

BENEFÍCIOS À SOCIEDADE PROPORCIONADOS POR AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E PELA AGREGAÇÃO DA MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA À EDIFICAÇÃO

Gustavo de Campos Santos – gu1994@gmail.com
Daniel Odilio dos Santos – daniel.odilio@gmail.com
Julio Boing Neto – julioboingneto@gmail.com
Helena Flávia Napolini – helenaf@eel.ufsc.br
Ricardo Rütther – ricardo.rutther@ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina

Campus Universitário Trindade, Caixa Postal 476, Florianópolis-SC, 88040-900

Resumo. Este trabalho tem por objetivo desenvolver um método para avaliar, sob a ótica da sociedade, os benefícios proporcionados pela inserção de minigeração fotovoltaica e por ações de eficiência energética em sistemas de iluminação na edificação. Para uma unidade consumidora de titularidade da Universidade Federal de Santa Catarina, alimentada em média tensão, localizada no Campus Trindade da UFSC, além de medidas de eficiência energética em sistemas de iluminação foi projetado um sistema de minigeração solar FV de 711 kWp. No período analisado, os resultados mostraram que o sistema FV projetado geraria anualmente aproximadamente 908 MWh, equivalente à aproximadamente 54% do consumo anual de energia elétrica da UC no horário fora da ponta. Um projeto de eficiência energética em sistemas de iluminação nas edificações integrantes da UC foi realizado. Os resultados mostraram que a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED proporcionaria redução na demanda no horário de ponta RRP de 307,2 kW, economia anual de energia elétrica de aproximadamente 818,1 MWh, custo anual evitado pelo sistema elétrico devido à RPP de R\$ 192.617,47 e custo anual evitado devido à energia economizada de R\$ 361.248,42. A substituição das lâmpadas dos sistemas de iluminação interna das edificações integrantes da UC CDS Piscinas da UFSC por lâmpadas de LED proporcionaria ao setor elétrico um benefício anual de R\$ 553.865,89. O custo anual total evitado que seria proporcionado por ações de eficiência energética em sistemas de iluminação e pela inserção da minigeração fotovoltaica na UC CDS Piscinas da UFSC, seria de aproximadamente R\$ 954.811,45. Adicionalmente, através da inserção de geração FV na UC e das ações de EESI nas edificações pertencentes à mesma aproximadamente 784,09 tCO₂ equivalente deixariam de ser lançados na atmosfera equivalente ao plantio de aproximadamente 3.400 árvores.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica. Eficiência Energética. CO₂ Evitados.

1 INTRODUÇÃO

A busca constante pela melhoria da qualidade de vida, assim como a industrialização e a urbanização, ocasiona aumento direto do consumo de energia pelas edificações (NASUTION et al., 2014). O uso de aparelhos de ar-condicionado e de refrigeração representa de 33 a 50% do consumo total de energia elétrica nas metrópoles (IPCC, 2007).

O combate ao desperdício e a busca do uso eficiente da energia devem ser incentivadas pois levam à economia de recursos (NASPOLINI et al, 2006). Seu incentivo deve ter uma força ainda maior em universidades devido à força que elas exercem dentro da sociedade como berço de desenvolvimento e aplicação de técnicas inovadoras que possam trazer benefícios para a sociedade.

As universidades podem ser consideradas como cidades em miniatura, devido ao seu tamanho (espaço físico), população e os diversos tipos de atividades realizadas dentro dos campi (KOLOKOTSA et al., 2016)–Devido à natureza de suas atividades, os *campi* universitários oferecem um grande potencial de redução tanto no consumo como na potência instalada em sistemas de iluminação. Na maioria dos casos, mesmo contando com iluminação natural, a iluminação interna é acionada para complementar o nível de iluminamento necessário para desenvolver as atividades em sala de aula. Aliado a esse fato, o Brasil possui condições favoráveis para o aproveitamento da energia solar fotovoltaica (RÜTHER e ZILLES, 2011) e integrá-las nas edificações de um campus universitário é uma boa alternativa para a redução do consumo de energia proveniente da rede da distribuidora (PINTO et al., 2016; NASPOLINI et al., 2016). Utilizando escolhas eficientes de medidas organizacionais e de gestão, as universidades podem reduzir consideravelmente os impactos ambientais e energéticos gerados por sua atuação em pesquisa, ensino e extensão e nas demais atividades administrativas (ALSHUWAIKHAT et al., 2008).

Dentro deste contexto, este trabalho tem por objetivo desenvolver um método para avaliar, sob a ótica da sociedade, os impactos proporcionados pela inserção da minigeração fotovoltaica e por ações de eficiência energética em sistemas de iluminação (EESI) em unidades consumidoras.

2 MÉTODO

O método desenvolvido visa quantificar, sob a ótica da sociedade, os impactos proporcionados por ações de eficiência energética em uma UC, através de indicadores técnicos e econômicos, tais como, energia anual economizada, redução anual da potência no horário de ponta, custos anuais evitados devido à energia economizada e à potência evitada. Adicionalmente, serão obtidos indicadores quantitativos referentes às emissões anuais evitadas de gases de “efeito estufa”, expressas em toneladas de CO₂ equivalentes.

As ações de eficiência energética adotadas consistiriam na inserção da minigeração solar fotovoltaica na UC e em ações de Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação através da substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED.

