminada de um módulo comercial.

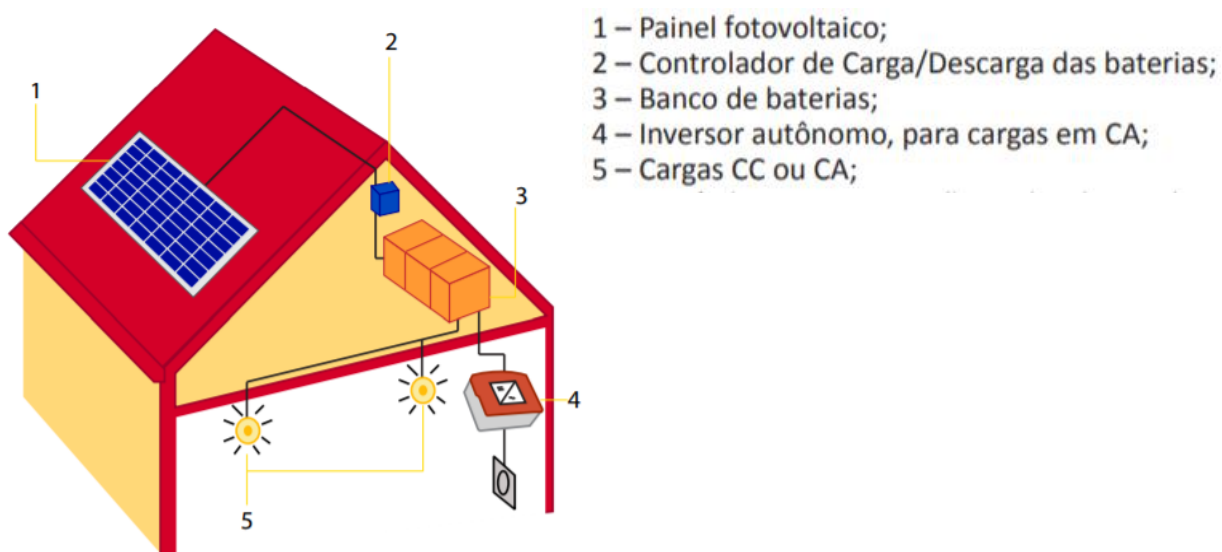


Fonte: CHIVELET e SOLLA, 2010, p.34 e p. 39.

Existem duas formas de instalação dos sistemas fotovoltaicos que utilizam de componentes diferentes, sendo o sistema isolado e o sistema conectado à rede (On-Grid). Os sistemas isolados (Figura 2) não necessitam de outro meio de geração de eletricidade, sendo portanto autônomos, e por só captarem eletricidade nas horas de sol, necessitam de componentes que armazenam a energia para utilizar durante a noite, ou quando as condições climáticas estão chuvosas e nubladas (BLUE SOL, 2016).



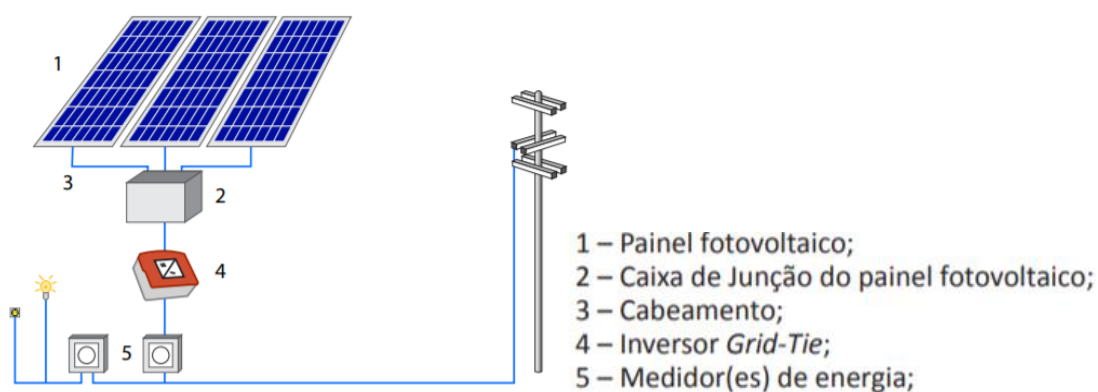
Figura 2 – Componentes de um sistema fotovoltaico autônomo.



