

# CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE EM UMA EDIFICAÇÃO DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

**Yan dos Santos Silva** (UFPA) - yansansilva@gmail.com

**José Amancio Rodrigues Neto** (UFPA) - jose.amancio@itec.ufpa.br

**Luana Oliveira de Albuquerque** (UFPA) - luanaalbuquerque.loa@gmail.com

**Heliana Maria Aguilar** (ufpa) - aguilar@ufpa.br

**Wilson Negrão Macêdo** (GEDAE-UFPA) - wnmacedo@ufpa.br

**Marcos André Barros Galhardo** (GEDAE/UFPA) - marcos.galhardo@gmail.com

## **Resumo:**

*Este trabalho apresenta uma avaliação da contribuição de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR) de baixa tensão para redução do consumo de energia da concessionária local no prédio do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE), localizado no Campus Guamá da Universidade Federal do Pará (UFPA). Tal avaliação é realizada para 11 geradores fotovoltaicos implantados na área de testes da edificação do GEDAE, totalizando 17,16 kWp de potência instalada. A contribuição energética dos sistemas é obtida com base no balanço entre os dados obtidos por um sistema de aquisição de dados de consumo do prédio e os dados de produção de energia ativa no lado c.a. dos inversores do sistema. Também com base em dados extraídos de uma estação meteorológica (irradiância solar e temperatura ambiente), utilizam-se modelos matemáticos para a estimativa de parâmetros operacionais dos sistemas fotovoltaicos, tais como temperatura de célula fotovoltaica, ponto de máxima potência e perdas no processo de conversão c.c.-c.a. Por fim, apresenta-se a avaliação da contribuição dos SFCR no período de 2015 a 2018, verificando-se uma contribuição maior que 50% da demanda da edificação ao considerar-se os meses com alto e baixo valores de irradiação solar.*

**Palavras-chave:** *Geração Distribuída, Monitoramento, Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede.*

**Área temática:** *Conversão Fotovoltaica*

**Subárea temática:** *Controle e monitoramento de sistemas fotovoltaicos*

# CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE EM UMA EDIFICAÇÃO DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

**Yan dos Santos Silva** – yansansilva@gmail.com

**José Amancio Rodrigues Neto** – jose.amancio@itec.ufpa.br

**Luana Oliveira de Albuquerque** – luanaalbuquerque.loa@gmail.com

**Heliana Maria Ceballos Aguilar** – aguilar@ufpa.br

**Wilson Negrão Macêdo** – wnmacedo@ufpa.br

**Marcos André Barros Galhardo** – galhardo@ufpa.br

Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas, Faculdade de Engenharias Elétrica e Biomédica, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará

**Resumo.** Este trabalho apresenta uma avaliação da contribuição de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR) de baixa tensão para redução do consumo de energia da concessionária local no prédio do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE), localizado no Campus Guamá da Universidade Federal do Pará (UFPA). Tal avaliação é realizada para 11 geradores fotovoltaicos implantados na área de testes da edificação do GEDAE, totalizando 17,16 kWp de potência instalada. A contribuição energética dos sistemas é obtida com base no balanço entre os dados obtidos por um sistema de aquisição de dados de consumo do prédio e os dados de produção de energia ativa no lado c.a. dos inversores do sistema. Também com base em dados extraídos de uma estação meteorológica (irradiância solar e temperatura ambiente), utilizam-se modelos matemáticos para a estimativa de parâmetros operacionais dos sistemas fotovoltaicos, tais como temperatura de célula fotovoltaica, ponto de máxima potência e perdas no processo de conversão c.c.-c.a. Por fim, apresenta-se a avaliação da contribuição dos SFCR no período de 2015 a 2018, verificando-se uma contribuição maior que 50% da demanda da edificação ao considerar-se os meses com alto e baixo valores de irradiância solar.