2.1 INSERÇÃO DA MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA UC

2.2.1 RECURSO SOLAR

Para avaliar o recurso solar no local de inserção da geração FV na UC, foram utilizados dados de irradiação oriundos do 2º Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA et al, 2017) e dados de temperatura ambiente oriundos do banco de dados do Centro de Dados de Ciência Atmosférica do Centro de Pesquisa Langley no SSE (Surface Meteorológica and Solar Energy) web portal, apoiado pelo programa de Ciências Aplicadas dentro da Divisão de Ciências da Terra da Diretoria de Missões Científicas da NASA (ZHANG et al, 2007).

A Fig. 1 apresenta a evolução mensal dos valores da média diária mensal da irradiação solar global horizontal e da temperatura média diária mensal em Florianópolis-SC.

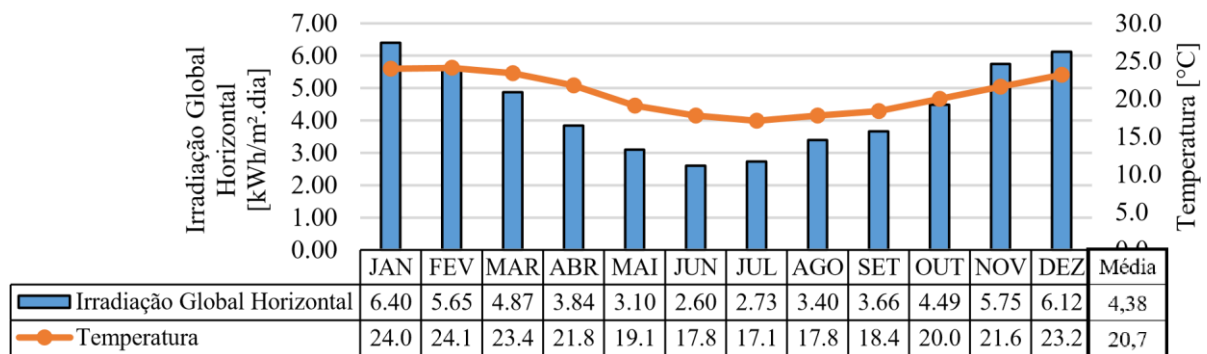


Figura 1– Evolução mensal da irradiação solar global horizontal média diária e da temperatura média diária

Observa-se que a irradiação global horizontal em Florianópolis é sazonal. Nos meses com menor temperatura a irradiação global horizontal é menor (Irradiação mínima de 2,60 kWh/m².dia em junho) e nos meses de verão, maior temperatura, temos uma maior irradiação (Irradiação máxima de 6,40 kWh/m².dia em janeiro)

2.2.2 PERFIS DE DEMANDA E DE CONSUMO DA UC ANTES DA INSERÇÃO DA MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA E DAS AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Para compreender as reais necessidades e prioridades envolvidas na inserção da minigeração fotovoltaica e nas ações de eficiência energética em sistemas de iluminação (EESI) na UC foram levantadas, tanto para o horário FP como para o horário P, a evolução mensal da demanda e dos consumos, através dos dados registrados pelo medidor de energia elétrica da concessionária local, localizado na fronteira da entrada de energia da UC.

2.2.3 MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

A Fig. 2 apresenta a localização da UC CDS Piscinas da UFSC, as áreas edificadas integrantes da mesma e a edificação escolhida para a instalação da minigeração fotovoltaica.



Figura 2 – Localização, área de abrangência, modelagem 3D das edificações integrantes da UC CDS Piscinas da UFSC e edifício escolhido para a instalação da minigeração FV – Florianópolis

A edificação foi escolhida pois possui a maior área de cobertura, além disso o ramal de ligação dessa unidade consumidora é próximo a edificação proporcionando economia com a instalação.

A Tab. 2 apresenta as principais características do módulo fotovoltaico.

Tabela 1- Dados do módulo BYD-385-M6K-36

Potência [W]	Tensão de máxima potência Vmp [V]	Corrente de máxima potência Imp [A]	Tensão de circuito aberto Voc [V]	Corrente de curto-circuito Isc [A]
385,5	41,3	9,33	49,9	9,83

Para a simulação da microgeração solar fotovoltaica que seria integrada à edificação, foram escolhidos módulos fotovoltaicos da tecnologia silício monocristalino e 6 inversores com potência de 100kW, fator de dimensionamento dos inversores (FDI) de 1,17.

O desempenho do sistema FV conectado à rede e sua contribuição energética foram avaliados através de simulações via software PVsyst, versão 7.1.4 (www.pvsyst.com). A Tab. 2 apresenta as perdas adotadas na simulação.

Tabela 2 – Perdas utilizadas na simulação

Perda ôhmica	Perda por eficiência	Perda por mismatch	Perda por sujeira	Indisponibilidade do sistema	Perdas LID
1,50%	-0,80%	1,00%	3,00%	2,00%	1,30%

Como o programa computacional PVsyst apresenta limitações para simulação de áreas curvas, a cobertura do ginásio das piscinas foi dividida em 6 subsistemas com inclinações de (27°, 15° e 0°)

A geração de energia elétrica por fonte solar fotovoltaica ocorre predominantemente no horário FP.