Fonte: BLUE SOL, 2016, p.16.

Já os sistemas de captação solar conectados à rede (Figura 3), são aqueles que trabalham distribuindo energia para as redes da concessionária de serviços elétricos do local, também chamados de sistemas *Grid-Tie*, geralmente não possuindo componentes de armazenamento de energia, sendo mais em conta o investimento necessário comparado aos sistemas autônomos (ALVES, 2016).

Figura 3 – Componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede ou *On-Grid*.



Fonte: BLUE SOL, 2016, p.18.



O silício cristalino (c-Si), utilizado na maioria dos módulos comerciais, é a segunda matéria mais abundante na superfície do planeta Terra, e são 100 vezes menos tóxicos que qualquer que seja os outros elementos semicondutores existentes e utilizados na fabricação de células solares. Atualmente o mercado de módulos fotovoltaicos vem progredindo cada vez mais, com novas tecnologias e possibilidades de aplicações (RÜTHER, 2004).

São muitas as vantagens ao se utilizar sistemas fotovoltaicos, não apenas pelo fato do Sol ser inesgotável, mas também por ser uma fonte de energia limpa, que não emite poluentes, além de que podem ser instalados em qualquer local do planeta que tenha radiação solar. É claro que a captação solar e a conversão em energia elétrica requerem um investimento inicial para compra dos equipamentos necessários, além de que para captar grandes quantidades de energia, é necessário de grandes áreas, pois a densidade é menor que 1kW/m^2 , inferior se for comparado às fontes fósseis, mas devemos considerar a vida útil e todos os outros benefícios da utilização dessa tecnologia. (BLUE SOL, 2016).

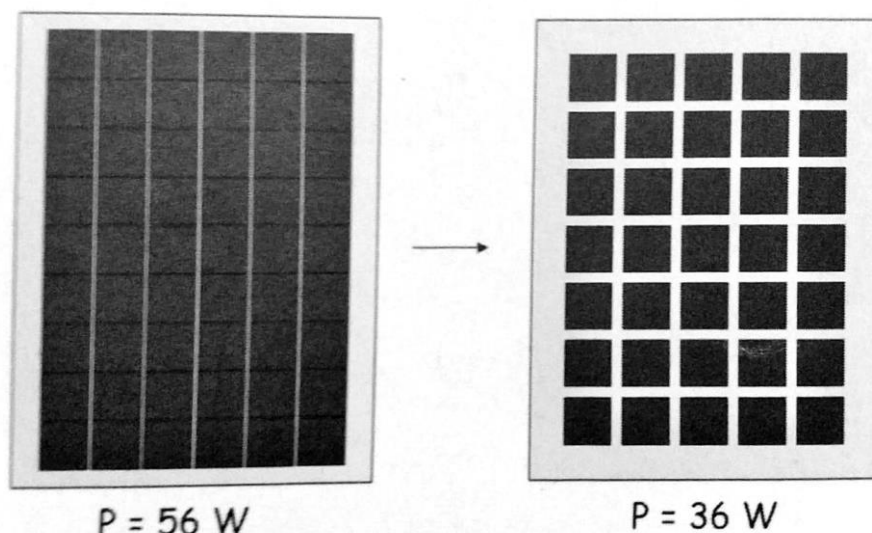
Portanto, os sistemas fotovoltaicos consistem em um conjunto de módulos unidos em série ou em paralelo, que podem ser instalados e aplicados de diversas maneiras, sendo comumente utilizado nos telhados e coberturas dos edifícios seja residencial, comercial ou industrial. É possível instalar placas solares em qualquer face de uma edificação, desde que de modo que receba a maior incidência solar direta possível. Existem também usinas fotovoltaicas com larga escala de módulos que podem abastecer diversas casas (CRUZ, 2015).