**Palavras-chave:** Geração Distribuída, Monitoramento, Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o cenário atual de mudanças climáticas estão sendo amplamente difundidas as fontes de energia renováveis. Dentre elas pode-se destacar o aproveitamento da energia proveniente de sol, principalmente, por meio de sistemas fotovoltaicos, podendo ser isolados ou conectados à rede elétrica convencional. Em geral, para a utilização de tais sistemas, não é necessária a criação de novos espaços para a instalação de seus componentes em uma edificação, podendo ser aplicados em coberturas e/ou fachadas, atuando como elemento de sombreamento, por exemplo, além de proporcionar um diferencial da estrutura arquitetônica (Pinho e Galdino, 2014).

A Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2012) estabelece, no Brasil, as condições gerais de acesso a microgeração (sistemas de produção de energia elétrica com potência instalada inferior ou igual a 75 kW) e minigeração (sistemas de produção de energia elétrica com potência instalada superior a 75 kW e inferior ou igual a 5 MW) aos sistemas de distribuição e compensação de energia elétrica. Segundo ANEEL (2019), atualmente estão instalados 133.421 empreendimentos fotovoltaicos conectados à rede elétrica do tipo mini ou microgeração distribuída, com 1,696 GW de potência instalada. A Fig. 1 apresenta a evolução da potência instalada advinda de sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

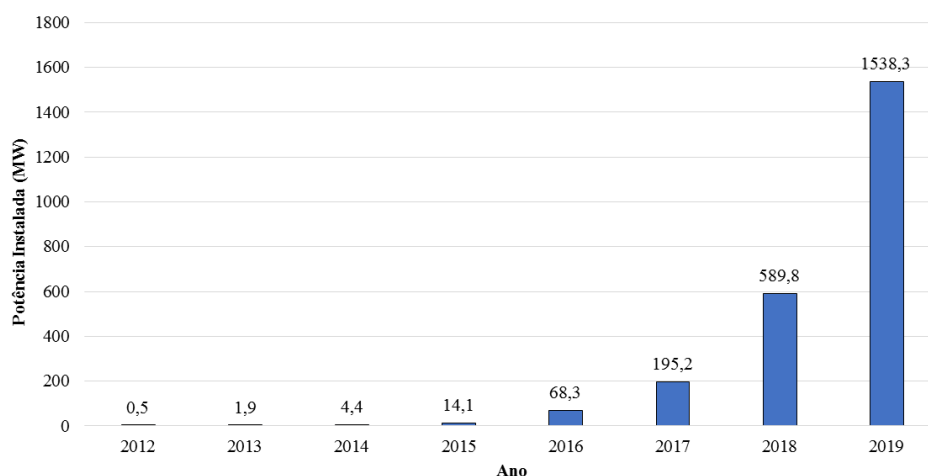


Figura 1 - Potência instalada de sistemas fotovoltaicos conectados à rede ao longo de 2012 a 2019.

No âmbito da pesquisa e desenvolvimento de projetos relacionados às fontes renováveis e sistemas interligados à rede, em dezembro de 2007, o Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) concluiu a instalação do primeiro sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (SFCR) e integrado à edificação implantado na Região Amazônica. Composto por 21 módulos de silício cristalino da Siemens, modelo SP75, e um inversor da Enertron, modelo Solete 2500 (Zilles *et al.*, 2012). Atualmente este sistema encontra-se inativo, porém, outros sistemas, constituídos de variadas tecnologias de módulos (m-Si, p-Si, a-Si, entre outros) e inversores (*grid-tie*, microinversores, bidirecionais, etc.) estão instalados no laboratório para estudos diversos. O laboratório do GEDAE está localizado em Belém-Pará na Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto, Universidade Federal do Pará (UFPA), ocupando uma de área de, aproximadamente, 1,2 ha (Portal Gedae, 2018).

O presente trabalho visa avaliar a redução do consumo de energia elétrica da edificação do GEDAE, por meio da contribuição de SFCR que totalizam 17,16 kWp de capacidade instalada, localizados da área de testes do laboratório.