Para todo o período analisado e para a microgeração FV, este trabalho não leva em consideração a geração de energia solar fotovoltaica no horário P e nem Redução da Potência no horário de Ponta (RPP)

As Eq (1) e (2) apresentam a energia economizada (EE) e a RPP devido à inserção da geração FV na UC.

$$EE_{FV} = E_{FVFP} \quad (1)$$

$$RPP_{FV} = 0 \quad (2)$$

Onde: EE_{FV} é a Energia Economizada, no intervalo de tempo especificado, expressa em kWh; E_{FVFP} é a Energia FV gerada FP, no intervalo de tempo especificado, expressa em kWh e RPP é a Redução de Potência no horário de Ponta; no intervalo de tempo especificado.

Neste trabalho, toda a energia gerada pelo sistema FV foi considerada como autoconsumo no horário FP, sem injeção para a rede elétrica.

2.2.4 AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

A energia anual economizada (EE) e a redução anual da potência no horário de ponta (RPP) são os principais indicadores técnicos para avaliar os impactos de ações de eficiência energética em sistemas de iluminação (EESI). Através de EE e RPP pode-se avaliar as economias proporcionadas por ações de EESI.

Para a execução deste trabalho foi realizado um levantamento (presencial) da iluminação interna dos edifícios integrantes da UC analisada (Fig. 2). Foram encontrados três tipos distintos de lâmpadas fluorescentes instaladas nas edificações (T8 16W, T8 36W e compacta 15W).

As ações de Eficiência Energética consistiriam na substituição das lâmpadas fluorescentes encontradas na edificação por lâmpadas de menor consumo energético. São propostas as trocas das lâmpadas fluorescentes T8 16W, T8 36W e compacta de 15W por Lâmpadas de LED T8 10W, T8 16W e Bulbo 9W respectivamente.

A potência de cada luminária do sistema de iluminação interna é igual a soma das potências das lâmpadas integrantes da mesma. Portanto a potência total de iluminação da UC é a soma das potências de todas as luminárias da UC. Neste trabalho não foram consideradas as perdas dos sistemas de iluminação.

Para o período analisado, a Redução anual de Potência no horário de Ponta (RPP) devido à EESI foi calculada através da Eq. 3.

$$RPP_{EESI} = P_{TOTAmáx} L_{Atual} - P_{TOTAmáx} L_{Proposta} \quad (3)$$

Onde: RPP_{EESI} é a redução anual de potência no horário de ponta, expressa em kW; $P_{TOTAmáx} L_{Atual}$ é a potência máxima de iluminação interna do sistema atual, expressa em kW e $P_{TOTAmáx} L_{Proposta}$ é a potência máxima de iluminação interna do sistema proposto, expressa em kW.

A energia anual consumida por luminária, foi calculada através da soma das potências das lâmpadas integrantes da mesma multiplicada pela quantidade de horas por ano em que ficam ligadas.

A Energia Economizada anualmente (EE) foi calculada utilizando a Eq. 8.

$$EE_{EESI} = E_{anualAtual} - E_{anualproposta} \quad (4)$$

Onde: EE_{EESI} é a energia anual economizada, expressa em kWh; $E_{anualAtual}$ é a energia anual consumida com o sistema atual, expressa em kWh e a $E_{anualproposta}$ é a energia anual consumida com o sistema proposto, expressa em kWh.

2.2.5 BENEFÍCIOS PROPORCIONADOS À SOCIEDADE PELAS AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E PELA AGREGAÇÃO DA MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA À UC

A economia anual total de energia (EE_T) é dada pela economia anual de energia devido à geração solar FV somada à energia anual economizada pelas ações de EESI. A redução anual da potência no horário de ponta (RPP) deve-se apenas à aplicação das ações de Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação (EESI) conforme mostram as Eq. 5 e Eq. 6

$$EE_T = EE_{FV} + EE_{EESI} \quad (5)$$

$$RPP_T = RPP_{EESI} \quad (6)$$

Os custos evitados pela sociedade (setor elétrico) foram calculados conforme Eq. 7 e Eq. 8.

$$CE = EE \cdot CEE \quad (7)$$

$$CEP = RPP \cdot CD \quad (8)$$

Onde: CEP é o custo evitado devido à potência evitada, expresso em R\$; RPP é a redução de potência no horário de Ponta, expressa em kW; CD é o custo unitário da demanda, expresso em R\$/kW; CE é o custo evitado devido à energia evitada, expresso em R\$; EE é a energia evitada, expressa em MWh e a CEE é o custo unitário de energia, expresso em R\$/MWh.

Sob a ótica do setor elétrico, a determinação dos custos unitários evitados baseia-se na estrutura de valores da tarifa horaria azul, homologada pela ANEEL para cada subgrupo tarifário e concessionária/permissionária (ANEEL/MPEE, 2008). Os custos unitários evitados, adotados neste trabalho, coincidem com os valores utilizados pela Celesc para avaliar Projetos de Eficiência Energética para Sistemas em Média e Alta Tensão e Sistemas de Baixa Tensão Subterrâneos, no ciclo 2017 – 2018. Para o Custo unitário devido à Energia Evitada (CEE) foi adotado o valor de R\$ 441,57/MWh e para o Custo unitário devido à Demanda Evitada (Potência Evitada) no horário de Ponta (CED) foi adotado o valor de R\$ 627,01/kW.ano. (ANEEL, 2021)

As emissões evitadas de gases de “efeito estufa”, expressas em toneladas de CO₂ equivalentes, são os principais indicadores técnicos para avaliar os impactos ambientais proporcionados pela inserção da geração FV e pelas ações de EESI.

