



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

P&D: APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO SUSTENTÁVEL

SCHELGSHORN PEREIRA, Amanda (1); MARTINS BORGES, Marcos (2).

(1) Universidade Federal de Juiz de Fora, (32) 8865-8830, amanda_uai@yahoo.com.br.

(2) Universidade Federal de Juiz de Fora, (32) 9970-4515, marcos.borges@engenharia.ufjf.br.

RESUMO

Devido à redução dos custos de produção no mercado internacional e pelo uso racional dos recursos energéticos, as tecnologias fotovoltaicas apresentam inúmeras possibilidades e boas oportunidades de inovação. Neste sentido, este artigo é baseado em pesquisa experimental, desenvolvida em dissertação de mestrado, tendo por objetivo o projeto de um *brise-soleil* com a utilização de placas fotovoltaicas. Nesta proposição, busca-se aumentar a eficiência energética do módulo fotovoltaico ao se inserir aletas para dissipação de calor. Isto favorece o resfriamento da superfície posterior do módulo, melhorando seu desempenho energético. Neste sentido, foi realizada revisão detalhada de literatura e utilização de software específico para projeto de produto, além de prototipagem virtual. O processo de projeto foi orientado por metodologia específica para o desenvolvimento de novos produtos. Os conceitos elaborados foram validados e ranqueados através do uso de matriz de decisão específica, e algumas de suas características foram testadas e simuladas virtualmente em modelador tridimensional. O componente para dissipação de calor foi experimentado em laboratório com auxílio de câmera termográfica, para o registro de variações de temperatura. É importante ressaltar, que o *brise-soleil* fotovoltaico foi projetado em conformidade com o módulo fotovoltaico de modelo SX 120 U da empresa BP Solar. Posteriormente, o projeto foi aplicado em simulação virtual no prédio da Justiça Federal no município de Juiz de Fora (MG). Este estudo foi norteado pelo método prescritivo RTQ-C (2010), onde foi realizada avaliação da eficiência energética da edificação em sua situação atual, e na situação hipotética, após a experimentação virtual do *brise-soleil* fotovoltaico na fachada norte. Atualmente, essa pesquisa encontra-se na fase de análises de resultados. Por fim, destaca-se a colaboração do trabalho na proposição de soluções que aliem conforto ambiental e eficiência energética em edificações.

Palavras-chave: *Brise-Soleil* Fotovoltaico, Eficiência Energética, Dissipador de Calor.

ABSTRACT

Due to reduction of production costs in the international market, and the rational use of energy resources, the photovoltaic technologies presents opportunities for innovation. Therefore, this article is based on experimental research to develop a *brise-soleil*, product innovation, using an existing PV module. In order to increase the energy efficiency through heat dissipation. That promotes the cooling of the rear surface of the module and improving energy performance. A literature review was conducted of detailed form, with application of academic methods for evaluation, use of specific software design and validation, and the prototype testing in laboratory. The design process was driven by the specific methodology for new products development. Proposed concepts were validated and classified in Solidworks software. Then, the best performance was chose with the use of a decision matrix. This concept was applied to a case study in the chosen building. The case study was guided by RTQ-C (2010) and was carried out rating the energy efficiency of the building in its current situation, and in the hypothetical situation: after placement of the *brise-soleil* PV on the north facade. The component for heat dissipation was tested in the laboratory with the aid of thermograph camera. This research is currently at the stage of results analysis.

Keywords: Photovoltaic *Brise-Soleil*, Heat Dissipation, Virtual Prototypes.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se que as demandas relacionadas ao setor energético apresentam-se como excelentes oportunidades para o desenvolvimento de produtos com características sustentáveis. Segundo a ELETROBRAS (2013), estima-se que 50% da energia elétrica produzida no Brasil são gastos na manutenção e operação de sistemas artificiais de conforto ambiental: como iluminação, arrefecimento e aquecimento de água. Porém, existem grandes possibilidades de economia de energia nas edificações. A instalação de produtos visando à eficiência energética pode representar uma economia de 30% em edificações já existentes. Em projetos novos é possível reduzir o consumo em 50%, ao adotar soluções eficientes desde a concepção da edificação. (ELETROBRAS, 2013).

