

PROPOSTA DE *RETROFIT* NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E ESTUDO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM UM DOS BLOCOS DA UTFPR EM CURITIBA

Larissa Barbosa Krasnhak – larissabarbosakrasnhak@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC

Jair Urbanetz Junior – urbanetz@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC e Programa de Pós Graduação em Sistema de Energia – PPGSE

Resumo. *O artigo apresenta uma proposta de retrofit em uma universidade na cidade de Curitiba-PR, realizando a substituição de lâmpadas convencionais por LEDs e também propõe a instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede Elétrica (SFCR) na edificação, com intuito de melhorar a eficiência energética do edifício e também diminuir o consumo de energia. Apresenta um levantamento dos equipamentos e cargas utilizadas na iluminação da edificação e um pré-dimensionamento do SFCR.*

Palavras-chave: *Energia solar fotovoltaica, Construções sustentáveis, Eficiência energética*

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia elétrica exige novas alternativas que tragam resultados efetivos para reduzir os impactos ao meio ambiente e o consumo de matéria prima, haja vista que as fontes não-renováveis de energia são as mais utilizadas no mundo atualmente, o que vem causando grande preocupação, pois dentro de alguns anos a tendência é que as fontes de matéria prima se esgotem (PUCRS, 2010).

Diante desse cenário, vários estudos vêm sendo conduzidos com o intuito de solucionar essa problemática, buscando o desenvolvimento de fontes alternativas para geração de energia elétrica com uma cultura sustentável, sem utilizar recursos esgotáveis e, conseqüentemente, causando menos impacto ao meio ambiente. É possível citar diversas fontes renováveis, tais como: energia hídrica; energia eólica; energia solar; energia geotérmica; energia das ondas e marés; energia da biomassa, entre outras.

Dentre as referidas fontes renováveis, a energia solar fotovoltaica vem sendo cada vez mais utilizada, demonstrando ótimos resultados, pois sua geração é advinda do Sol, o qual é abundante e considerado inesgotável em nosso planeta. Um relatório apresentado pelo Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) classificou a China, Estados Unidos e Japão como os 3 países que mais incrementaram Energia Solar Fotovoltaica em sua matriz energética no ano de 2016 (REN21, 2017).

Entretanto, a preocupação não pode centrar-se apenas com a forma de geração de energia, mas também com o consumo, buscando, para tanto, a utilização de equipamentos mais eficientes e edifícios com estratégias e modelos de funcionamento que visem a redução do consumo de energia, pois é mais vantajoso reduzir o desperdício de energia do que necessitar cada vez mais de uma maior geração de energia para o desenvolvimento das atividades, (PUCRS, 2010).

O artigo apresenta alternativas de como reduzir o consumo de energia elétrica no bloco I-J do campus Ecoville da UTFPR em Curitiba, bem como implementar um pré-dimensionamento de um sistema para geração de energia elétrica no local, solucionando a problemática de limitação de oferta.

1.1 Construções sustentáveis

O alto crescimento populacional, a desigualdade social, a falta de planejamento das cidades, as mudanças climáticas, os desastres naturais, o alto consumo de recursos e a exploração desenfreada das florestas descrevem o modelo de crescimento atual, o qual desequilibra a relação entre o homem e o ambiente natural (LAMBERTS et al., 2007).

Segundo o Conselho Internacional da Construção (CIB), a indústria da construção é o setor que mais consome recursos naturais e energia, e o que mais contribui com a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A estimativa é que os resíduos sólidos gerados pelo setor equivalem a mais de 50% do total. Sendo assim, as edificações possuem grande potencial para trazer bons resultados no processo de recuperação do meio ambiente, trazendo para esse setor o grande foco da busca pelo desenvolvimento sustentável (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, n.d.).

Diante desse contexto, surgem as edificações sustentáveis, que promovem o uso racional de recursos naturais e a utilização de materiais ecologicamente corretos, minimizando assim, os efeitos no ambiente em que estão inseridas. A durabilidade e a capacidade de perdurar ao longo do tempo (a maneira como responde as condições de poluição do ar,

da água e do solo e aos impactos ambientais) também estão diretamente ligadas ao conceito de sustentabilidade das edificações, sendo a durabilidade uma das principais questões, pois considera a qualidade do processo construtivo e dos materiais empregados (BLUMESCHEIN, 2004).