As emissões de CO₂ evitadas por unidade consumidora, no período y , podem ser calculadas conforme a Eq. (9).

$$CO_{2y} = EE_y \cdot F_y \quad (9)$$

Onde: CO_{2y} são as emissões evitadas de gases de “efeito estufa”, no período y , proporcionadas pela inserção FV e por ações de EESI, expressas em toneladas de CO₂; EE_y é a energia economizada, no período y , proporcionada pela inserção FV e por ações de EESI, expressa em MWh; F_y é o fator de emissão médio, no período y , expresso em toneladas de CO₂equivalente /MWh.

A Tab. 3 apresenta, para o sistema elétrico brasileiro e para o ano de 2020, os fatores médios de emissão de CO₂equivalente, expressos em toneladas de CO₂/MWh, calculados e disponibilizados pelo Sistema Interligado Nacional do Brasil.

Tabela 3 - Fatores médios de emissão de CO₂ (t CO₂ / MWh) – Ano base 2020 (Fonte: www.mct.gov.br, 2020)

Fator de emissão médio (tCO ₂ /MWh) - mensal											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0.5627	0.5258	0.3843	0.2964	0.3575	0.4758	0.3932	0.3994	0.3287	0.5723	0.5401	0.6106

Os fatores de emissão médios de CO₂ equivalente para energia elétrica, apresentados na Tab. 3, têm por objetivo, estimar a quantidade de CO₂ associada a determinada geração de energia elétrica. Seu cálculo leva em consideração a participação térmica na produção de eletricidade da matriz energética brasileira.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DOS PERFIS DE DEMANDA E DE CONSUMO DA UC

O consumo de energia elétrica da UC é predominantemente de iluminação e de aparelhos de ar condicionado. Para esse trabalho a demanda medida é a média da potência medida num intervalo de 15 min

A Fig. 3 apresenta, para a UC e para o ano de 2018, a evolução mensal da demanda medida nos horários P e FP e da demanda contratada.

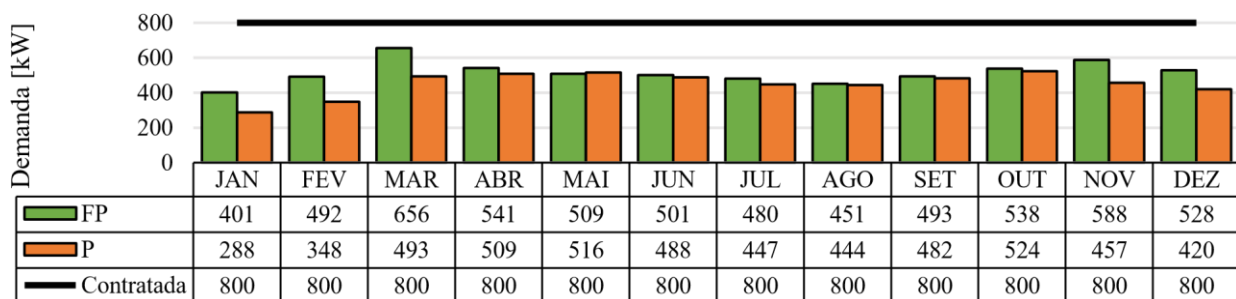


Figura 3 - Evolução mensal da demanda medida (P) e (FP) e demanda contratada UC CDS Piscinas da UFSC - 2018
Fonte: Faturas de energia elétrica da UC

Apesar de janeiro e fevereiro serem meses de altas temperaturas, devido ao período de recesso escolar e de férias na UFSC as demandas (P e FP) da UC apresentaram os menores valores. Para o horário FP, os resultados mostram que em março foi registrado o maior valor de demanda medida (656 kW) e em janeiro ocorreu o menor valor de demanda medida (401 kW). No horário P, a maior demanda medida ocorreu em outubro (524 kW) e a menor demanda medida foi em janeiro (288 kW). Observa-se que nos meses mais quentes as demandas medidas são maiores do que nos meses mais frios, devido à grande utilização de aparelhos de ar condicionado.

A Fig. 4 apresenta a evolução mensal da energia ativa consumida pela UC no ano de 2018, nos horários P e FP.