2.2 Integração arquitetônica: tipos de aplicações de placas solares em edifícios.

As células de silício cristalino possuem um espaço entre uma e outra, o que é uma vantagem pois permite com que a luz atravesse por esse espaço transparente. Existem módulos que possuem estruturas com vidro temperado duplo de alta transparência que permite com que parte da luz que atravessa os espaços translúcidos para serem utilizados em fachadas que se deseja entrada de luz natural aos ambientes internos, além de mais possibilidades de integração à arquitetura. É possível aumentar a transparência reduzindo o número de células em um módulo (Figura 4) ou até mudar a disposição por fins estéticos (CHIVELET e SOLLA, 2010).



Figura 4 – Exemplo mostrando o efeito da diminuição do número de células de um módulo, à direita, fazendo com que aumentem os espaços translúcidos da placa.



Fonte: (CHIVELET E SOLLA, 2010, p.45).

Assim sendo, é possível com que os módulos fotovoltaicos tenham dupla funcionalidade, a de gerar energia e também como elemento arquitetônico, visto que pode ser utilizado como nos fechamentos e envoltório das edificações, na cobertura, paredes, fachadas ou até janelas. A possibilidade desses sistemas faz com que seja ideal em relação tanto a geração quanto ao consumo de energia, fazendo a instalação em busca de minimizar custos desnecessários, por exemplo quando a incidência solar é máxima, o uso de ar-condicionado também é máximo, mas se a incidência solar for mínima, o gasto com iluminação artificial é máximo (RÜTHER, 2004).

Existem diversos tipos de integrações fotovoltaicas em edificações, um exemplo de casa solar autossuficiente é a Magic Box, um protótipo feito por uma equipe de estudantes da Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, onde existem sistemas fotovoltaicos na cobertura com ventilação cruzada e ao mesmo tempo ao centro da fachada (Figura 5). (CHIVELET E SOLLA, 2010).