Este trabalho possui foco na pesquisa para o desenvolvimento de um produto com características sustentáveis. Neste caso, o trabalho apresenta uma interface entre o setor da construção civil e o setor de produtos industriais. Para tal, a proposta utiliza metodologia específica, proposta por autores da área de projeto para produtos.

Deste modo, foram realizadas proposições conceituais de quatro suportes (peças) para a montagem de um *brise-soleil* fotovoltaico. Essas proposições foram elaboradas com auxílio de ferramentas computacionais para modelagem tridimensional e simulação. Tais soluções foram analisadas e ranqueadas em matriz de seleção de conceitos específica. Logo, a opção de melhor desempenho foi utilizada no projeto final.

Observa-se, que o *brise-soleil* fotovoltaico foi projetado conforme as características do modelo SX 120 U de silício policristalino da empresa BP Solar. Essa escolha foi pautada na facilidade de obtenção de informações, uma vez que, esse modelo está presente na usina fotovoltaica da Universidade Federal de Juiz de Fora (onde foram realizados testes).

Para que a eficiência do módulo fotovoltaico seja aumentada, é necessário o controle da temperatura na placa. Neste sentido, foi incluída no projeto uma proposta para aplicação de aletas para dissipação de calor. Portanto, para verificação deste conceito, realizou-se experimentação com aletas dissipadoras na superfície posterior do módulo SX 120 U. Assim, foram encaixados perfis de alumínio, formando um conjunto de aletas para dissipação. Este arranjo foi colocado até a metade da superfície posterior, para a medição e experimentação de alvos com e sem as aletas. Foram empregados os seguintes instrumentos para a experiência: Perfis em Alumínio no formato U duplo 30 mm x 60 mm x 1,5 mm, encaixados paralelamente; Fita Unidex de Teflon da empresa Varixx, para controle da emissividade dos materiais; e Câmera de Infravermelho Fluke TI 100 de uso geral.

Em vista as delimitações e exclusões, este estudo não realiza o “*dimensionamento ótimo*” (ÇENGEL e GHAJAR, 2011) das aletas, estando basicamente direcionado para a validação do conceito e o experimento com dissipação de calor. O experimento utiliza perfis de alumínio de dimensões típicas encontrados no mercado. Portanto, caso o conceito seja validado nestas condições, será também confirmado se utilizadas aletas ótimas de dissipação.

Por fim, foi demonstrada a aplicação do produto por meio da simulação de sua aplicação no edifício da Justiça Federal, localizado na cidade de Juiz de Fora. No estudo, foi avaliada a eficiência energética da edificação através do método prescritivo RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviço e Públicos – Portaria do Inmetro). Logo, foram comparadas as

classificações obtidas na situação atual e em situação hipotética, onde foi simulada a colocação de *brise-soleil* fotovoltaico na fachada norte.

2 LITERATURA

Para embasamento teórico, são demonstrados, rapidamente, alguns itens abortados na pesquisa, que contribuíram no projeto e na experimentação final.

2.1 *Brise-Soleils*

Os *brise-soleils* foram desenvolvidos para controlar os efeitos da radiação solar direta nas edificações, ao evitar a entrada excessiva de luz, brilho e calor. (MEDEIROS, 2012). Para a utilização de um determinado tipo de *brise-soleil*, é necessário a avaliação da sombra gerada e o conforto proporcionado por essa obstrução. Geralmente, os *brise-soleils* solares são constituídos por lâminas de uso externo a fachadas, existindo três tipologias básicas: horizontais, verticais e combinados. Em relação à mobilidade, é possível encontrar lâminas móveis pivotantes ou basculantes, em sistemas manuais ou mecanizados (GUTIERREZ, 2004; LAMBERTS *et al.*, 2011).

2.2 Fotovoltaicos

As células fotovoltaicas transformam diretamente a luz solar em energia elétrica ao produzir eletricidade na forma de corrente contínua, que posteriormente, deve ser convertida em corrente alternada (LECHNER, 2009; ROAF *et al.*, 2009). Atualmente, encontra-se no mercado grande variedade de células solares. Essas se encontram subdivididas em cristalinas e de película fina. Observa-se que percentualmente, 57% são policristalinas, 31,7% são monocristalinas, 3,4% de silício amorfo, 5,5% de telureto de cádmio e 2,4% disseleneto de cobre e índio (COGEN, 2012).