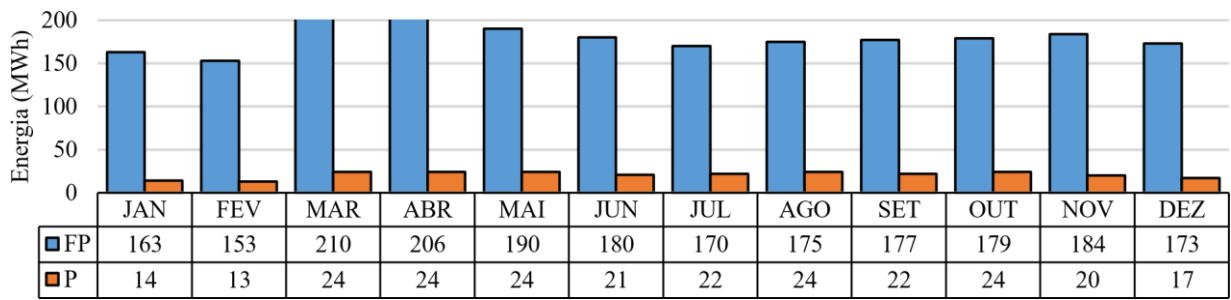


Figura 4 - Evolução mensal da energia ativa consumida (P e FP) - Ano base: 2018

Os resultados mostram que o mês com maior consumo de energia elétrica no horário FP (210,5 MWh) e no horário P (24,38 MWh) foi o mês de março. No período analisado, observa-se que o maior consumo de energia elétrica ocorre no horário FP. Os consumos anuais de energia elétrica da UC foram 2.162,9 MWh (FP) e 251,1 MWh (P).

3.2 ANÁLISE DA INSERÇÃO DA MINIGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA

A Fig. 5 apresenta, para o ano de 2018, a evolução mensal da geração FV e da irradiação global horizontal média diária (IGH).

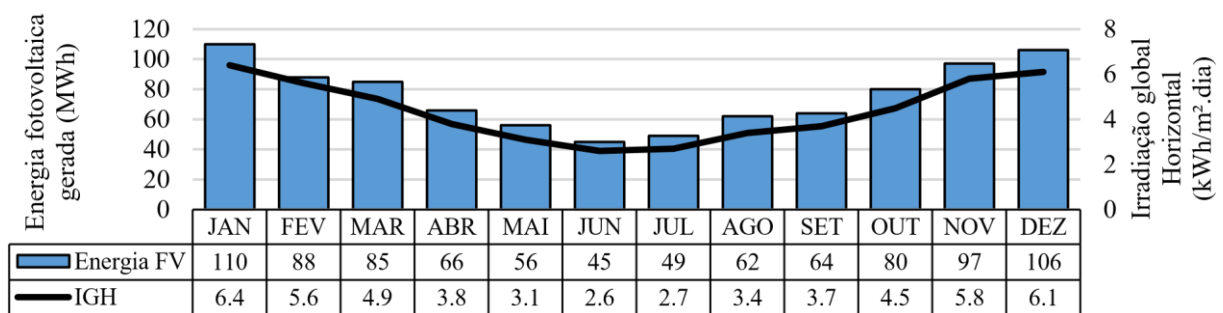


Figura 5 - Evolução mensal da energia gerada e da irradiação global horizontal média diária - 2018

Observa-se em janeiro, mês de maior irradiação solar média diária (6,4 kWh/m².dia), valor máximo da geração FV (109,8 MWh). A minigeração FV a ser inserida na UC geraria anualmente aproximadamente 908 MWh.

A Fig. 6 apresenta, para o ano de 2018, a evolução mensal do consumo da UC nos horários de P e FP, após a inserção da minigeração FV.

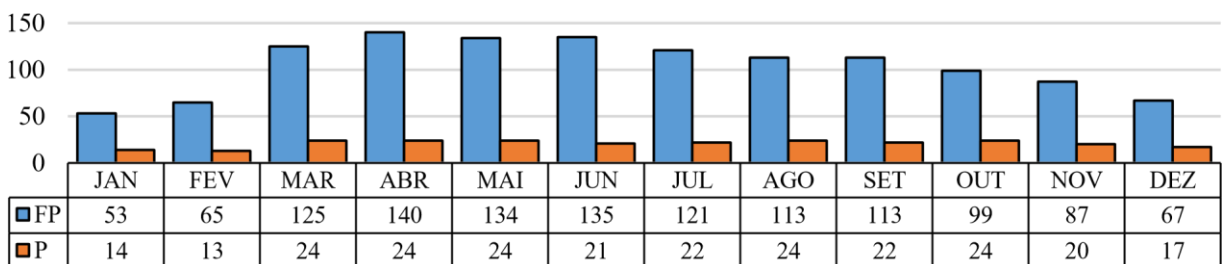


Figura 6 - Evolução mensal do consumo da UC após a inserção da minigeração FV

Após a inserção da geração FV na UC, o consumo da energia elétrica oriunda da concessionária, embora bem menor em todos os meses do período analisado, ainda predominaria no horário FP.

A Fig. 7 apresenta para o ano de 2018, a evolução mensal da energia ativa consumida no horário FP, a energia FV gerada em valores absolutos e em valores percentuais.