1.2 Sistemas de iluminação artificial

Na área de iluminação, a qualidade da luz é primordial, tanto no desempenho das atividades como na influência no estado emocional e no bem-estar das pessoas. Vários trabalhos realizados no Brasil apontam alguns problemas frequentes nos sistemas de iluminação, os quais geralmente estão fora dos padrões técnicos adequados. Os problemas mais recorrentes são: iluminação em excesso, falta de aproveitamento da iluminação natural, uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa, falta de interruptores nas luminárias, ausência de manutenção e hábitos de uso inadequados (RODRIGUES, 2002).

Segundo a Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de consumo realizada pelo Procel (2008), o sistema de iluminação artificial representa 26% do consumo de energia em Instituições de ensino. Por apresentar grande parte do consumo de energia, o sistema de iluminação possui grande potencial para aumentar a eficiência nessas edificações. A Fig. 1 demonstra os gastos em percentuais para cada atividade em uma Instituição de ensino.

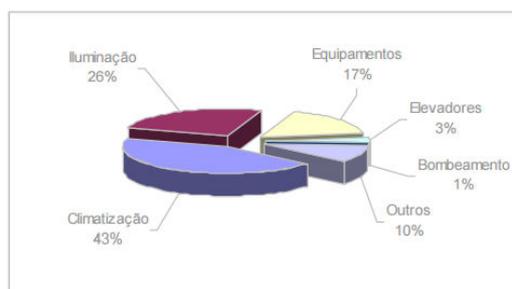


Figura 1 – Consumo de energia em Instituições de ensino.

A geração de energia elétrica convencional é centralizada e distante do ponto de consumo. Com a distribuição da energia ocorrem perdas que ocasionam o aumento nos custos de produção. Uma boa estratégia para solucionar alguns dos problemas enfrentados pelas concessionárias e pelo meio ambiente é aumentar a eficiência energética, pois ela reduz a taxa de crescimento de demanda por energia sem diminuir os bens e serviços fornecidos (SALAMONI e RÜTHER, 2003).

A eficiência dos sistemas de iluminação artificial está diretamente ligada às características técnicas, ao rendimento e eficiência de um conjunto de elementos, dentre eles: lâmpadas, luminárias, reatores, circuitos de distribuição e controle, iluminação natural, cores das superfícies internas e mobiliário (RODRIGUES, 2002).

1.3 Energia Solar Fotovoltaica

Os raios solares além de trazerem a luz e o calor essencial para a vida na Terra podem gerar energia tanto na forma de calor como de eletricidade. A conversão direta de luz em eletricidade é chamada Energia Solar Fotovoltaica. Tal processo de conversão ocorre pelo efeito fotovoltaico, no qual as células fotovoltaicas, dispositivos fabricados com um material semicondutor, recebem os fótons (pequenos elementos provenientes da luz solar) despertando os elétrons. O movimento dos elétrons, presente no material semicondutor, gera corrente elétrica e consequentemente eletricidade (PINHO e GALDINO, 2014).

Sistema Fotovoltaico (SF) consiste no conjunto de elementos necessários para converter diretamente energia solar em energia elétrica. O principal componente do SF é o painel fotovoltaico e dependendo da aplicação inclui dispositivos para controle, supervisão, armazenamento e condicionamento da energia gerada. A fiação, estrutura de suporte e a fundação (quando necessária) fazem parte do SF (LAMBERTS et al., 2010).

Os SF podem ser classificados em duas categorias principais: sistemas isolados e sistemas conectados à rede, Fig. 2. Nos dois casos pode operar com apenas uma fonte energética (fotovoltaica) ou mais de uma fonte, denominado sistema híbrido que pode combinar energia fotovoltaica e eólica, por exemplo. Para definir qual sistema será utilizado, deve ser feito um estudo levando em consideração qual a aplicação, a disponibilidade de recursos, as restrições de cada projeto (investimento inicial, custo de manutenção, área ocupada pelo SF, etc.), entre outros (PINHO e GALDINO, 2014).



Figura 2 – Sistemas FV.

No aspecto ambiental, a cadeia produtiva dos painéis FV possui baixo impacto e, apesar de existirem rejeitos químicos (principalmente cádmio, arsênio e selênio) decorrentes da produção, o correto descarte desses produtos evita efeitos negativos. A emissão de gases do efeito estufa dos painéis, em todo seu ciclo de vida, são extremamente baixas e a energia empregada na fabricação é compensada em alguns meses de funcionamento (GREENPEACE, 2010).

