

Proposta metodológica para a utilização de sistema fotovoltaico integrado às edificações na região amazônica¹

Methodological proposal for the use of photovoltaic system integrated with buildings in the Amazon region

Propuesta metodológica para el uso de sistema fotovoltaico integrado con edificios en la región amazónica

Eixo temático: Arquitetura e Urbanismo, Conforto e qualidade ambiental

ARAÚJO, Andrea Nazaré Barata de, Unifesspa, andrea.barata@unifesspa.edu.br

MAIA, Ana Lídia Aragão, UNAMA, arq.analidiamai@gmail.com

BLASQUES, Luis Carlos Macedo, IFPA, blasques@ifpa.edu.br

MONTEIRO, Marcela Marçal Maciel, Unifesspa, marcela.monteiro@unifesspa.edu.br

Resumo: O aquecimento global, a escassez de energia, as fontes alternativas e renováveis, e as mudanças climáticas, estão na agenda do dia da comunidade mundial. Por sua vez, algumas técnicas e formas de utilização de energias renováveis, como a energia solar fotovoltaica são conhecidas e disponíveis, porém, por motivos diversos, não são incorporados as edificações em nossos dias. Considerando que um edifício tem uma vida útil de pelo menos 50 anos, é de fundamental importância a adoção de dispositivos de captação dessa energia fotovoltaica, especialmente na região Amazônica, localizada próximo ao equador terrestre, repleta de incidência de raios solares. Este trabalho apresenta uma proposta metodológica para a integração da energia solar fotovoltaica em edificações na região amazônica, a partir de pesquisas de alternativas de captação de energia solar fotovoltaica, utilizando como estudo de caso a cidade de Santana do Araguaia-Pa.

Palavras-chaves: Região Amazônica. Sistema fotovoltaico. Energia fotovoltaica.

Abstract: *Global warming, energy scarcity, alternative and renewable sources, and climate change are on the agenda of the world community. In turn, some techniques and ways of using renewable energy, such as solar photovoltaic energy, are known and available, however, for different reasons, buildings are not incorporated today. Considering that a building has a useful life of at least 50 years, the adoption of devices to capture this photovoltaic energy is of fundamental importance, especially in the Amazon region, located close to the Earth's equator, full of incidence of sunlight. This work presents a methodological proposal for the integration of photovoltaic solar energy in buildings in the Amazon region, based on research into alternatives for capturing photovoltaic solar energy, using the city of Santana do Araguaia-Pa as a case study.*

¹ARAÚJO, Andrea Nazaré Barata de; MAIA, Ana Lídia Aragão; BLASQUES, Luis Carlos Macedo; MONTEIRO, Marcela Marçal Maciel. Proposta metodológica para a utilização de sistema fotovoltaico integrado às edificações na região amazônica. In: CONGRESSO ARAGUAIENSE DE CIÊNCIAS EXATA, TECNOLÓGICA E SOCIAL APLICADA, p. 1-12, 2020, Santana do Araguaia. **Anais...** Santana do Araguaia: II CONARA, 2020.

Keywords: Amazon region. Photovoltaic system. Photovoltaics.

Resumen: El calentamiento global, la escasez de energía, las fuentes alternativas y renovables y el cambio climático están en la agenda de la comunidad mundial. A su vez, algunas técnicas y formas de uso de las energías renovables, como la energía solar fotovoltaica, son conocidas y disponibles, sin embargo, por diferentes motivos, los edificios no se incorporan en la actualidad. Considerando que un edificio tiene una vida útil de al menos 50 años, la adopción de dispositivos para captar esta energía fotovoltaica es de fundamental importancia, especialmente en la región amazónica, ubicada cerca del ecuador terrestre, llena de incidencia de luz solar. Este trabajo presenta una propuesta metodológica para la integración de la energía solar fotovoltaica en edificios de la región amazónica, basada en la investigación de alternativas para la captación de energía solar fotovoltaica, tomando como caso de estudio la ciudad de Santana do Araguaia-Pa.

Palabras clave: Región Amazónica. Sistema fotovoltaico. Fotovoltaica.

1 Introdução

A demanda energética da atualidade tem levado a sua grande produção que, por ser a matriz mundial baseada principalmente em combustíveis fósseis, leva a degradação ambiental que tem comprometido a sustentabilidade do planeta. A Terra recebe anualmente 1,5 x 10¹⁸ kWh de energia solar, correspondente a 10.000 vezes o consumo mundial de energia no mesmo período, bastando apenas 12 minutos para que a Terra receba energia do sol equivalente ao consumo anual mundial de energia. Uma forma de aproveitar a energia solar diretamente, na forma de eletricidade são os sistemas fotovoltaicos.