Existem diversos estudos para o melhoramento da eficiência energética fotovoltaica. Estima-se em média, que apenas 13% da energia solar é transformada em eletricidade (GREEMPRO, 2004, RÜTHER, 2004, EPE, 2012, BASNET, 2012). Portanto, observa-se que dos 100% de energia solar recebida, 3% é perdida com a reflexão, 23% são perdas associadas à radiação de onda longa dos fótons, 32% em radiação de ondas curtas, 8,5% de perdas em recombinação, 20% é consumida pelo gradiente elétrico da célula, 0,5% são perdas térmicas, restando apenas 13% de energia aproveitável (GREEMPRO, 2004).

Existem dois fatores que impactam diretamente a eficiência dos módulos fotovoltaicos; a temperatura ambiente de operação e a intensidade da irradiação solar incidente no material. Primeiramente, verifica-se que a tensão no interior de célula diminui expressivamente com o aumento da temperatura nos módulos, enquanto, a corrente sofre apenas uma pequena variação. Deste modo, um aumento significativo de irradiação solar pode provocar a elevação de temperatura no material, o que irá diminuir a eficiência. Por outro lado, a baixa irradiação solar, provocada por nebulosidade ou inclinação inadequada dos painéis, também provoca diminuição na produção energética (CASTRO, 2008).

2.3 Aletas de Dissipação.

As superfícies aletadas são denominadas de dissipadoras de calor, e geralmente, são utilizadas para o resfriamento de dispositivos eletrônicos, motores, e corpos que necessitam de troca de calor. Assim, ao se aplicar um dispositivo aletado a um corpo, ocorrerá à transferência de calor do corpo para o dissipador por condução interna, e posteriormente, a transferência de calor do dissipador para o meio ambiente por

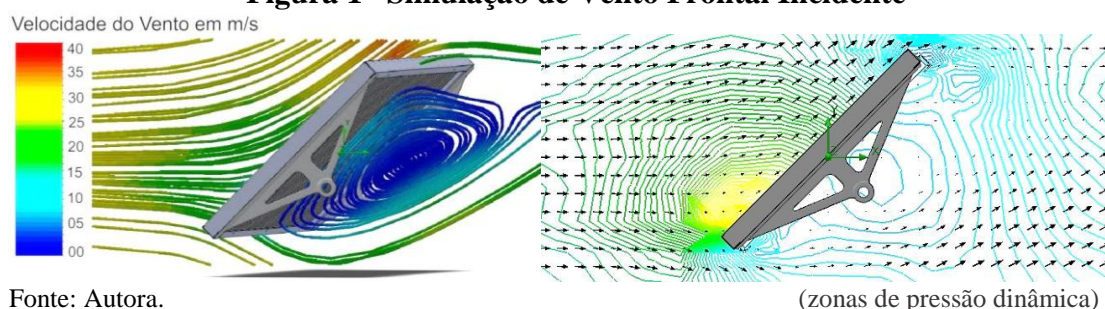
convecção natural ou forçada. Existem diversos estudos relacionados à convecção natural em aletas, sendo esses relacionados ao dimensionamento das áreas de transferência e ao espaçamento (ÇENGEL e GHAJAR, 2011). Observa-se que um dissipador com aletas “*estritamente espaçadas*” terá maior superfície de dissipação, porém seu coeficiente de transferência de calor é menor, devido à maior resistência oferecida na passagem de fluxos de fluídos entre as aletas. No entanto, um dissipador com aletas “*amplamente espaçadas*” terá menor área para dissipação, e seu coeficiente de transferência de calor será maior, devido a menor residência na passagem de fluxos de fluídos. Portanto, constata-se a existência de um “*espaçamento ótimo*” que maximize a transferência de calor, assim como, o dimensionamento ideal da área de transmissão (ÇENGEL e GHAJAR, 2011).

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Projeto do Brise-Soleil Fotovoltaico

Para formulação do projeto, inicialmente, foi realizada avaliação dos possíveis esforços aplicados sobre o *brise-soleil* fotovoltaico. Para isto, foi simulada a incidência de ventos frontais sobre o painel fotovoltaico, estando esse posicionado sobre o suporte em inclinação típica de 45°. Esta simulação foi realizada em programa computacional paramétrico tridimensional (Solidworks), que possui avaliação fluidodinâmica, e teve como principal dado de entrada, a velocidade média de 27,78 m/s ou 100 km/h para ventos direcionados no eixo X (Figura 1).