Além dos ganhos ambientais, a energia solar fotovoltaica permite a utilização em pequena escala e pode ser instalada próxima ao ponto de consumo (na forma distribuída), minimizando as perdas de energia na transmissão e distribuição da geração centralizada (SALAMONI e RÜTHER, 2003).

2. METODOLOGIA

Para o caso de estudo foi realizado um levantamento visual e fotográfico in loco do sistema de iluminação artificial do bloco I-J, o qual foi verificado com os projetos de iluminação do bloco fornecidos pelo Departamento de Projetos e Obras (DEPRO) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Para o pré-dimensionamento do sistema fotovoltaico, além de uma inspeção visual, foi realizada a conferência de alguns dados como área disponível e as dimensões necessárias, mediante o projeto da planta de cobertura, também fornecido pela UTFPR - DEPRO.

Ainda no pré-dimensionamento do sistema fotovoltaico, as coordenadas geográficas do local foram encontradas no Google Earth, os valores típicos de irradiação solar foram retirados do Banco de dados de irradiação solar do Projeto Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA), o qual tem como base o Atlas Brasileiro de Energia Solar. O programa Radiasol foi utilizado para calcular a irradiação solar incidente no plano do painel FV, considerando seu ângulo de inclinação e desvio azimutal.

O presente estudo demonstra o quanto é possível reduzir o consumo de energia do sistema de iluminação utilizando equipamentos mais eficientes e, ainda, o quanto de energia um sistema fotovoltaico acoplado à edificação é capaz de gerar, priorizando a viabilidade técnica e com baixo custo. Também foram determinados e especificados alguns dos equipamentos e materiais necessários para o *retrofit* na iluminação e para a instalação do sistema fotovoltaico.

A escolha do bloco I-J deu-se pelo fato de ser utilizado pelos alunos e professores do Departamento de Construção Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UTFPR. A edificação possui 4.646 m² de área construída e abrange 3 pavimentos: térreo, 1º andar e 2º andar. Destaca-se por ter salas e laboratórios multidisciplinares, salas para os professores, salas de aula e um terraço agradável. Foi inaugurado em 2011 e desde então comporta os usuários.

3. RESULTADOS

3.1 Caso de estudo referente ao sistema de iluminação

Na procura de mecanismos capazes de melhorar a eficiência energética do sistema de iluminação do bloco, foi priorizada a forma menos invasiva e que tivesse bons resultados na redução do consumo de energia.

Partindo desse princípio, os pontos de destaque para atender o objetivo foram: identificar e quantificar os equipamentos de iluminação artificial existentes na edificação; realizar uma avaliação visual do atual estado de conservação do sistema de iluminação; identificar problemas recorrentes; sugerir o *retrofit* em equipamentos que tragam expressiva economia de energia; proporcionar um fluxo luminoso similar ao atual.

Com a leitura e interpretação dos projetos e o levantamento visual e fotográfico in loco, foi possível a identificação dos principais equipamentos de iluminação utilizados atualmente. Verificou-se que o bloco segue um padrão de iluminação. Dentro desse padrão, identifica-se a presença em todas as salas e áreas de circulação do bloco a luminária de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W com refletor e aletas refletivas fabricados em alumínio, sendo a luminária mais utilizada, Fig. 3.

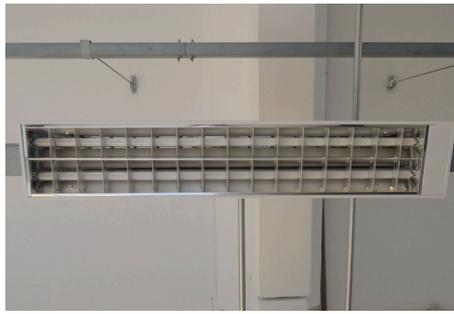


Figura 3 – Luminária de sobrepor.

O conjunto que compõe a luminária de sobrepor possui 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com potência nominal de 32W e um reator eletrônico. O conjunto consome, conforme especificação dos fabricantes, 69 W e o fluxo luminoso corresponde a 4700 lúmens.