O Brasil possui um alto potencial de aproveitamento desta fonte de energia, com elevados índices de radiação solar, variando de 1.500kWh/m²/ano a 2.200kWh/m²/ano. Esses índices são muito superiores aos encontrados na maioria dos países europeus, o que demonstra um vasto potencial a ser explorado. Com apenas 0,04% do território brasileiro coberto com módulos fotovoltaicos seria possível gerar toda a eletricidade consumida no país (RÜTHER E ZILLES,2011).

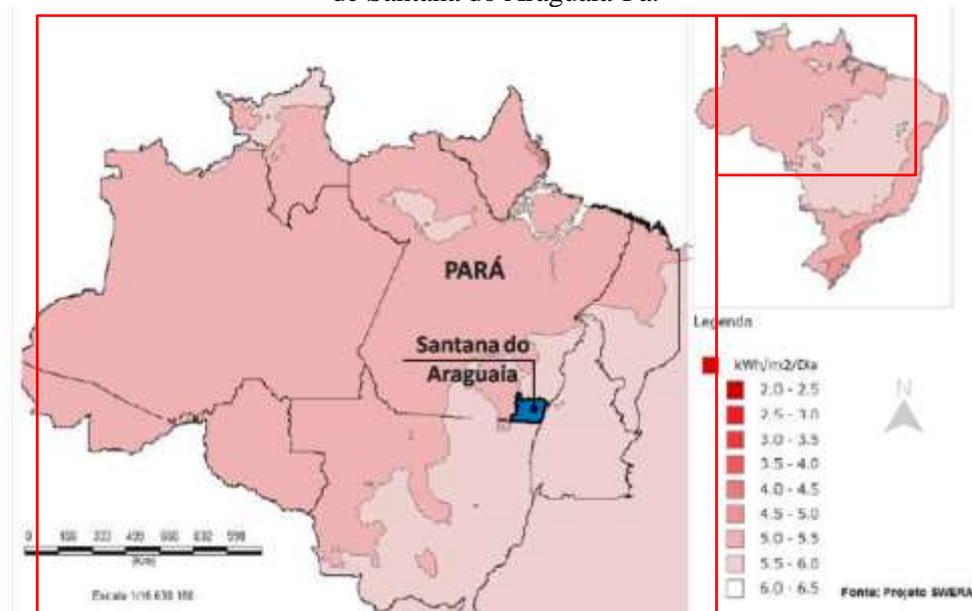
A utilização de sistemas fotovoltaicos instalados em edificações apresenta diversas vantagens, tanto ambientais, como econômicas, sociais e técnicas. Esta é considerada uma das fontes de energia mais limpas existentes, pois não emite gases do efeito estufa nem outros poluentes durante a operação, ficando os impactos ambientais restritos à fabricação dos equipamentos e ao seu descarte (FTHENAKIS E KIM, 2011).

Pode-se listar outras vantagens como modularidade do sistema, o que permite que o sistema seja aumentado facilmente; facilidade de instalação, sem a necessidade de grandes obras civis; podem ser instalados em casas e edifícios, próximo ao consumo, reduzindo as perdas com a transmissão e distribuição de eletricidade, além de adiar novos investimentos em infraestrutura de transmissão e possibilidade de integração às edificações, através do conceito de Building Integrated Photovoltaics (BIPV), onde os módulos desempenham papel duplo, sendo geradores de eletricidade e parte do envelope do edifício.

O mapeamento dos recursos para o aproveitamento energético solar feito pelo projeto SWERA (The Solar and Wind Energy Resource Assessment) mostra elevados índices de fluxo de radiação solar para a Amazônia (Figura 1). Isso é decorrente das características climáticas da Região, uma vez que apresenta nebulosidade e precipitação elevada nos meses de verão (dezembro a fevereiro) devido à forte influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o contrário percebe-se nos meses de inverno (setembro a novembro). Também a baixa variação

da incidência de radiação solar sobre a região amazônica do que sobre as Regiões Sul e Sudeste, entre o inverno e o verão, devido ao deslocamento da ZCIT para o hemisfério norte, configurando-se em outra característica importante (MORAES, 2011).