Figura 1– Simulação de Vento Frontal Incidente



Fonte: Autora.

(zonas de pressão dinâmica)

No Quadro 1 são apresentados os resultados obtidos dos esforços nos eixos X, Y e Z e a força normal.

Quadro 1 – Resultados dos Esforços Gerados pelo Vento

| Forças | Unidades | Valor | Valor Médio | Valor Mínimo | Valor Máximo |
|---------------------|----------|----------|-------------|--------------|--------------|
| Força Normal | [N] | 740,267 | 735,506 | 732,044 | 741,347 |
| Força (X) | [N] | 523,772 | 520,172 | 517,691 | 524,358 |
| Força (Y) | [N] | -523,561 | -520,431 | -524,501 | -518,026 |
| Torque (Z) | [N*m] | 100,420 | 98,655 | 97,966 | 100,420 |

Fonte: Autora.

Após a simulação de vento, que apresenta resultante normal máxima de 741,34 N, deverá ser acrescentado o peso do módulo fotovoltaico (12 kg), para obtenção do esforço máximo perpendicular a superfície do *brise-soleil*, em condições de ventos extremos. Logo temos a equação a seguir:

$$F_T = N + (\cos 45^\circ \times P)$$

$$F_T = 741,34 + (\cos 45^\circ \times 120)$$

$$F_T = 826,2 \text{ N}$$

onde, F_T = Força perpendicular total a superfície;
 N = Normal máxima obtida na simulação;
 P = Peso em Newtons do Módulo Fotovoltaico.

Portanto, observa-se que em situações de tempestades com ventos superiores a 100 Km/h, a superfície perpendicular do módulo fotovoltaico é atingida por esforço resultante de **826,2 N**, que são subdivididos em cargas de **413,1 N**, para cada suporte lateral do *brise-soleil*.

As peças do *brise-soleil* fotovoltaico foram projetadas em liga de Alumínio 1060. Esta liga possui boa disponibilidade no mercado, por ser relativamente pura, além de muito dúctil quando recozida, e indicada para deformação a frio. Outra característica está na boa resistência à corrosão, na qual, pode ser aumentada com a adição de elementos de liga. Destacam-se também, suas aplicabilidades industriais em mecanismos de trocadores de calor (ABAL, 2007). Em relação à fabricação, são propostos os processos fundição em molde de areia e usinagem.

No desenvolvimento do produto, foram propostos quatro modelos de suporte para aplicação em matriz de decisão. Essa matriz é parte da etapa de seleção de alternativas, que compõe as etapas de desenvolvimento de conceitos apresentada na metodologia dos autores Ulrich e Eppinger (2012) – para desenvolvimento de produtos. Em vista aos critérios de seleção, foram aplicadas cargas de 500 N (extraídas da simulação de vento) sobre as peças, visando à validação da resistência mecânica dos suportes. Estas simulações obtiveram os resultados apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Resultados das Simulações em Peça do *Brise-Soleil* Fotovoltaico

| Suporte I | |
|-------------------|--|
| | <p>Observou-se que as tensões de deformação aplicadas ao modelo chegaram em seu limite máximo a 12,7 N/mm². Isto demonstrou resultado satisfatório, em vista ao limite de escoamento de 27,57 N/mm² do material. Portanto, neste modelo ocorrerá apenas a deformação elástica do material sem deformações permanentes.</p> |
| Suporte II | |
| | <p>Foi verificado que o carregamento de 500 N aplicado no suporte II gerou tensão máxima de 84,36 N/mm², estando bem acima do limite de escoamento de 27,57 N/mm² e também, ultrapassando o limite de ruptura do material de 68,94 N/mm². Assim, o suporte II apresentará quebra da estrutura.</p> |

| Suporte III | |
|--------------------|--|
| | <p>Na experimentação com o carregamento no suporte III, observou-se que a tensão máxima aproximou-se de 23,8 N/mm², estando abaixo do limite de 27,57 N/mm². Portanto, no suporte III não ocorrem deformações plásticas e estruturais.</p> |
| Suporte IV | |
| | <p>No suporte IV, o carregamento de 500 N gerou tensão máxima de 13,8 N/mm², estando esse valor bem abaixo do limite de escoamento do material de 27,6 N/mm². Logo, este modelo não sofrerá deformações plásticas, limitando-se a deformações elásticas e deslocamento estático do objeto.</p> |

Fonte: Autores.