Outro equipamento de iluminação está presente nos maiores laboratórios multidisciplinar são os refletores de sobrepor orientáveis dispostos na altura indicada de 4 metros. A Fig. 4 ilustra esse equipamento.



Figura 4 – Refletor de sobrepor.

Cada refletor é composto por uma lâmpada de vapor metálico com potência de 250W e por um reator. O conjunto consome 264W e fluxo luminoso de 18.000 lm.

Em todos os banheiros, a luminária circular de embutir para 2 lâmpadas fluorescentes compactas está presente, Fig. 5.



Figura 5 – Luminária circular de embutir.

As lâmpadas fluorescentes compactas utilizadas na luminária circular de embutir possuem potência de 20W e fluxo luminoso igual a 1.200 lm, totalizando 40W nessas luminárias.

A partir das luminárias e equipamentos auxiliares especificados anteriormente, foi possível elaborar uma tabela com a identificação do tipo e quantidade de luminárias existentes na edificação e estimar a potência total instalada, Tab. 1.

Tabela 1 – Quantidade de luminária e potência total.

	Luminária de sobrepor com 2 lâmpadas fluorescentes tubular de 32W cada e reator	Refletor com lâmpada de 250W e reator	Luminária circular com 2 lâmpadas fluorescentes compactas de 20W cada
Quantidade total	579	38	22
Potência unitária* (W)	69	264	40
Potência total (W)	39.951	10.032	880

Foi realizada uma inspeção visual sobre a conservação e necessidade de manutenção, haja vista que as luminárias se encontram em bom estado, a maioria não necessitando de substituição. Então a sugestão se baseia em manter as luminárias existentes e trocar somente as lâmpadas. Porém, apesar dos refletores não apresentarem maus sinais, a troca por equipamentos mais eficientes resulta na inutilização dos componentes do equipamento, como: refletor, lâmpada e reator.

Através da quantificação dos principais equipamentos de iluminação, chegou-se ao número total de luminárias existentes e a carga instalada. Com a identificação das principais características do sistema de iluminação artificial, iniciou-se a pesquisa para encontrar soluções que possam reduzir o consumo de energia para o sistema.

A fim de tornar o presente estudo mais prático e identificar a redução de consumo que o *retrofit* proporcionaria, foi criado um cenário de utilização do sistema de iluminação, pois não se teve acesso ao consumo da edificação, e o tempo para realização do estudo não foi suficiente para realizar esse tipo de medição. O cenário orienta que as salas de aula, demais salas e área de circulação utilizam 10 horas de iluminação diária e os laboratórios e banheiros 6 horas diárias. A consideração também define o uso em dias úteis, de segunda a sexta-feira e 22 dias úteis mensais.

Para as lâmpadas fluorescentes tubulares utilizadas nas luminárias de sobrepor, encontrou-se disponível no mercado lâmpadas LED que se encaixam na luminária e ainda, não necessitam de reator para o acionamento e nem alteração no sistema. A Fig. 6 ilustra a lâmpada LED, mais eficiente que as lâmpadas fluorescentes utilizadas atualmente. O fluxo luminoso passaria de 4.700 para 4.200 lúmens, podendo ser similar, porém necessita estudos in loco para avaliar.



Figura 6 – Lâmpada tubular de LED.

O atual sistema consome 69W e com a substituição das lâmpadas por LED, o sistema consumiria 40W. Com esses dados, fez-se uma tabela para demonstrar os benefícios do *retrofit* para o caso dessa luminária. Com redução de 42,03% no consumo de energia, a substituição por lâmpadas LED mais eficientes, além de ganho em durabilidade (as LED têm duração especificada em 40.000 horas e as fluorescentes 16.000 horas), garantem uma redução de 3,09 MWh no consumo mensal de energia.

Outra pesquisa foi realizada a fim de encontrar um equipamento que substitua os refletores utilizados. Chegou-se à conclusão que novamente a tecnologia LED é mais adequada para a situação. O refletor de LED encontrado, Fig. 7, apresenta menor consumo de energia e fluxo luminoso de 19.500 lúmens, superior ao fornecido pelo sistema atual, que é 18.000 lúmens. Além disso, a durabilidade da lâmpada de vapor metálico varia de 5.000 a 20.000 horas, já para o refletor a estimativa é 50.000 horas. A substituição traz uma economia de 321,02 kWh/mês e redução de 24,24% no consumo de energia.