Figura 1: Radiação solar global – média anual para o Brasil destaque para a região norte e o município de Santana do Araguaia-Pa.



Fonte: Adaptado de Moraes (2011).

2 Referencial teórico

A descoberta do fenômeno de conversão fotovoltaica foi feita pelo cientista francês Edmond Becquerel, em 1839, que percebeu ao observar em um experimento que uma solução de um eletrólito com eletrodos de metal tinha sua condutividade aumentada quando era exposta à radiação solar. A partir daí, foram feitos estudos em diversos materiais para analisar o comportamento da radiação solar nos mesmos. Foi então que, no ano de 1954, Daryl Chapin, Calvin Fuller e Gerald Pearson, depois de fazerem testes em vários materiais, desenvolveram a primeira célula fotovoltaica (FV) de silício com a capacidade de converter a radiação luminosa em energia elétrica, com eficiência de 6%. No ano de 1958, a célula fotovoltaica começou a ser usada em aplicações espaciais (PINHO *et al*, 2008). O desenvolvimento da tecnologia dos semicondutores possibilitou o crescimento da indústria fotovoltaica, com a fonte passando a ser usada não somente nas aplicações espaciais, mas também como fonte geradora tanto na forma distribuída como na forma centralizada. Outro ponto, considerado fundamental, que tornou possível a geração de energia fotovoltaica tanto no contexto mundial como no brasileiro, foi que esse tipo de energia é sustentável, não agredindo o meio ambiente, e que pode ser facilmente integrado ou adaptado à edificação (ZILLES *et al*, 2012).

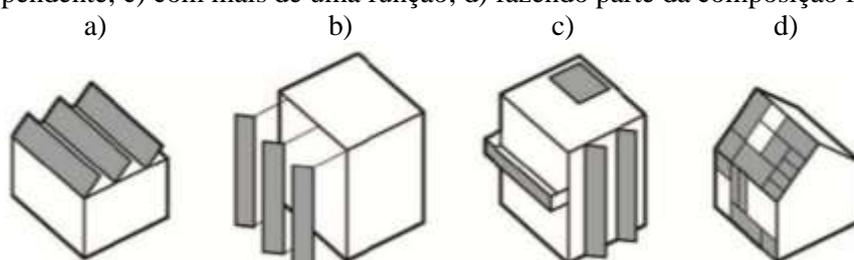
2.1 Técnicas de vedação fotovoltaica

2.1.1 Sistemas fotovoltaicos integrados e adaptados à arquitetura

As possibilidades de integração de tecnologias fotovoltaicas em edifícios vêm crescendo com o passar dos anos. Sua evolução pode ser analisada do ponto de vista do desempenho energético que também vem melhorando a cada ano, incentivada pela necessidade de tecnologias apropriadas à integração na envoltória dos edifícios. Tenente (2010) aponta distinções a esse

respeito, entre soluções aditivas e integrativas. No aspecto aditivo, chamado de Sistemas Fotovoltaicos Adaptados a Edifícios, ou em inglês Building Added/Attached Photovoltaic (BAPV), os módulos são fixados na edificação com suportes metálicos. Enquanto que no caso da solução integrativa, chamadas de Sistemas Fotovoltaicos Integrados a Edifícios, do inglês Building Integrated Photovoltaic (BIPV) os componentes da cobertura ou da fachada passam a ser substituídos por elementos fotovoltaicos, proporcionando resistência mecânica, isolamento térmico, acústico e sombreamento. Em um primeiro momento quatro possibilidades de integração e/ou adaptação se destacavam segundo Dias (2011), são elas: fotovoltaicos atuando como elementos técnicos, voltados apenas a geração; fotovoltaicos fixados com estrutura independente; fotovoltaicos atuando com mais de uma função, seja como claraboia, guarda corpo, brises; fotovoltaicos fazendo parte da composição formal da envoltória. (Figura 2)

Figura 2: Possibilidade de integração fotovoltaica: a) elemento técnico; b) fixado à estrutura independente; c) com mais de uma função; d) fazendo parte da composição formal.



Fonte: Dias (2014).

Contudo o autor aponta a existência de outra abordagem, que pode abrir novas possibilidades aos arquitetos, projetistas e até mesmo ao ambiente urbano das cidades, com a proposta de avaliar o que os edifícios podem fazer pelas tecnologias e não com o que as tecnologias podem fazer pelos edifícios. Como relata Scognamiglio *et al* (2011) apud Dias (2014):

... para a adaptação da envoltória não só ao sistema fotovoltaico, mas à própria incidência solar, modelando o invólucro do edifício de acordo com uma determinada orientação, possibilidade de sombreamento, iluminação natural, conforto térmico entre outros.