Para a avaliação das opções supracitadas, é aplicada a matriz de seleção de conceitos, na qual, o suporte III é utilizado como referência para as comparações. Destaca-se aqui que, o suporte II foi previamente eliminado por apresentar comprometimento estrutural ao ser submetido a esforços de 500 N. Neste sentido, para seleção da melhor opção são utilizados os seguintes critérios: Facilidade de fabricação, facilidade de manutenção, peso, resistência mecânica, durabilidade, resistência mecânica a ventos, e possibilidade de tomada de ar entre *brise-soleil* e a edificação. Para tais critérios, são elencados pesos percentuais e pontuação específica, a juízo do projetista, que variam de 1 a 5, conforme Quadro 3 abaixo. Posteriormente, são multiplicados os pesos a pontuações, sendo obtido assim o conceito a ser desenvolvido.

Quadro 3 – Matriz de Seleção de Conceitos, Método de Processo de Projeto Adaptado de ULRICH e EPPINGER (2012)

| CRITÉRIOS DE SELEÇÃO | PESO | SUPORTE I | | SUPORTE III | | SUPORTE IV | |
|--|------|------------|-------|--------------------|-------|------------|-------|
| | | Pont. | Mult. | Pont. | Mult. | Pont. | Mult. |
| Facilidade Fabricação | 5% | 3 | 0,15 | 3 | 0,15 | 3 | 0,15 |
| Facilidade Manutenção | 5% | 3 | 0,15 | 3 | 0,15 | 3 | 0,15 |
| Peso | 10% | 3 | 0,30 | 4 | 0,40 | 2 | 0,20 |
| Resistência Mecânica | 25% | 5 | 1,25 | 3 | 0,75 | 5 | 1,25 |
| Resistência Mecânica a Ventos. | 25% | 5 | 1,25 | 3 | 0,75 | 5 | 1,25 |
| Permitir tomada de ar entre brise-soleil e edificação. | 25% | 1 | 0,25 | 5 | 1,25 | 1 | 0,25 |
| Pontuação | 100% | 3,35 | | 3,45 | | 3,25 | |
| RANK | | 2 | | 1 | | 3 | |
| Continua? | | NÃO | | DESENVOLVER | | NÃO | |

Fonte: adaptado de Ulrich & Eppinger (2012).

Como observado no Quadro 3, o suporte III foi elencado para utilização no projeto. Destacam-se, pequenos ajustes para obtenção de tensões limites de 19,62 N/mm, garantindo maior resistência mecânica ao modelo.

Na Figura 2 é exposto o *brise-soleil* fotovoltaico montado. A mobilidade do objeto é alcançada com a proposição de motor pivotante de pistão automatizado.

Figura 2– Brise-Soleil Fotovoltaico, Modelo em Solidworks



Fonte: Autores.

3.2 Experiência com Aletas de Dissipação

Ao aquecer um material, sempre ocorrerá a emissão de energia em infravermelho, sendo o emissor ideal denominado de corpo negro. No entanto, observa-se que materiais diferentes podem emitir quantidades de infravermelho diferentes, mesmo estando em temperaturas iguais. Esse fato pode acarretar medições erradas em câmeras termográficas que não permitem a regulação do índice de emissividade, estando o índice de emissividade fixado em 0,95. Intende-se por emissividade, a quantidade de radiação emitida de um material a uma determinada temperatura, pela radiação emitida pelo corpo negro à mesma temperatura (VARIXX, 2013).

Portanto, para realização da experiência com câmera termográfica, foram verificados os índices de emissividade do Alumínio (correspondente a 0,13) (VARIXX, 2013), do vidro do módulo (correspondente a 0,85), e do Tedlar (correspondente a 0,9). Ressalta-se que, o Tedlar é um filme polímero utilizado no acabamento posterior da placa fotovoltaica (em azul próximo aos perfis de alumínio na Figura 3) (SANTOS JÚNIOR, 2008; DUPONT, 2011).

Para a equiparação entre os índices de emissividade dos materiais, foi aplicada fita a Unidex no alvo de Alumínio, conforme a Figura 3. Essa fita é aplicada, preferencialmente, em materiais com índices de emissividade muito baixos, para equiparação em aproximadamente 0,95, sendo resistente à temperatura de até 250°C (VARIXX, 2013).

