ANÁLISE ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE FACHADAS FOTOVOLTAICAS NO EXTREMO SUL DO BRASIL[1]

FREITAS, J., Universidade Federal de Pelotas, email: julyeramalhof@hotmail.com, CLEFF, V., Universidade Federal de Pelotas, email: viniciuscleff@hotmail.com, SCHLOSSER, B., Universidade Federal de Pelotas, email: bruna.schlosser@hotmail.com, SALAMONI, I., Universidade Federal de Pelotas, email: isalamoni@gmail.com

ABSTRACT

Based on the need to diversify the national energy matrix and minimize the impacts caused by non-renewable sources of energy, renewable sources are gaining space by contributing to energy demand. In this context, photovoltaic (PV) energy comes with a great potential to adapt to urban environments by integrating itself, into the envelope of buildings. This work aims to evaluate the economic and energy potential of the use of PV solar modules integrated in the façade of a commercial building in the city of Pelotas by replacing the coating materials used in the building (reflective glass and modified aluminum composite - ACM). Three models of PV integration in the building were proposed and for the analysis of investments, Net Present Value (NPV) and Internal Modified Return Rate (IRR-m) parameters were used as methods of investment feasibility analysis. The results show that depending on the integration model used all the energy demand of the building is supplied and in the best case the energy production by the modules supplies 97% of the demand. In the economic feasibility study, the investment return time is, in the best case, approximately 1.5 years.

Keywords: *Photovoltaic energy. Comercial building. Economic viability.*

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas fotovoltaicos (SFV) integrados a edificações urbanas e conectados à rede elétrica surgem como uma alternativa promissora para auxiliar na redução da crescente demanda energética, auxiliando a minimizar os impactos sociais e ambientais oriundos da geração convencional. Além dos benefícios da energia gerada e próxima ao ponto de consumo, os SFV podem substituir ou se sobrepor a elementos construtivos da edificação, contribuindo para a viabilidade econômica do sistema como um todo.

A instalação de SFV em edifícios comerciais é um exemplo de aplicação ideal), pois além de apresentarem um alto consumo de energia elétrica, em função da demanda em iluminação, equipamentos e da climatização artificial, existe uma sincronicidade entre a geração FV e a demanda (RÜTHER, 2004). Por outro lado, estas são verticais, com muitas unidades consumidoras e pouca área de cobertura. Sendo assim, as coberturas, local ideal para instalação de SFV em baixas latitudes, não seriam capazes de abrigar grandes potências nominais. Em contrapartida, as fachadas aparecem como uma oportunidade para geração de eletricidade (SANTOS,

[1] FREITAS, J. , CLEFF, V., SCHLOSSER, B., SALAMONI, I., Análise econômica e energética de fachadas fotovoltaicas no extremo sul do brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

2013), de forma a complementar a capacidade instalada, ou de gerar energia com um percentual menor de contribuição no suprimento do consumo.

É importante salientar que a utilização de SFCR em fachadas não é a melhor opção de implantação para o Brasil, em virtude das latitudes serem baixas, variando de 0 (ao norte) até 32 graus (ao sul do Brasil), e que geralmente os centros urbanos são mais densos e verticais, podendo haver um maior sombreamento das fachadas. Porém, diversos estudos vêm comprovando a sua eficiência e seus benefícios quando aliados a outras estratégias construtivas.

Didoné et al (2014) analisaram a aplicabilidade dos vidros FV semitransparente, em diferentes regiões do Brasil, e concluiram ser uma boa alternativa para a substituição em janelas com vidros tradicionais. Bender at. al. (2016) compararam o desempenho termoenergético entre uma fachada FV e uma fachada revestida com alumínio composto modificado (ACM) em edificação comercial na zona bioclimática 2. Os resultados mostraram que mesmo o SFV não tendo sido instalado na inclinação e orientação ideal, houve uma geração de energia capaz de suprir 42,19% do consumo da edificação.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é identificar o potencial econômico energético da utilização de módulos solares FV integrados à fachada de um edifício comercial na cidade de Pelotas-RS.