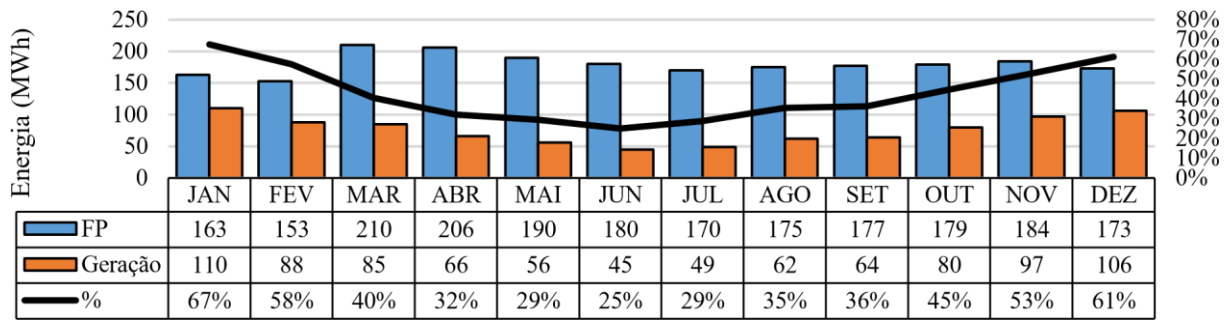


Figura 7 - Evolução mensal do consumo da UC (FP) e da geração FV

Para a UC CDS Piscinas da UFSC, observa-se que em todos os meses do período analisado, o sistema fotovoltaico proporcionaria significativa redução no consumo da energia ativa oriunda da concessionária no horário FP. As maiores reduções seriam verificadas nos meses de janeiro (67%), dezembro (61%) e fevereiro (58%). No período analisado, a geração FV reduziria em aproximadamente 53% o consumo anual da UC.

Mesmo com a redução de consumo devido à geração solar fotovoltaica, a UC continuaria com consumo predominante no horário FP, com consumo anual de aproximadamente 1.252 MWh. O consumo da UC no horário P não se alteraria.

A Energia anual Economizada (EE) devido à agregação da energia FV à UC seria de 908 MWh. Sob a ótica do setor elétrico, o custo anual evitado devido à energia economizada pela inserção do sistema de minigeração FV na UC seria de R\$ 400.945,56.

3.3 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O sistema atual de iluminação interna das edificações integrantes da UC é baseado inteiramente em lâmpadas fluorescentes, em sua maioria com reatores eletrônicos. Apesar de ser uma tecnologia amplamente utilizada, ela já é ultrapassada e atualmente dispomos de tecnologias que apresentam eficiência muito maior, como é o caso das lâmpadas de LED, adotadas para o sistema proposto neste trabalho.


	Edificações analisadas
	A - Administração CDS
	B - Salas de aula CDS
	C - CDS Piscinas
	D - Salas de aula CDS
	E - Salas de aula CDS
	F - Departamento da Engenharia do Conhecimento
	G - Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Figura 9 – Localização e lista das edificações analisadas

Foram levantadas a quantidade de lâmpadas e de luminárias e o tempo em que as lâmpadas ficam ligadas, tanto no horário P como no horário FP. Dessa forma foi possível calcular, de forma distinta, as potências e as energias consumidas nos dois horários, sem a necessidade de utilizar um fator de coincidência para o horário de ponta.

Como exemplo, a Tab. 4 apresenta para uma sala de aula do prédio CDS03 (integrante da UC CDS Piscinas da UFSC), tanto para a situação antes como para depois das ações de EESI, informações referentes ao período de funcionamento das lâmpadas, tipos de luminárias, número de lâmpadas, potências e energias consumidas, energia economizada (EE) e a Redução da Potência o horário de Ponta (RPP) proporcionadas pelas ações de EESI.

No sistema atual, a sala de aula apresenta 8 luminárias compostas por 2 lâmpadas fluorescentes do tipo T8 de 32W cada, totalizando 512 W de potência instalada, consumo médio mensal de 30,72 kWh no horário P e 122,88 kWh no horário FP. Já no sistema proposto, foram mantidas as quantidades de luminárias e as lâmpadas foram substituídas por lâmpadas de LED do tipo T8 com 16W de potência cada, o que totaliza uma potência de 256 W, consumo médio mensal de 15,4 kWh no horário P e 61,4 kWh no horário FP. Devido à ações de EESI, para a sala de aula analisada a RPP seria de 256 W e a EE de 844,80 kWh.

Para as demais dependências (salas de aula, salas de administração, banheiros, corredores, etc...) das outras edificações integrantes da UC, os cálculos da EE e da RPP foram realizados de maneira análoga.

Tab. 4 – Informações dos sistemas de iluminação para a sala de aula do prédio CDS03, antes e depois das ações de EESI

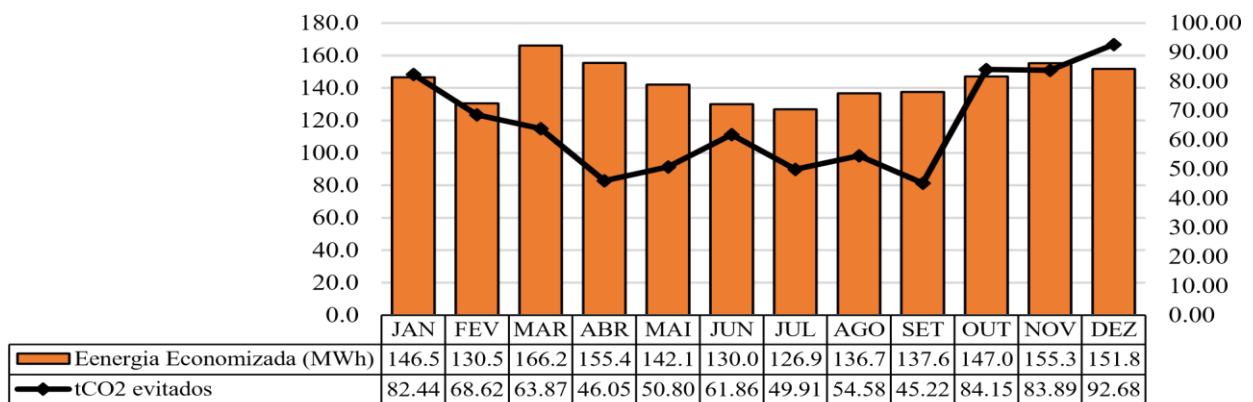
Prédio	CDS03	Antes EESI	Depois EESI
	Sala de Aula		
	Horas de funcionamento/dia (FP)	12	12
	Horas de funcionamento/dia (P)	3	3
	Nº dias/Mês	20	20
	Nº meses de funcionamento/Ano	11	11
	Nº de lâmpadas/luminária	2xT832W	2xT816W
	Nº de Luminárias	8	8
	Potência por luminária (W)	64	32
	Potência total da sala de aula (W)	512	256
	Consumo mensal no horário P (kWh)	30,72	15,4
	Consumo mensal no horário FP (kWh)	122,88	61,4
	Consumo mensal total (kWh)	153,60	76,8
	RPP (W)	256	
	EE anual (kWh)	844,80	