2.1.2 Integração e adaptação de sistemas FV na edificação

Quanto aos meios de integração das tecnologias fotovoltaicas às edificações Weller *et al.* (2010) apud Dias (2014), Chevelet e Solla (2010), Farkas *et al* (2012) apud Dias (2014) e Santos (2013) apontam quatro possibilidades, que são: construtibilidade, estética e composição, localização da envoltória e movimentação no plano de geração. Outros fatores, responsáveis pela integração fotovoltaica são: a ventilação que é necessária na parte posterior dos módulos; o cuidado com o sombreamento sobre os módulos que pode influenciar no seu desempenho e eficiência; a reflexão que pode acontecer pela incidência solar em superfícies envidraçadas que pode gerar ofuscamento ou dependendo da situação pode contribuir para aumentar o rendimento do sistema. Assim, dentre as diversas formas de incorporação de elementos fotovoltaicos na edificação, quanto à localização na envoltória podem ser posicionados na cobertura ou nas fachadas, de forma inclinada ou plana. Para Dias (2011) deve-se, contudo, ter como parâmetros fatores construtivos, de conforto térmico, estéticos e tecnológicos dos módulos. As possibilidades de incorporação dos módulos na envoltória, são:

- **Cobertura:** segundo Tenente (2010) as coberturas tem como principais finalidades a de abrigo, isolamento termo acústico, resistência estrutural, e proporcionar efeito estético à

edificação com o uso de cores, materiais e formas diferenciadas;

- **Fachadas:** Para Tenente (2010) a fachada é uma componente do edifício que representa as paredes exteriores e são constituídas por diversas camadas individuais combinadas entre si, onde cada camada cumpre as suas funções individuais. Apresenta como funções básicas: fechamento vertical, proteção visual; separação entre o meio externo e interno do edifício; aproveitamento da luz do dia e proteção solar e ainda define a estética do edifício e seu impacto na envolvente urbana.

2.2 Requisitos dos condicionantes estéticos

Dias (2014) ressalta que a abordagem do projetista ao trabalhar com elementos fotovoltaicos deve levar em consideração alguns aspectos, como: estética, economia, rendimento, localização, uso do edifício, edificação nova ou antiga, entre outros. De acordo com Chivelet e Solla (2010), os arquitetos envolvidos no projeto decidirão o grau de exposição do sistema fotovoltaico, definindo se o sistema se tornará parte integrante da edificação ou se será parte dela discretamente. Assim, apresenta as cinco abordagens de projeto que podem ser adotadas (Quadro 1).

Quadro 1: Requisitos estéticos dos sistemas FV, na arquitetura.

TIPO	DESCRIÇÃO	IMAGEM
Painéis posicionados em local não visível	Referem-se à instalação fotovoltaica que fica subordinada ao edifício, onde os elementos fotovoltaicos ficam posicionados em locais de difícil ou sem visibilidade interna ou externa, como por exemplo, na cobertura.	 Fonte: Dias (2014)
Painéis sobrepostos às fachadas	Os elementos fotovoltaicos ficam posicionados sem preocupação com a integração à edificação, podendo ser instalados em brises sobre janelas ou acoplados à coberturas, e é mais comum em edifícios já construídos onde a instalação fotovoltaica não foi prevista anteriormente.	 Fonte: Santos (2013)
Sistema fotovoltaico agrega valor à edificação	Favorece a integração à edificação, de forma que a incorporação pode ser observada tanto na cobertura quanto na fachada de forma a procurar diminuir os contrastes com outros revestimentos, sem, no entanto, escondê-los. Dessa forma, pode trazer ganhos do ponto de vista estético e energético, pois além de melhorar a aceitação da integração de elementos fotovoltaicos à arquitetura, contribui para o aumento no desempenho de	 Fonte: Gonçalves e Cabrito (2005)