Figura 7 – Refletor de LED.

Por fim, para as luminárias circulares presentes nos sanitários encontrou-se uma lâmpada LED mais eficiente para substituir as existentes. A lâmpada fluorescente compacta utilizada atualmente possui 1.200 lúmens, porém, pelo fato da

lâmpada de LED ser muito superior, considerou-se como substituta uma lâmpada de LED com potência de 9W e 900 lúmens, Fig. 8 e Tab. 2.



Figura 8 – Lâmpada de LED.

O *retrofit* propõe a substituição dos sistemas utilizados atualmente pela tecnologia LED. A Tab. 2 resume as diferenças de consumo no cenário do sistema atual e o proposto.

Tabela 2 – Redução no consumo de energia com o *retrofit* proposto.

	Consumo estimado (kWh/mês)	
	Situação atual	Proposta de <i>retrofit</i>
Luminária de sobrepor	7.374,44	4.275,04
Refletor	1.324,22	1.003,20
Luminária circular	116,16	52,27
RESULTADO	8.814,83	5.330,51
ECONOMIA DE ENERGIA	3.484,32 kWh/mês	39,53%

A estimativa da proposta de *retrofit* é economizar aproximadamente 3.484 kWh/mês, uma redução de 39,53% no consumo de energia comparado ao sistema utilizado na edificação. Mas é possível melhorar ainda mais esse cenário, aumentando a eficiência do sistema com a instalação de sensores de presença, equipamentos que detectam a presença dos ocupantes e acionam a iluminação.

Além da redução no consumo de energia, a durabilidade também é outra grande vantagem, pois assim o custo de manutenção e operação reduziria, tendo em vista que as lâmpadas possuem vida útil muito superior as atuais, Tab. 3.

Tabela 3 – Durabilidade das lâmpadas.

	Durabilidade especificada (horas)	
	Situação atual	Proposta de <i>retrofit</i>
Luminária de sobrepor	16.000	40.000
Refletores	20.000	50.000
Luminária circular	6.000	25.000

3.2 Caso de estudo referente ao sistema solar fotovoltaico

O ponto de partida para o estudo de pré-dimensionamento do sistema solar fotovoltaico conectado à rede foi identificar a cobertura do bloco I-J, a área disponível e as condições para instalação dos módulos. Com o projeto de Planta de Piso fornecido pela UTFPR através do DEPRO, foi possível verificar as dimensões da cobertura do bloco I-J e a posição que se encontra. Com uma medição angular realizada no software AutoCAD, detectou-se que a cobertura possui um desvio azimutal em relação ao Norte de 64° Leste e inclinação de 10°. O telhado possui 3 águas e com o AutoCAD encontrou-se a área de cada água, conforme descrito na Fig. 9. As áreas obtidas referem-se somente ao espaço que no desenho estão indicadas como telhas, pois é a área considerada para a colocação dos módulos fotovoltaicos.

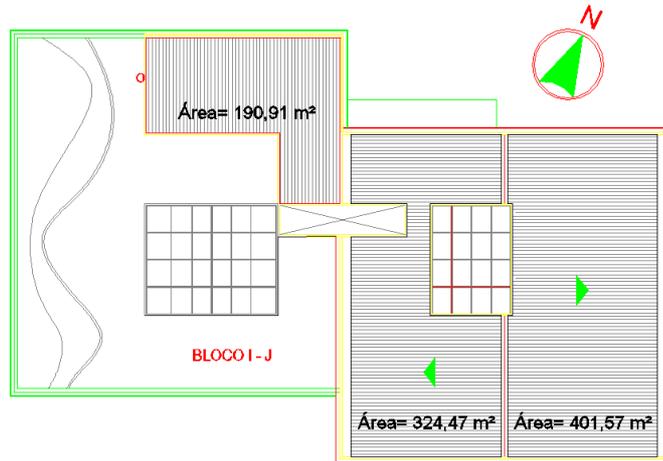


Figura 9 – Planta da cobertura do bloco I-J.

A água do telhado escolhida para o pré-dimensionamento foi a de 401,57 m², pois é a mais favorável para a colação do painel, não possui sombreamento e conta com a maior área dentre as 3.