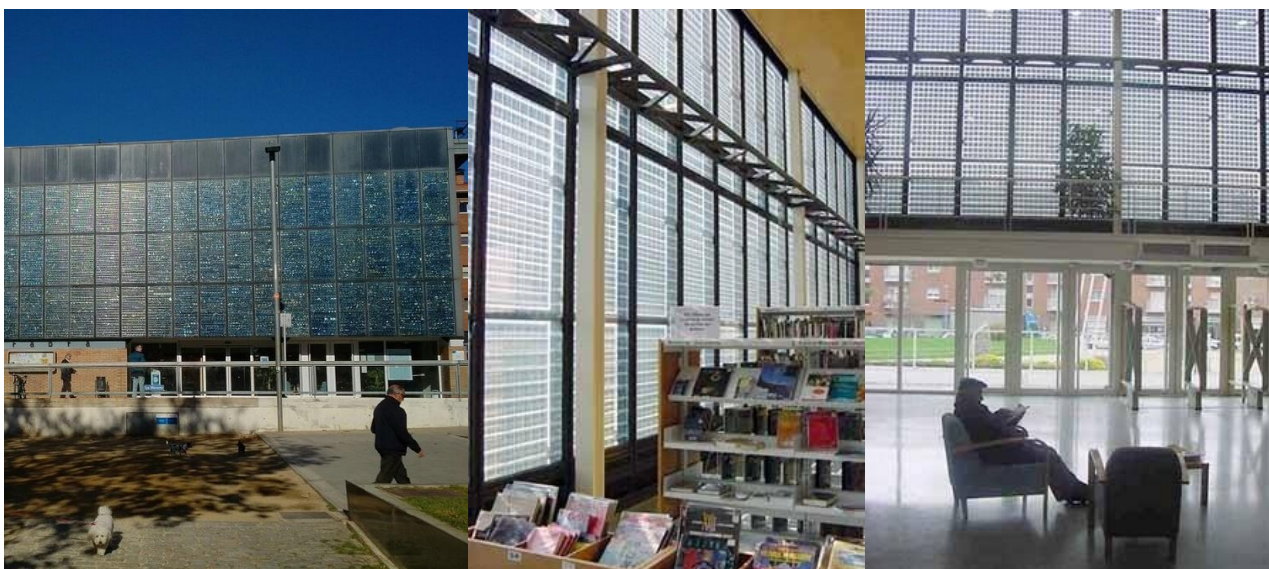
Figura 5 – Protótipo Magic Box



Fonte: (CHIVELET E SOLLA, 2010, p. 32).

Há outro exemplo de arquitetura de maior porte com módulos multifuncionais integrados na fachada da biblioteca municipal de Pompeu Fabra, Mataró em Barcelona (Figura 6) (CHIVELET E SOLLA, 2010).

Figura 6 – Vista externa e interna dos módulos multifuncionais integrados na biblioteca municipal de Pompeu Fabra.

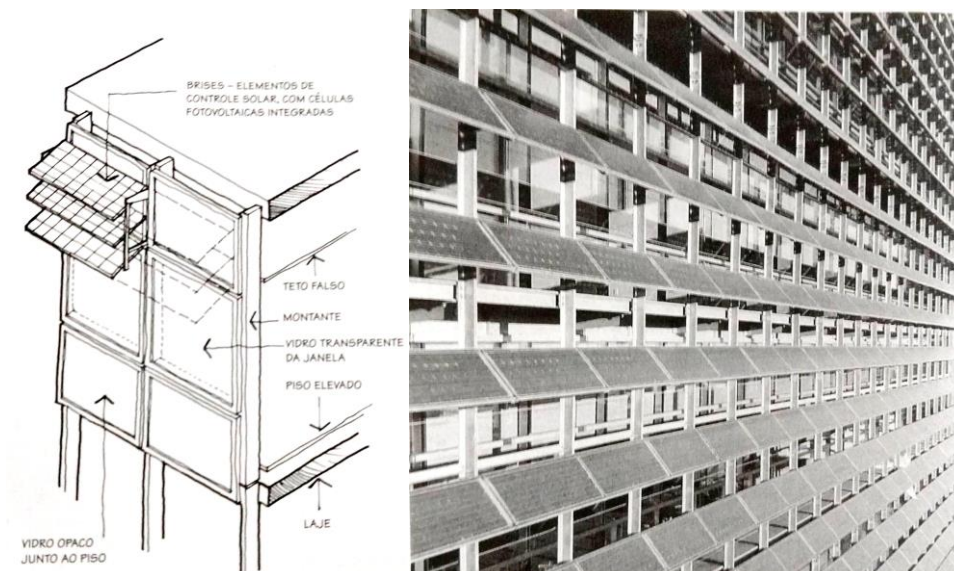


Fonte: Oscar Aceves TFM – Vitruvius – OLIVEIRA, 2002.



Além dos exemplos acima, existem também elementos construtivos tipo o brise soleil que se integram com sistemas fotovoltaicos, ampliando a funcionalidade dos sistemas. O brise são estruturas tanto na horizontal como na vertical, que são instaladas próximas a aberturas como janelas, tendo funcionalidade de controle solar, como sombreamento, podendo ser fixos ou móveis. Além disso o brise permite a circulação do vento sobre os espaços entre as aletas (CHIVELET E SOLLA, 2010).

Figura 7 – À esquerda um corte esquemático do brise com células fotovoltaicas e à esquerda uma imagem de um projeto referência.



Fonte: (CHIVELET E SOLLA, 2010, p. 131 e 138).