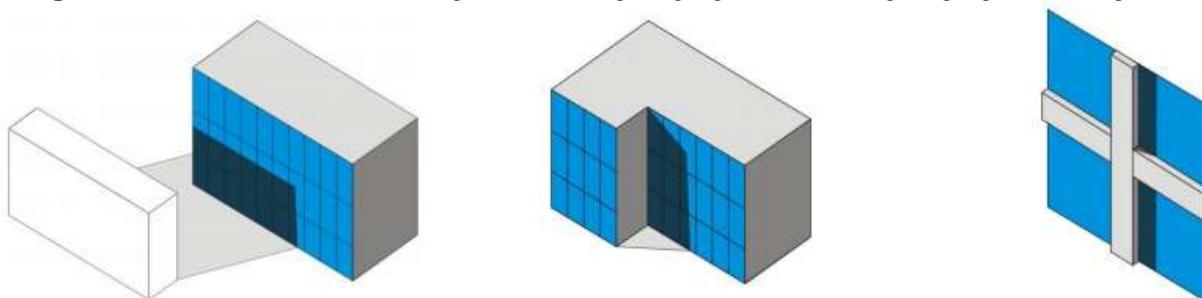
	outros sistemas como, por exemplo, de conforto ambiental.	
Sistema fotovoltaico determina a imagem arquitetônica	Adota a utilização de sistemas FV de forma dominante, ou seja, os elementos fotovoltaicos incorporados à edificação fazem parte de um conjunto de estratégias onde seu uso tem maior peso, frente a outros atributos como orientação, volume, configuração da forma arquitetônica, e assim, muitas vezes a instalação fotovoltaica pode exercer papel de destaque dominando a estética do edifício.	 <p>Fonte: Santos (2013)</p>
Adição de novos conceitos arquitetônicos	O uso de novos painéis e novas tecnologias gerando inovação ao projeto arquitetônico com influência direta na imagem e estética da edificação, usado, como por exemplo, elemento de guarda corpo em fachadas.	 <p>Fonte: Pedreira (2012)</p>

Fonte: Autores, 2020

2.3 Sombreamento

Segundo Melo (2012) instalações com sistemas fotovoltaicos em áreas urbanas estão sujeitas a sombras projetadas por diversos elementos, como do entorno construído (prédios, postes, torres, etc), entorno natural (árvores, relevo, etc) e, pelo próprio edifício (chaminés, caixas d'água, etc) ou outros dispositivos da própria estrutura de suporte dos módulos. (Figura 3)

Figura 3: Sombreamentos causados pelo entorno, pelo próprio edifício e pela própria instalação.



Fonte: Moulin (2011)

Dias (2014) relata que este representa um dos fatores que podem influenciar diretamente no desempenho do sistema, podendo inclusive danificar os módulos. Cita, ainda, que em países Europeus quando os sistemas são bem projetados, a eficiência pode chegar a 96%, enquanto que a média aceitável é de 80%. Melo (2012) apresenta o resultado do programa alemão de 1000 telhados fotovoltaicos em que relata que aproximadamente metade dos sistemas instalados estava sujeito a projeções parciais de sombras e que as perdas anuais em produção de energia podem atingir até 10%.

De acordo com Tenente (2010) o sombreamento pode ser observado de três maneiras, descritos na Quadro 2:

Quadro 2: Tipos de sombreamento.

TIPO DE SOMBREAMENTO	DESCRIÇÃO	IMAGEM
Temporário	<p>Resulta da presença de sujeira, fuligem, poluição, folhas caídas, neve, ou qualquer outro material particulado depositado em sua superfície.</p>	 <p>Fonte: Manutenção... (2015)</p>
Produzido em consequência da localização	<p>Corresponde a todo sombreamento produzido pelos prédios vizinhos, do entorno imediato ou próximo gerado pelos edifícios mais altos. Estão incluídos nesse contexto; as árvores de porte médio e grande e os cabamentos aéreos da rede elétrica e telefônica, que ocasionam um efeito particularmente negativo quando geram sombras que se movem constantemente.</p>	 <p>Fonte: Nunes, 2014</p>
Produzido pelo próprio edifício	<p>Representam sombras constantes, geradas por diversos elementos que compõe a estrutura do prédio, como: antenas, torres de caixas d'água, forma arquitetônica, etc. A solução seria, quando possível, retirar os elementos causadores do problema, ou ainda, reposicionar o gerador fotovoltaico. Quando as opções citadas anteriormente forem insuficientes, torna-se necessário minimizar o efeito na fase da concepção do sistema, como na escolha da maneira de interligar as células e os módulos.</p>	 <p>Fonte: Pinto (2012)</p>