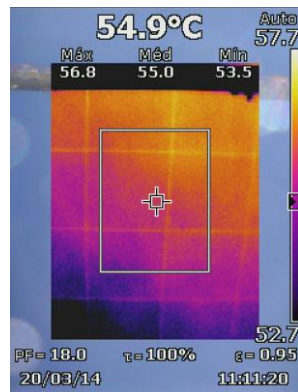
Figura 3– Experiência com Câmera Termográfica



Fonte: Autores.

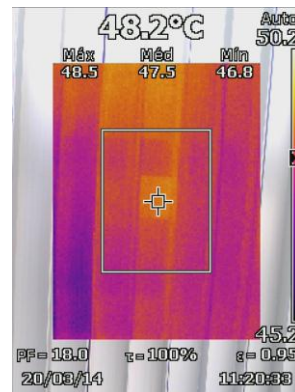
Na Figura 4, observa-se a imagem térmica da parte posterior do fotovoltaico, sem as aletas de alumínio. Constatam-se variações de temperatura entre 53,5°C a 56,8°C na superfície fotografada. O alvo, no centro da Imagem 4, apresenta a temperatura de 54,9°C. Já na Figura 5, observa-se a imagem térmica das aletas de alumínio, formando o arranjo do dissipador de calor. Verificam-se variações de temperatura entre 46,8°C a 48,5°C ao longo desta superfície. No ponto alvo, nota-se a presença da fita em Teflon Unidex, na qual, a temperatura registrada é de 48,2°C.

Figura 4–Superfície Posterior (Sem Aletas para Dissipação)



Fonte: Autores.

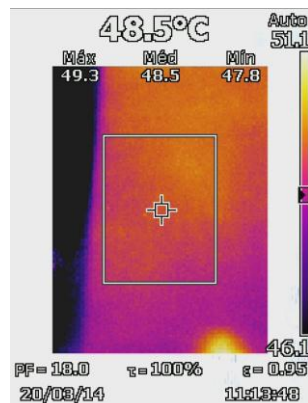
Figura 5 – Superfície Posterior (Com Aletas de Dissipação)



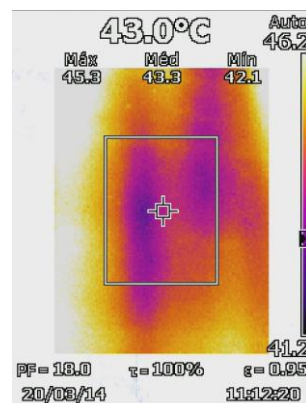
Fonte: Autores.

Na porção frontal (Figura 6), onde a superfície posterior está sem as aletas, observam-se variações de temperatura entre 47,8°C a 49,3°C no retângulo fotografado. No ponto alvo de medição da Imagem 6, verificou-se a temperatura de 48,5°C. É importante destacar que a parte mais escura da imagem, com temperatura equivalente a 46,1°C, corresponde à faixa de transição entre as áreas com e sem as aletas. Já a Figura 7 retrata variações de temperatura entre 42,1°C a 45,3°C no retângulo fotografado. Nesta região, o ponto alvo encontra-se a 43°C. Destaca-se que as aletas estão colocadas na parte posterior.

Figura 6–Superfície Frontal (Sem Aletas para Dissipação) Figura 7 – Superfície Frontal (Com Aletas de Dissipação)



Fonte: Autores



Fonte: Autores.

Mediante os resultados parciais obtidos, constatou-se que a colocação das aletas para dissipação de calor favorece a redução de temperatura na superfície frontal, e consequentemente, no conjunto, validando o conceito. Como verificado nas Figuras 6 e 7, a colocação das aletas permitiu a redução de temperatura de 5,5°C em pontos distintos do sistema, no momento da medição. Isto sinaliza a viabilidade de mecanismo

para dissipação em fotovoltaicos, pois, com a redução de temperatura, sucede o aumento da eficiência, conforme a revisão de literatura.

3.3 Aplicação do Produto: Estudo de Caso RTQ-C

No estudo realizado com RTQ-C, foi constatado que o consumo energético da envoltória do prédio da Justiça Federal (Juiz de Fora, MG) encontrava-se em classificação D, referente à análise para zona bioclimática 3. Em situação hipotética, com a colocação da estrutura proposta na fachada norte, modificou-se o índice de consumo para nível C (Figura 8), evidenciando a importância de elementos de sombreamento nesta edificação.