3 METODOLOGIA

A metodologia foi dividia em cinco etapas ilustradas na Figura 1.

Figura 1 – Etapas do método

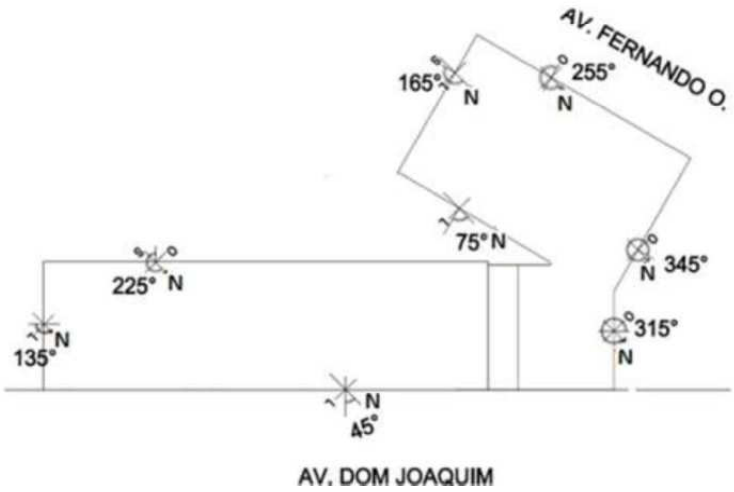


Fonte: Os autores

3.1 Objeto de Estudo

Foi escolhido para análise um edifício comercial, na cidade de Pelotas, livre de sombreamento provocado pelo entorno. A edificação está implantada em um bairro residencial e apresenta na sua composição o predomínio do vidro reflexivo, nos fechamentos transparentes, e do alumínio composto modificado (ACM), nos fechamentos opacos. O edifício é composto por dois blocos, conforme Figura 2, sendo um com fachada NE (Figura 3) e o outro com fachada O (Figura 4).

Figura 2 – Implantação do edifício



Fonte: Os autores

Figura 3 – Imagem do edifício (Fachada NE)



Figura 4 – Imagem do edifício (Fachada O)



Fonte: Google Earth

3.2 Integração de módulos com fachada

Para cada uma das duas fachadas (NE e O), foram feitas duas simulações de integração dos módulos FV com a arquitetura, conforme imagens abaixo. (Tabela 1).

Tabela 1 – Modelos de integração fotovoltaica

Simulações	Tipo de Integração	Substituição
1	Substituição do revestimento de ACM por módulos opacos de silício policristalino	
2	Substituição do vidro por módulos semitransparentes de silício monocristalino	

Fonte: Os autores

A escolha da tecnologia de silício monocristalino foi feita pelo fato deste

possuir 40% de transparência, possibilitando a substituição do vidro refletivo utilizado na edificação. A tecnologia de silício policristalino foi escolhida por ser um módulo opaco, que se assemelha às características estéticas do ACM. A área de módulos FV para as fachadas, bem como a potência total instalada em cada simulação pode ser vista na Tabela 2.

Tabela 2 – Área de instalação dos módulos e potência instalada para cada simulação

	Fachadas	**Área de módulos FV (m2)**	**Potência instalada (kW)**
Simulação 1	NE	365,2	59
Substituição ao ACM	O	244,5	40
Simulação 2	NE	1.109,3	116
Substituição ao vidro	O	228	24

Fonte: Os autores

3.3 Análise do potencial de geração

A geração de energia solar FV foi calculada de acordo com a tecnologia utilizada no sistema, número de módulos utilizados, radiação mensal para o plano inclinado de 90º (para a cidade de Pelotas) e a eficiência do sistema inversor. (Equação 1). Os dados de radiação foram calculados com base no banco de dados do atlas solarimétrico brasileiro, através do *software* Radiasol. Através do programa Sketchup, foi feito um estudo de sombreamento provocado pela própria edificação. Neste estudo, as áreas das fachadas em questão que receberam sombra nos períodos entre 09h e 16h foram descartadas a aplicação de módulos FV.