Fonte: Autores, 2020

3 Metodologia

A metodologia será apresentada em três etapas que servirão para o delineamento do trabalho. A primeira é relativa aos aspectos teóricos que fundamentarão as ações que irão compor o conteúdo da proposta. Logo, se faz necessário proceder a uma sustentação bibliográfica através de documentos científicos de pesquisadores nacionais e internacionais. A segunda, com o modelo particular a ser implantado, com definição de critérios e estratégias que possam assegurar o entendimento das dificuldades e limites de trabalho através do suporte bibliográfico chegar-se-á a um objetivo geral da proposta. Na terceira e última etapa, inicia-se o

desenvolvimento de estudos específicos sobre os locais selecionados, com a descrição e zoneamento das áreas avaliadas em função de sua localização, caracterização física e grau de importância para a cidade. A seguir será apresentado o detalhamento das referidas etapas, a saber:

3.1 Etapa Pré-Campo – Aspectos Teóricos

Com enfoque na questão do uso sustentável de energias renováveis, abordando conceitos e discussões correntes no meio técnico e científico, será feita inicialmente consulta a literatura correlata, focada no uso e aplicação de energia fotovoltaica em edificações para atender aos seguintes níveis de seleção: edificações existentes e projetos arquitetônicos novos. Além desse aspecto, a pesquisa será desenvolvida dentro da Região Amazônica, na cidade de Santana do Araguaia-Pa. No caso dos prédios existentes, será feito um levantamento junto aos proprietários das edificações de maior representatividade na cidade para inclusão da geração fotovoltaica nessas edificações, em obras de manutenção, reforma ou adaptação. Para os projetos novos que ainda não foram executados, será feita uma investigação a fim de identificar as diferentes estratégias de projeto empregadas atualmente, em especial na região norte do Brasil. Investigar estratégias adotadas em projetos arquitetônicos nacionais e internacionais, que contemplem o aproveitamento da energia solar fotovoltaica e a sustentabilidade econômica do edifício, para verificar quais dessas estratégias podem ser utilizadas em novos projetos de arquitetura, em região de clima quente e úmido, como da Amazônia.

3.2 Etapa Campo – Estudo das Características Dos Edifícios Selecionados

Neste momento, com a pesquisa embasada teoricamente, será definido um modelo particular a ser implantado, onde estarão apresentados os critérios de seleção dos edifícios e dos projetos novos. Essa definição será precedida de coleta dos dados, visto que não há informações consolidadas das características físicas e de uso de edificações para estudos de desempenho energético na cidade, e sabe-se que materiais, componentes e algumas tipologias de fachada comumente adotados nas edificações, interagem em conjunto no consumo de energia elétrica, e devem ser utilizados como estudos na criação de modelos base de edificações energeticamente eficientes.

Os estudos serão focados na avaliação do comportamento dos seguintes componentes da edificação, a saber:

- **Envolória:** Percentual de área de janelas nas fachadas, tipo de vidro, espessura, cor e a existência de películas, tipo de parede incluindo sua espessura e identificação de suas camadas, as camadas da cobertura e a existência e dimensões das proteções solares;
- **Edifício:** A forma, o número de pavimentos e orientação do edifício;
- **Sistemas:** As cargas internas, o padrão de uso de ocupação e dos sistemas de iluminação, equipamentos e condicionamento de ar e as características do sistema de condicionamento de ar.

Como resultados, serão gerados modelos representativos de edificações locais com volumetrias diversificadas, que serão avaliadas de acordo com a realidade amazônica, assim como também, os relativos à tecnologia e análise econômico-financeira desses empreendimentos para geração solar fotovoltaica.

3.3 Etapa Pós-Campo – Apresentação dos Resultados

Nessa etapa, com a definição dos prédios, serão realizados os seguintes passos:

- **Prédios avaliados:** Será feita uma descrição detalhada dos prédios selecionados, apresentando detalhes construtivos, atividade desenvolvida, importância histórica para o local e para a cidade. Serão utilizados como ferramentas computacionais de auxílio, os programas: Autocad, SketchUp, entre outros softwares, a fim de analisar a localização geográfica e física do edifício histórico, bem como seu entorno (quanto as contribuições climáticas) e níveis de radiação e incidência solar;
- **Medições das variáveis ambientais:** Temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa do ar, temperatura radiante média e radiação solar incidente;
- **Tratamento de dados:** Será determinada conforme as características do estudo, sendo necessária a utilização de técnicas matemáticas, estatísticas, computacionais ou outras. No mais, serão estudados modelos alimentados com dados, coeficientes e parâmetros regionais e locais, adequados ao uso da geração fotovoltaica de energia elétrica em prédios com arquitetura histórica ou não na Amazônia.
- **Análise dos resultados:** Serão elaborados relatórios com resultados obtidos na coleta dados das medições experimentais, para gerar uma base para a formulação das diretrizes do objeto do projeto, confrontando com dados teóricos disponíveis nas diferentes fontes consultadas;
- **Validação dos resultados obtidos:** A validação desse estudo se faz necessária para sua aplicabilidade nos edifícios futuros, consultando as entidades de classe construtoras e projetistas estabelecidos nas principais cidades da região norte do Brasil, considerando inclusive suas características climáticas e de radiação solar.
- **Proposta de diretrizes construtivas:** Formulação de diretrizes para a captação de energia solar fotovoltaica a partir da envoltória de edificações na cidade de Santana do Araguaia-PA, visando a divulgação dos resultados do projeto.

4 Resultados

Como metas e resultados a serem alcançados esperam-se:

- **Cartilha técnica:** Criar e desenvolver uma cartilha técnica com diretrizes do que pode ser aplicado em prédios existentes e em novos projetos de arquitetura que introduzam a utilização da energia solar FV e com a incorporação de mecanismos para melhoria das questões de conforto no ambiente construído;
- **Congresso e eventos:** Participação em eventos, congressos nacionais e internacionais, a fim de apresentar trabalhos sobre o andamento e resultados do projeto de pesquisa;
- **Seminários:** Promover seminários regionais com participação de convidados locais e externos para discutir, analisar e difundir a aplicação da energia solar fotovoltaica nos projetos de arquitetura na região em estudo e no Brasil;
- **Participação de alunos:** Envolver alunos do curso de arquitetura e engenharia civil ou elétrica, na pesquisa e nos levantamentos de campo, a fim de estimulá-los à pesquisa científica e ao estudo de energias renováveis.

5 Discussões

O trabalho encontra-se na fase de escolhas e identificação dos potenciais edifícios a serem avaliados na pesquisa. Que consiste em fazer uma investigação através de levantamento *in loco*,

mapas de satélite e registro fotográfico das edificações, visando identificar as características dos edifícios, tanto nas construções existentes, como em novos projetos novos.

Contudo, outra discussão maior que se pretende com a pesquisa é avaliar a associação dos sistemas FV, com as questões de conforto térmico interno, desempenho dos componentes (paredes e coberturas) com relação a transferência de calor entre as superfícies, integração com as estratégias bioclimáticas indicadas para climas quentes e úmidos, enfim focar na integração da energia fotovoltaica com a arquitetura de maneira a pensar além da geração de energia, mas também em trazer contribuições para a melhoria da qualidade ambiental e eficiência energética das edificações.

6 Conclusões

A pesquisa apresentada torna-se relevante quando se considera a contínua elevação do custo da energia elétrica necessária ao funcionamento das edificações, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e desta maneira para a constituição de cidades saudáveis, com amplos reflexos positivos para o meio ambiente urbano e natural, diminuindo a pressão antrópica sobre as fontes não renováveis de energia e seu profundo impacto ao meio ambiente.

Apresenta também importante oportunidade na integração da tecnologia de geração da energia solar fotovoltaica aos ambientes construídos da Amazônia, região esta que apresenta como uma de suas principais dificuldades as grandes distâncias para a transmissão de energia elétrica com elevados custos e impactos ambientais como a supressão vegetal.

Ressalta-se ainda a originalidade do trabalho tendo em vista a escassez de pesquisas dessa natureza na Amazônia, envolvendo a integração dos sistemas de geração de energia solar fotovoltaica às edificações, questão esta que permite a discussão entre profissionais das áreas da arquitetura e engenharias, além dos aspectos normativos e econômicos.

E outro elemento de grande importância na concepção de uma edificação que será estudado são as diretrizes projetuais, considerando o uso de energias renováveis, que visam o equilíbrio entre tecnologias fotovoltaicas e o meio ambiente; a fim de garantir eficiência energética e conforto ambiental.

Referências

CHIVELET, Nuria Martín; SOLLA, Ignacio Fernández. **Técnicas de vedação fotovoltaica na arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2010. 194 p. Tradução de Alexandre Salvaterra.