Os resultados mostraram que devido às ações de EESI nas edificações integrantes da UC, a RPP seria de 307,2 (kW) e a economia anual de energia elétrica seria de aproximadamente 818,1 MWh. O custo anual evitado pelo sistema elétrico devido à RPP seria de R\$ 192.617,47 e devido à energia economizada seria de R\$ 361.248,42. A substituição das lâmpadas dos sistemas de iluminação interna das edificações integrantes da UC CDS Piscinas da UFSC (sistema atual) por lâmpadas de LED (sistema proposto) proporcionaria ao setor elétrico um benefício anual de R\$ 553.865,89.

3.4 ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DA INSERÇÃO DA GERAÇÃO FV E DAS AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Sob a ótica do setor elétrico, as ações de EESI e a integração da geração FV à UC proporcionariam RPP de 307,2 (kW), economia anual de energia de 1.726,1 MWh, custo anual evitado devido à redução da potência no horário de ponta de R\$ 192.617,47 e custo anual evitado devido à energia evitada de R\$ 762.193,98. Portanto a inserção da minigeração fotovoltaica de 711 kWp e ações de EESI na UC proporcionariam ao setor elétrico o benefício anual (custos evitados) de R\$ 954.811,45.

A Fig. 9 apresenta a evolução mensal da energia economizada pela geração solar FV aliada as ações de EESI e as respectivas emissões de CO₂ evitadas pelo setor elétrico.

Figura 9 - Evolução mensal da energia economizada e das emissões de CO₂ evitadas pelo setor elétrico

A inserção de geração solar FV aliada a ações de EESI proporcionariam redução anual de emissões de aproximadamente 784,09 tCO₂equivalente.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um método para avaliar, sob a ótica da sociedade, os benefícios proporcionados por ações de eficiência energética e pela inserção de minigeração fotovoltaica à edificação.

Apesar de o método desenvolvido apresentar caráter geral, este trabalho focou na avaliação dos benefícios que seriam proporcionados à sociedade por ações de eficiência energética em sistemas de iluminação e pela inserção da minigeração fotovoltaica na UC CDS Piscinas da UFSC, localizada em Florianópolis-SC (27° S, 48,5° L).

Sob a ótica do setor elétrico, os resultados mostraram que o sistema FV projetado (711 kWp, 908 MWh) proporcionaria economia de energia (EE) de 908 MWh e redução da potência no horário de ponta (RPP) = 0 e as ações de EESI proporcionariam RPP de 307,2 kW e EE de 818,1 MWh.

O custo anual evitado devido à energia economizada pela inserção do sistema de minigeração FV (711 kWp, 908 MWh) seria de R\$ 400.945,56 e os custos evitados devido à ações de EESI na UC implicariam em custo anual evitado devido à potência evitada de aproximadamente R\$ 192.617,47 e custo anual evitado devido à energia economizada de R\$ 361.248,42. A substituição das lâmpadas fluorescentes dos sistemas de iluminação interna da UC CDS Piscinas da UFSC (sistema atual) por lâmpadas de LED (sistema proposto) proporcionaria ao setor elétrico um custo evitado anual de R\$ 553.865,89.

O custo anual total evitado que seria proporcionado por ações de eficiência energética em sistemas de iluminação e pela inserção da minigeração fotovoltaica na UC CDS Piscinas da UFSC, seria de aproximadamente R\$ 954.811,45. Adicionalmente, a inserção de geração FV e as ações de EESI proporcionariam que 784,09 tCO₂equivalente deixassem de ser lançados na atmosfera (equivaleria ao plantio de aproximadamente 3400 árvores).

Uma forma de aumentar ainda mais os benefícios à sociedade seria a implementação de programas de uso racional da energia elétrica nas UCs, principalmente em *campi* universitários.