$$Efv_{mês} = P_{fv}\ X\ H_{mês}\ X\ R \quad (1)$$

Efvmês: energia fotovoltaica gerada no mês (kWh/mês);

Pfv: potência FV instalada (kW);

Hmês: radiação solar incidente módulo (kWh/m²/mês);

R: eficiência inversor (usualmente 80%)

3.4 Análise do tempo de retorno do investimento

A metodologia empregada para análise do *payback, neste estudo de caso,* foi baseada em Bender (2017). Para isso, foi estudado o fato de que além de existir a substituição do material construtivo, considera-se que o módulo em substituição ao revestimento também gera energia elétrica. Para a análise da viabilidade financeira, utilizou-se o valor presente líquido (VLP) e a taxa interna de retorno modificada (TIRM).

Para a análise financeira com VPL, foram utilizadas três diferentes taxas de referência, considerando-se um conjunto de doze meses entre janeiro de 2016 e dezembro de 2016. As taxas de referência são: Caderneta de Poupança, com acúmulo de 9,83%, Índice Nacional de Custos da Construção no Mercado – INCC, com acúmulo de 6,92% e o Custo Unitário Básico para prédios Comercial, Salas e Lojas até oito pavimentos, com padrão normal, no estado do Rio Grande do Sul – CUB/RS CSL-8N, com acúmulo de 5,69%.
Para o cálculo da TIRM foram utilizadas as mesmas taxas de referência anteriores, e o mesmo intervalo de tempo. A taxa de oportunidade escolhida para a taxa de reinvestimento foi o valor da taxa SELIC em agosto de 2016. Do valor mensal da energia economizada foi subtraído o montante equivalente à valorização monetária (em cada uma das três taxas de referência) do capital inicial referente à escolha do sistema SFV.

4 RESULTADO E DISCUÇÃO

Os valores mensais de geração FV das duas simulações foram comparados com o consumo mensal condominial do edifício. Para análise econômica, foram obtidos orçamentos para os materiais propostos com empresas da região de Pelotas. Para as tarifas de energia foram utilizados os valores das faturas de energia do setor condominial do edifício, no ano de 2016.

4.1 Modelo 1

O modelo 1, que considera os módulos de silício policristalino em substituição ao ACM, totaliza uma potência FV de 90kW, distribuídos entre as fachadas NE e O. A Figura 5 ilustra a geração FV comparada com o consumo de energia do setor condominial do edifício.

Figura 5 – Geração x Consumo Modelo 1



Fonte: Os autores

Segundo as faturas energéticas, a demanda de energia anual é de 101.556 kWh. A geração FV nesta simulação conseguiria suprir 67.359,46 kWh/ano (66,32% da demanda do condomínio). A energia não suprida pelo sistema FV

seria fornecida pela rede pública, contabilizando 34.196,54kWh/ano.

A Tabela 3 apresenta os valores orçados para o SFVCR e para os revestimentos, considerando uma reserva de 5% para futuras manutenções durante a vida útil de ambos.

Tabela 3 – Valores Sistema FV e revestimento

Sistema	Valor- módulos, inversor e cabos (R$)
FV	390.000
ACM	325.000

Fonte: Os autores

Na análise financeira pelo método VPL, os resultados mostram uma economia de R$50.070,85 anualmente, quando utilizada a fachada FV. Considerando o valor da energia economizada através da implementação do sistema verificamos que temos, com as três taxas de referência, o retorno do investimento em aproximadamente, um ano e meio. Considerando que o retorno é referente ao valor de diferença entre os revestimentos.
Pelo método de TIRM, considerando a renumeração da economia anual e do investimento do sistema, no caso da taxa de juros da poupança, o investimento entre os materiais se pagaria em dois anos e quatro meses. Já no caso do INCC e do CUB o investimento se pagaria em, aproximadamente, um ano e meio.