O módulo adotado para compor o sistema foi o HR-315P da marca ELCO, um modelo atualizado do módulo que está presente no SF da sede Neville da UTFPR (URBANETZ JUNIOR *et al.*, 2016). Além disso, as células que compõem o módulo são de silício policristalino, tecnologia mais comercializada atualmente. O módulo possui potência especificada de 315 Wp e dimensões 1952x992x40mm.

O painel compõe-se com 143 módulos, borda livre de 1,35m e 1,825m, Fig. 10.

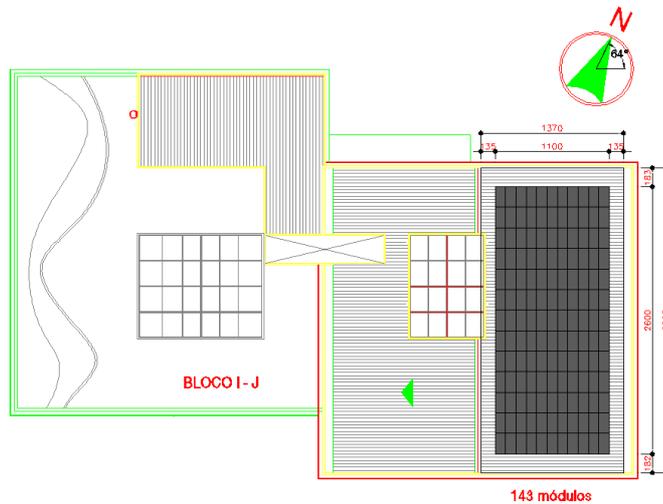


Figura 10 – Planta da cobertura do bloco I-J com módulos.

Então, foram encontradas as coordenadas geográficas do campus Ecoville com o auxílio do Google Earth para prosseguir o estudo de pré-dimensionamento do SFCR. Com a coordenada do campus definida em (-25,44°, -49,35°), encontrou-se no banco de dados do Projeto SWERA a coordenada que mais se aproxima do local, a coordenada (-25,43°, -49,37°). A distância entre as duas coordenadas é aproximada em 2,22 km.

Da planilha global horizontal do Projeto SWERA retirou-se os dados de irradiação solar incidente na coordenada (-25,43°, -49,37°) e criou-se a estação UTFPR ECOVILLE no programa Radiasol com esses dados. A próxima etapa foi encontrar os valores de irradiação no plano do painel fotovoltaico. Para isso, admitiu-se uma inclinação de 10° para a instalação do painel, pois é a mesma inclinação da cobertura e a mínima definida para autolimpeza através da chuva. No programa RADIASOL, na estação ECOVILLE UTFPR, colocou-se a inclinação de 10° e o desvio azimutal de 64° Leste em relação ao Norte. Com o uso do programa obteve-se os valores de irradiação no plano do painel FV, Tab. 4.

Tabela 4 – Dados de irradiação solar no plano do painel FV.

		Irradiação Solar Diária em kWh/m ² .dia												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
H _{TOT} =		5,78	5,67	5,27	4,51	3,62	3,34	3,61	4,55	4,57	5,24	6,23	6,04	4,87

Definida a quantidade de módulos do painel, calculou-se a potência do mesmo: 315 Wp X 143 módulos = 45.045 Wp. Baseado na potência de 45.045 Wp e uma taxa de desempenho de 75% do SFCR obteve-se os valores de energia que o SFCR geraria, utilizando a Eq. 1.

$$E = \frac{P_{FV} \cdot H_{TOT} \cdot PR}{G} \quad (1)$$

Onde:

45,045	P _{FV} - Potencia do painel FV (kW)
4,87	H _{TOT} - irradiação solar incidente no plano dos módulos FV (kWh/m ² .dia)
0,75	PR - <i>Performance Ratio</i>

Encontraram-se então os dados de geração de energia mensal para o SFCR, Tab. 5, sendo a média mensal 4.935,81 kWh e 60,05 MWh/ano.

Tabela 5 – Geração de energia do SFCR.

ENERGIA em kWh/mês											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
6.053,37	5.363,51	5.519,25	4.570,94	3.791,21	3.385,13	3.780,74	4.765,20	4.631,75	5.487,83	6.314,18	6.325,67

Por fim, para ilustrar o referido painel, criou-se uma imagem perspectiva com uma foto retirada do Google Earth. A Fig. 11 apresenta a situação atual da cobertura do bloco I-J e a Fig. 12 ilustra uma perspectiva da cobertura da edificação com o painel FV proposto.