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desse trabalho foi buscar informações através de fontes bibliográficas, como explica Marconi e Lakatos (2003, p. 183), abrange toda bibliografia tornada pública como “[...] jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses [...]”, para portanto obter conhecimento sobre o assunto abordado.

No início foi optado por apresentar os conceitos técnicos do funcionamento das placas fotovoltaicas e posteriormente mostrar os tipos de aplicações, vantagens e desvantagens, dentre outras informações para fazer com que o leitor acompanhasse uma sequência de compreensão.



4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

É visível as diversas formas de aplicação das placas solares que vem surgindo, o que faz com que seja cada vez mais viável em diversos tipos de projetos, dependendo das necessidades de cada situação. No exemplo da biblioteca municipal de Pompeu Fabra, pode-se notar que há certa incidência de raios solares atravessando a placa e iluminando o ambiente interno da edificação, protegendo de certa maneira a alta incidência caso não tivessem as placas, fazendo com que sejam como cortinas ou painéis vasados.

Mesmo apesar do investimento inicial ainda ser alto hoje em dia, isso é devido ao fato de que é uma tecnologia que ainda está em crescimento. Na Espanha diversos projetos atuais já possuem de sistemas solares integrados a arquitetura (tivemos dois exemplos, um em Madrid e outro em Barcelona), o que é considerado o futuro sustentável da geração de energia em edificações.

Portanto, o modelo comercial está cada vez se tornando mais viável, visto que o mercado está crescendo cada vez mais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, sabe-se das vantagens de utilizar dos sistemas fotovoltaicos para geração de energia, cuja qual a matéria prima nunca irá acabar, pois enquanto houver radiação solar incidente, haverá energia para ser captada, além de que os modelos comerciais são relativamente nada poluentes para o meio ambiente.

É por isso que é necessário que as pessoas se conscientizem dos novos modelos de gerar energia renovável disponíveis hoje, pois podemos chegar um dia a ser autossuficientes ao menos em energia elétrica nas residências para então seguir rumo a uma arquitetura cada vez mais sustentável.

Se cada vez mais as pessoas começarem a utilizar dos sistemas de captação solar, mais o mercado irá investir em tal tecnologia e conseqüentemente mais propostas irão surgir.



REFERÊNCIAS

ALVES, D. L. **Geração Solar: Conceitos básicos**. Rio Grande do Norte: IFRN, 2016. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/dennysalves/disciplinas/energia-solar-fv/apostila_geracao_solar_fv_0.9.1> Acessado dia 12 de junho de 2018.

BLUE SOL; **Os sistemas de energia solar fotovoltaica**. Livro digital de introdução aos sistemas solares. Ribeirão Preto, SP, 2016. Disponível em: <<http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>> Acesso dia 12 de junho de 2018.

CHING, F. D. K.; SHAPIRO, I. M.; - **Edificações sustentáveis ilustradas**. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2017.

CHIVELET, N. M.; SOLLA, I. F. **Técnicas de vedação fotovoltaica na arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CRUZ, D. T. **Micro e minigeração eólica e solar no Brasil: Propostas para desenvolvimento do setor**. São Paulo, 2015. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-04082015-153708/pt-br.php>> Acesso dia 13 de junho de 2018.

FADIGAS, E. A. F. A.; **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica**. São Paulo: GEPEA, S/D. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=26978>> Acessado dia 12 de junho de 2018.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energias renováveis: um futuro sustentável**. São Paulo : Revista USP, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13564>> Acessado em: 12 de junho de 2018.

LAGO, A. A. C. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: O Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas**. Brasília: Funag, 2006.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.; - **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo. Ed. 5; 2003.

OLIVEIRA, A. R.; **Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró, Catalunha, Espanha**. Vitruvius, 2002. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/02.023/795/pt>> Acesso dia 13 de junho de 2018.

RÜTHER, Ricardo; **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004. Disponível em: <<https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>> Acesso dia 11 de junho de 2018.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre : Bookman, 2010.