4.2 Modelo 2

No modelo 2, onde módulos de silício monocristalino substituem o vidro reflexivo, as fachadas totalizariam uma potência FV de 140 kW. A Figura 6 ilustra a geração FV comparada com o consumo de energia condominial do edifício.

Figura 6 – Geração x Consumo Modelo 2



Fonte: Os autores

A geração pelo SFV no modelo de integração 2 possibilita suprir 98.614,41 kWh/ano (97,1% da demanda da edificação). A energia não suprida pelo sistema solar fotovoltaico é fornecida pela rede pública, contabilizando-se 2.941,59kWh/ano.
A Tabela 4 apresenta os valores orçados para o sistema fotovoltaico e revestimentos considerando uma reserva de 5% para futuras manutenções durante a vida útil de ambos.

Tabela 4 – Valores Sistema FV e revestimento

Sistema	Valor- módulos, inversor e cabos (R$)
Fotovoltaico	950.000
Vidro	480.000

Fonte: Os autores

Considerando a análise financeira pelo método de VPL, o sistema FV proporcionaria uma economia de R$73.303,84 anualmente. Analisando os três cenários propostos temos no terceiro, o retorno de investimento, em aproximadamente 8 anos. Pelo método de TIRM, considerando a renumeração da economia anual e do investimento do sistema, no caso da taxa de juros da poupança, o investimento se pagaria em 20 anos, no caso do INCC o investimento se pagaria em 10,5 anos e, considerando a taxa de juros vinculada à evolução do CUB, o investimento se pagaria em aproximadamente 8,5 anos.

Todos os cenários são conservadores, pois não considera na análise o aumento das tarifas convencionais ao longo dos anos.

5 CONCLUSÕES

Na análise de geração energética, as simulações demontraram que mesmo o SFV tendo sido instalado com inclinação bastante superior à latitude local (fachada da edificação), pôde apresentar bons valores para os dois modelos de integração FV propostos. Os resultados mostraram que pode ser vantajoso investir em SFV integrados a fachadas de edificações comerciais, pois após alguns anos de implantação a diferença de investimento entre os materiais de revestimento retornaria, possibilitando o sistema somente usufruir os benefícios da geração de energia FV, que ocorrerá por no mínimo 25 anos.

É importante ressaltar que, embora os módulos FV em fachadas não sejam a opção ideal para aplicação em baixas latitudes, em termos de rendimento de sistema, se o usuário pode optar entre a utilização de um material construtivo de elevado custo que apenas cumpre a função estética e outro, que além da função estética poderá gerar energia, este fator deve ser quantificado.

REFERÊNCIAS

BENDER, L; GRALA, E; SALAMONI, I. **Estudo sobre a Paridade econômica entre fachadas com vedação de painéis fotovoltaicos e fachada revestida com placas de alumínio composto (ACM) em modelo de edifício comercial em Pelotas/RS.** In: XVIII E XXV CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2016, Pelotas. Anais do XVIII Enpos e XXV Congresso de iniciação científica, Pelotas, 2016.

BENDER, L; GRALA, E; SALAMONI, I. **Estudo sobre paridade econômica e desempenho energético de fachadas solares fotovoltaicas na zona bioclimática brasileira 2.** 2017. Qualificação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo; Universidade Federal de Pelotas; Pelotas, 2017.

DIDONÉ, E. L., WAGNER, A. Semi-transparent PV windows: **A study for office buildings in Brazil. Energy and Buildings**. 2013. Vol. 67, p. 136-142.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.3.1. 2018. (Moinho Office). Disponível em: <https://br.habcdn.com/photos/project/big/edificio-comercial-moinho-office-1313940.jpg>. Acesso em: 26 de junho de 2018.

RÜTHER, R. **Edificios Solares Fotovoltaicos**. 1. ed. Florianópolis: LABSOLAR/UFSC, 2004.

SANTOS, A. H. C. **Avaliação técnica e financeira da geração fotovoltaica integrada à fachada de edifícios de escritórios corporativos na cidade de São Paulo**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.