Figura 8– Prédio da Justiça Federal (Juiz de Fora, MG): Foto Retirada no Local (à esquerda) e Modelagem Virtual com colocação de Brise-Soleil (à direita)



Fonte: Autores

Em relação à classificação final obtida, a edificação obteve classificação geral D em situação atual, e em situação hipotética - índice C. A classificação alcançou mudança de nível, em vista, a economia de 7,5% anuais, caso fosse colocada à proteção sugerida. Neste caso, foi estimado o consumo médio anual de 56550 kWh da edificação, e a geração de 4232,6 kWh para 380 módulos fotovoltaicos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em análise aos resultados parciais, foi constatada a viabilidade de colocação de aletas para dissipação de calor em fotovoltaicos. Atualmente, esta pesquisa pretende realizar novos experimentos para melhor validação dos conceitos abordados neste artigo, além de maior investigação sobre a temática.

REFERÊNCIAS

- ABAL (Associação Brasileira do Alumínio): **Fundamentos e Aplicações do Alumínio**. 1ª Ed. São Paulo: Abal, 2007.
- BASNET, A.: **Architectural Integration of Photovoltaic and Solar Thermal Collector Systems into Building**. Dissertação de Mestrado (Master's Thesis in Sustainable Architecture). Trondheim: Norwegian University of Science and Technology, 2012.
- CASTRO, Rui M. G.: **Introdução à Energia Solar Fotovoltaica, Energias Renováveis e produção descentralizada**. Pesquisa Acadêmica. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico. DEEC/Área Científica de Energia, 2008.

COGEN (Associação da Indústria de Cogeração de Energia): **Inserção da Energia Solar no Brasil**. São Paulo: GOPEN, 2012. Disponível em: <www.cogen.com.br/Solar/.../Relatorio_Final_GT_COGEN_SOLAR.pdf>. Acesso em: novembro de 2013.

ÇENGEL, Y.A.; GHAJAR, A.J.: **Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática** 4ª Ed. Nova York: Bookman, 2012.

DUPONT: **Tedlar®, Polyvinyl fluori de film: Geral Properties**: Catálogo Comercial, 2011. Disponível em: <www.dupont.com/products.../tedlar-pvf-films.html>. Acesso em: maio 2014.

ELETOBRAS: **Selo Procel Edifica**. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/elb/procel/main.asp>>. Acessado em 29 de abril de 2013.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética): **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro: EPE, 2012. Disponível em: <www.epe.gov.br/geracao/Documents/...23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf>. Acesso em: novembro de 2013.

GREEMPRO: **Energia Fotovoltaica. Manual sobre Tecnologias, Projeto e Instalação**. Volume Técnico ALTENER. Janeiro: 2004.

GUTIERREZ, G.C.R.: **Avaliação do Desempenho Térmico de Três Tipologias de Brise-Soleil Fixo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

LAMBERTS, R. *et al.*: **Desempenho Térmico em Edificações**. Apostila para Ensino. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEÉE). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

LECHNER, N.: **Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects**. 3ª Ed. New Jersey. Wiley, 2009.

MEDEIROS, I.D. **O Brise-Soleil na Zona Bioclimática 3 sob Avaliação dos Requisitos Técnicos da Qualidade para Níveis de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). PROGRAU, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

ROAF, S.*et al.*: **Ecohouse. A Casa Ambientalmente Sustentável**. 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

RÜTHER, Ricardo: **Edifícios solares fotovoltaicos: O potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

RTQ-C: **Requisitos Técnicos da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos**. Anexo da Portaria INMETRO nº 372 / 2010.

SANTOS JUNIOR, S.L.R.: **Análise de Materiais e Técnicas em Encapsulamento de Módulos Fotovoltaicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia dos Materiais). PGETEMA, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ULRICH, K. e EPPINGER, S.: **Product Design and Development**. 5ª Ed. Nova York: McGraw-Hill Irwin, 2012.

VARIXX: **Zyggot Temperatura: Sistema de Monitoramento e Proteção de Temperatura sem Contato**: Manual Versão 1P, 2013. Disponível em: <www.varixx.com.br/.../28244f5c25a612ae791061c603ab04fafa02e.pdf>. Acesso em: maio 2014.