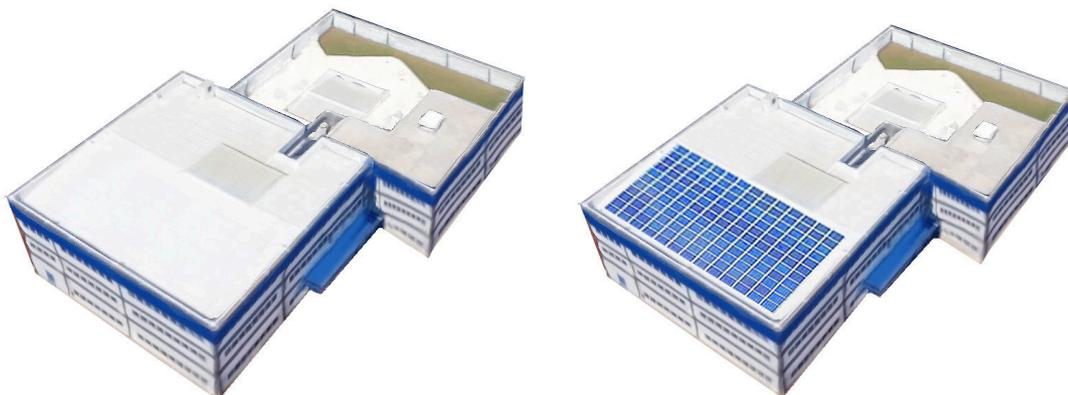


Figura 11 e 12 – Cobertura do bloco I-J.

4 CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

A iluminação artificial é responsável por grande parte do gasto energético das edificações, principalmente nas Instituições de ensino. Diante disso, uma ótima alternativa para reduzir tais gastos com energia elétrica consiste em utilizar novas tecnologias de lâmpadas, as quais estão disponíveis com fluxo energético equivalente as utilizadas em grande parte dos edifícios, porém com menor consumo energético.

O presente estudo mostrou que a substituição das lâmpadas e refletores proporcionou para o cenário proposto uma redução de 39,53% no consumo energético do sistema de iluminação da edificação.

Além disso, as lâmpadas de LED apresentam maior durabilidade em relação às utilizadas atualmente, em determinado caso chega a ser 4 vezes mais durável. Nesse sentido, vislumbra-se que os benefícios são diversos, dentre eles a redução de gastos com manutenção do sistema.

Ademais, foi proposta a instalação de um Sistema Solar Fotovoltaico na cobertura do bloco analisado, sendo esse, um Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede, nos moldes da Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 da ANEEL e da Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015 da ANEEL, utilizando-se o sistema de compensação de energia e geração compartilhada.

O Sistema Fotovoltaico projetado utiliza uma das águas da cobertura do bloco I-J, sendo esta a mais favorável em relação ao Norte. Nesta área elencada optou-se por uma disposição capaz de comportar 143 módulos de 315 Wp cada, totalizando 45,045 kWp.

Estima-se que o Sistema é capaz de gerar em média 4.935,81 kWh por mês, representando 60,05 MWh por ano, sendo que esta quantidade de energia representa 55,99% do cenário de consumo considerado para as lâmpadas

existentes na edificação atualmente e, 92,60% do consumo de energia do cenário considerado com as luminárias propostas no *retrofit*.

Com isso, quando se observa a composição do *retrofit* no sistema de iluminação artificial em conjunto com o SFCR, verifica-se que eles representam 95,52% de economia de energia face a situação atual do sistema de iluminação, porém este percentual ainda poderia ser ampliado com a utilização de sensores de presença em mais ambientes analisados, haja vista que no levantamento in loco visualizou-se uma baixa utilização de tais equipamentos.

Ainda, por tratar-se de um ambiente universitário, com formadores de opinião, constata-se que além dos benefícios com a redução do consumo de energia elétrica, a inserção de equipamentos mais eficientes e a instalação de um SFCR irão trazer benefícios de caráter intangível para todos, diante da otimização e eficiência do edifício público de maneira geral.