DIAS, Lucas Sabino. **Incorporação de sistemas fotovoltaicos em envoltórias de Edificações: tecnologia e arquitetura**. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-01072014-112103/pt-br.php>>. Acesso em: 19 jan. 2015.

FARKAS, K. *et al.* T.41.A.2: **Solar Energy Systems in Architecture: Integration Criteria and Guidelines**. Solar Heating and Cooling Programme, International Energy Agency, Task 41 Solar energy & architecture. September 2012. 228p. Disponível em: . Acesso em: 24 fev. 2014. apud DIAS, Lucas Sabino. **Incorporação de sistemas fotovoltaicos em envoltórias de Edificações: tecnologia e arquitetura**. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e

- Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-01072014-112103/pt-br.php>>. Acesso em: 19 jan. 2015.
- FTHENAKIS, V. M., KIM, H.C., 2011. Photovoltaics: Life-cycle analyses. *Solar Energy*, vol. 85, n. 8, pp. 1609-1628.
- GONÇALVES, Helder; CABRITO, Pedro. **Edifício Solar XXI: um edifício energeticamente eficiente em Portugal**. Lisboa-Portugal: LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 2005. 6 p. [Http://hdl.handle.net/10400.9/1321](http://hdl.handle.net/10400.9/1321). Disponível em: <http://repositorio.lneg.pt/handle/10400.9/1321>. Acesso em: 10 out. 2020.
- MANUTENÇÃO preventiva: Solar fotovoltaico, poeira e pombos. *Solar fotovoltaico, poeira e pombos*. 2015. Disponível em: <<http://renewenergia.com.br/manutencao-preventiva-solar-fotovoltaico-poeira-e-pombos/>>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- MELO, Emerson Gonçalves de. **Geração Solar Fotovoltaica: Estimativa do fator de sombreamento e irradiação em modelos tridimensionais de edificações**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.ppgee.poli.usp.br/node/4728>>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- MORAES, Helio Jr, *et al.* **Revista Geonorte**, Edição especial v2, n 4, p.1303 a 1309, 2012.
- NUNES, Gabriela. Fachadas eficientes: REVESTIMENTOS PARA A FACHADA EFICIENTE. **Projeto Design**, São Paulo, v. 415, p.10-15, out. 2014. Mensal. Disponível em: <<https://arcoweb.com.br/projetodesign/tecnologia/tecnologia-revestimentos-fachada-eficiente>>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- PEDREIRA, Isabella. **Sharp apresenta painel solar para ser instalado em sacadas e janelas**. 2012. Disponível em: <<http://www.techtodo.com.br/noticias/noticia/2012/09/sharp-apresenta-painel-solar-para-ser-instalado-em-sacadas-e-janelas.html>>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- PINHO, João Tavares *et al.* **Sistemas híbridos: soluções energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. 396p.: il.
- PINTO, Ricardo. **Painéis fotovoltaicos convertem igreja britânica em edifício com emissões nulas de CO2**. 2012. Disponível em: <http://www.wikienergia.pt/~edp/index.php?title=Painéis_fotovoltaicos_convertem_igreja_britânica_em_edifício_com_emissões_nulas_de_CO2>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- SANTOS, Ísis Portolan dos. **Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à arquitetura**. 2013. 278 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: http://fotovoltaica.ufsc.br/Teses/Tese_Isis_Portolan_dos_Santos.pdf. Acesso em: 01 out. 2020.
- SCOGNAMIGLIO, A. *et al.* **Forms of energy: the way architects envision solar energy**. EUROPEAN PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY CONFERENCE AND EXHIBITION, 26th, 2011. p.3958-3966, apud DIAS, Lucas Sabino. **Incorporação de sistemas fotovoltaicos em envoltórias de Edificações: tecnologia e arquitetura**. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-01072014-112103/pt-br.php>>. Acesso em: 19 jan. 2015.

TENENTE, Célia Cristina da Costa. **Projecto de instalações de sistemas fotovoltaicos integrados em edifícios**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61544/1/000148148.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

WELLER, Bernhard *et al.* **Photovoltaics: Technology, Architecture, Installation**. Munich: edition DETAIL, p. 8,11,12,15,16,22,26,27, 2010, Apud DIAS, Lucas Sabino. **Incorporação de sistemas fotovoltaicos em envoltórias de Edificações: tecnologia e arquitetura**. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-01072014-112103/pt-br.php>>. Acesso em: 19 jan. 2015.

ZILLES, R. *et al.* **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.