5 REFERÊNCIAS

- ANEEL, RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA nº 2921, 2021
- ALSHUWAIKHAT, H.M., ABUBAKAR, I., 2008. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices, *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, pp.17771785.
- BNEF, 4Q 2017 Global PV Market Outlook – Booming again. Bloomberg New Energy Finance, 2017.
- COULSON, K.L. Solar and Terrestrial Radiation. Academic, San Francisco, 1975.
- CUSTÓDIO, I., P. 2016. UFSC Solar: ensaios de energia fotovoltaica integrada à arquitetura. TCC, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.
- DOE, Photovoltaics, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, 2015.
- DPAE, 2017.
- Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia. Mapas da localização das faturas de energia elétrica. Disponível em: <http://dpae.seoma.ufsc.br/mapas/>
- EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2010. PORTAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS (PER). Disponível em: <http://www.eficiencia-energetica.com/index.html>
- ENGIE, 2017. Bônus Eficiente – Linha Fotovoltaica (EE032/2016). Disponível em: <http://site.celesc.com.br/pecelesc/index.php/2013-06-17-19-13-35/pesquisa-por-municipio/181-bonus-eficiente-linhafotovoltaica>
- KALKAN, N., BERCIN, K., CANGUL, O., MORALES, M.G., SALEEM, M.M.K.M., MARJI, I. METAXA, A., TSIGKOGIANNI, E., 2011. A renewable energy solution for Highfield Campus of University of Southampton, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.15, pp. 2940-2959.
- KOLOKOTSA, D., GOBAKIS, K., PAPANTONIOU, S., GEORGATOU, C., KAMPHELIS, N., KALAITZAKIS, K., VASILAKOPOULOU, K., SANTAMOURIS, M., 2016. Development of a web based energy management system for University Campuses: The CAMP-IT platform. *Energy and Buildings*, vol. 123, pp. 119-135.
- NASPOLINI, H.F., BOING NETO, J., PINTO, G.X.A., RÜTHER, R., 2016, Estimativa da produção energética e de desempenho de um sistema fotovoltaico integrado ao complexo aquático da Universidade Federal de Santa Catarina. VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte.
- NASPOLINI, H.F., CAMARGO, C.C.B., ZACCHI, D.R.P., GARBELOTTO, L.A., GOLFETTO, R.M., 2007. Eficiência energética em estabelecimentos escolares: Escola + Clara, II Congresso Brasileiro de Energia Solar, Vitória.
- NASA. Surface meteorology and Solar Energy Release Data Set. Disponível em: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse> Acesso em: 09/11/19.
- PINTO, G.X.A., NASPOLINI, H.F., RÜTHER, R., 2016, Impactos sobre a demanda e contribuição energética da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica. VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte.
- Programa de Eficiência Energética, ANEEL. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programaeficienciaenergetica> 61
- PV MAGAZINE. 2017. PV Magazine. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2017/08/07/chinainstalled-24-4-gw-ofsolar-in-first-halfof-2017-shows-official-nea-data>
- RÜTHER, R., ZILLES, R., 2011. Making the case for gridconnected photovoltaics in Brazil, *Energy Policy*, vol. 39, pp. 1027- 1030.
- SHRIMALI, G., TRIVEDI, S., SRINIVASAN, S., GOEL, S., NELSON, D., 2016. Cost-effective policies for reaching India's, 2022, renewable targets, *Renewable Energy*, vol. 93, pp. 255-268.
- WORLD ENERGY COUNCIL, 2016. World Energy Scenarios, ISBN: 978 0 946121 57 1. Disponível em: www.worldenergy.org

ZHAI, P., 2013. Analyzing solar energy policies using a three-tier model: a case study of photovoltaic adoption in Arizona, United States, *Renewable Energy*, vol. 57, pp. 317-322.

**BENEFITS TO SOCIETY PROVIDED BY ENERGY EFFICIENCY ACTIONS IN LIGHTING SYSTEMS
LIGHTING SYSTEMS AND BY THE AGGREGATION OF PHOTOVOLTAIC MINI-GENERATION TO
BUILDING**

Abstract: This work aims to develop a method to evaluate, from the perspective of society, the benefits provided by the insertion of photovoltaic mini-generation and by energy efficiency actions in lighting systems (EESI) in buildings. For a consumer unit (UC) owned by the Federal University of Santa Catarina (UFSC), powered at medium voltage, located on the Trindade Campus of the UFSC, in addition to energy efficiency measures in lighting systems, a 711 kWp mini solar PV system was designed. In the analyzed period, the results showed that the projected PV system would generate annually approximately 908 MWh, equivalent to approximately 54% of the annual electricity consumption of the UC during offpeak hours. An energy efficiency project for lighting systems in the buildings integrating the UC was carried out. The results showed that the replacement of fluorescent lamps (current system) with LED lamps (proposed system) would provide a reduction in demand at peak hour RRP of 307.2 (kW), annual electricity savings of approximately 818.1 MWh, annual cost avoided by the electrical system due to the RRP of R\$ 192,617.47 and annual cost avoided due to the energy saved of R\$ 361,248.42. The replacement of the lamps of the internal lighting systems of the buildings integrating the UC CDS Piscinas of UFSC (current system) by LED lamps (proposed system) would provide the electrical sector with an annual benefit of R\$ 553,865.89. The total annual avoided cost that would be provided by energy efficiency actions in lighting systems and by the insertion of photovoltaic generation at UC CDS Piscinas da UFSC would be approximately R\$ 954,811.45. Additionally, through the insertion of PV generation in the UC and the EESI actions in the buildings belonging to it, approximately 784.09 tCO₂ equivalent would no longer be released into the atmosphere (equivalent to the planting of approximately 3,400 trees).

Keywords: Photovoltaic Energy. Energy Efficiency. CO₂ Avoided