REFERÊNCIAS

- ANEEL, 2012. Resolução Normativa nº 482. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasil, 12p.
- ANEEL, 2015. Resolução Normativa nº 687. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasil, 26p.
- Blumenschein, R. N., 2004. A sustentabilidade na cadeia produtiva na indústria da construção. Tese de Doutorado. CDS, UnB, Brasília. Disponível em: < <https://rmdaveiga.files.wordpress.com/2011/01/tese-blumenschein.pdf>>. Acesso em: 31 de agosto de 2016.
- Boss Computer, 2016. Refletor LED 200W Super Branco Bivolt. Disponível em: <<http://www.bosscomputer.com.br/refletor-led-200w-super-branco>>. Acesso em: 05 de outubro de 2016.
- Google Earth, 2016. Programa Google Earth.
- Greenpeace, 2010. Revolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo. Brasil, 40 p.
- Lamberts, R.; Ghisi, E.; Pereira, C. D.; Batista, J. O., 2010. Casa eficiente: consumo e geração de energia. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 76 p.
- Lamberts, R.; Triana, M.A.; Fossati, M.; Batista, J.O., 2007. Sustentabilidade nas Edificações: Contexto internacional e algumas referências brasileiras na área. Florianópolis. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/sustentabilidade-edificacoes-contexto%20internacional-referencias-brasileiras.pdf>>. Acesso em: 31 de agosto de 2016.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Brasil. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel>>. Acesso em: 31 de agosto de 2016.
- Philips, 2016. Catálogo de produtos. Disponível em: < <http://www.lighting.philips.com.br>>. Acesso em: 11 de setembro de 2016.
- Pinho, J. T.; Galdino, M. A., 2014. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES, CEPREL - CRESESB.
- PROCEL, 2008. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de consumo: ano base 2005. PROCEL – ELETROBRAS. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B9B879391-1D29-4834-8554-34E61FBD1AA9%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em: 31 de agosto de 2016.
- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS, 2010. Faculdade de Engenharia. Grupo de Eficiência Energética. USE – Uso Sustentável de Energia: Manual de economia de energia. Porto Alegre: PUCRS. Disponível em: < <http://www.pucrs.br/biblioteca/manualuse.pdf>>. Acesso em: 24 de janeiro de 2018.
- REN21, 2017. Advancing the global renewable energy transition. Disponível em: < http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/GSR2017_Highlights_FINAL.pdf>. Acesso em: 24 de janeiro de 2018.
- Rodrigues, P., 2002. Manual de Iluminação Eficiente. 1ª ed. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Manual_Iluminacao.pdf>. Acesso em: 04 de setembro de 2016.
- Salamoni, I. T.; Rütther, R., 2003. Sistema fotovoltaico integrado à edificação e interligado à rede elétrica: Eficiência energética e Sustentabilidade. In: ENCAC – COTEDI 2003, Curitiba.
- Taschibra, 2016. Catálogo de produtos. Santa Catarina, Brasil. Disponível em: < <http://www.taschibra.com.br>>. Acesso em: 04 de outubro de 2016.
- UFRGS. Programa RADIASOL. Disponível em: <<http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>>. Acesso em: 13 de agosto de 2016.
- Urbanetz Junior, J., 2010. Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade. Florianópolis. 189 p.
- Urbanetz Junior, J.; Tiepolo, G. M.; Casagrande Junior, E. F.; Tonin, F. S.; Mariano, J. D., 2016. Geração Distribuída Fotovoltaica: O Caso dos Sistemas Fotovoltaicos da UTFPR em Curitiba. In: XCBPE 2016, Gramado.
- UTFPR – DEPRO, 2013. Projeto Planta de piso Ecoville UTFPR.

**PROPOSAL OF RETROFIT IN THE LIGHTING SYSTEM AND PHOTOVOLTAIC GENERATION STUDY
IN ONE OF THE BLOCKS OF UTFPR IN CURITIBA**

Abstract. *The article presents a proposal for a retrofit in a university in the city of Curitiba-PR, performing a replacement of conventional light bulbs by LEDS and also proposes the installation of a Grid-connected Photovoltaic Power System in the building, with the purpose of improving energy efficiency of the building and also decrease energy consumption. It presents a survey of the equipment in the lighting of the building and pre-dimensioning of the Grid-connected Photovoltaic Power System.*

Key words: *Photovoltaic solar energy, Sustainable construction, Energy efficiency*