## 2. SFCR MONITORADOS

Atualmente, o GEDAE possui 11 SFCR em funcionamento e atendem parte da demanda da edificação. Os sistemas monitorados são compostos por módulos fotovoltaicos em *string*, inversores dos fabricantes Fronius (S4), PHB (S1), SMA (S2, S3, S5, S6 e S7), SolarEdge (C1), Xantrex (S8) e microinversores do fabricante Enphase (M1 e M2), bem como medidores eletrônicos de energia do fabricante MECAF/Diebold Procomp. A composição e designação dos SFCR junto as suas conexões com os quadros parciais de distribuição de sistemas fotovoltaicos (QPFV) e quadro geral de baixa tensão (QGBT) estão representadas conforme ilustra a Fig. 2.

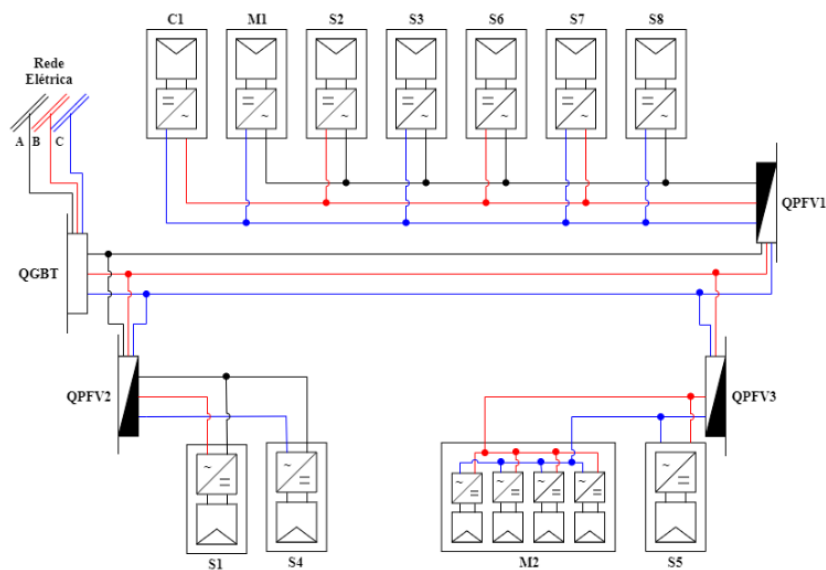


Figura 2 - Diagrama de conexões dos SFCR monitorados.

## 2.1 Características básicas dos principais componentes dos sistemas

Nesta subseção são apresentadas as tecnologias e parâmetros elétricos dos diferentes módulos fotovoltaicos e equipamentos de conversão c.c./c.a. utilizados, além da capacidade instalada de cada um dos sistemas.

**Módulos fotovoltaicos.** Na Tab. 1 expõem-se as tecnologias presentes na composição dos módulos fotovoltaicos em cada um dos 11 *SFCR* monitorados, descrevendo a marca, o modelo e as características principais destes. A Tab. 2 apresenta a quantidade de módulos, a associação do arranjo fotovoltaico e a capacidade instalada destes *SFCR*.

Tabela 1 - Descrição dos módulos fotovoltaicos que compõem cada sistema.

Sistema (s)	Equipamento	Marca / Modelo	Características			
			$P_{mp}$ (W)	$V_{mp}$ (V)	$I_{mp}$ (A)	$\eta$ (%)
<i>C1</i>	Módulo Fotovoltaico Si-p	JA SOLAR / JAP6-60-265/3BB	265	30,96	8,56	16,21
<i>M1</i>	Módulo Fotovoltaico Si-m	Aleo Solar / ALEO S19G245	245	30,1	8,13	14,9
<i>M2, S6 e S7</i>	Módulo Fotovoltaico Si-p	KYOCERA / KD250GH-4FB2	250	29,8	8,39	15,1
<i>S1</i>	Módulo Fotovoltaico Si-p	SolarWorld / SW245	245	30,8	7,96	14,6
<i>S2 e S4</i>	Módulo Fotovoltaico Si-p	YINGLI SOLAR / YL245P-29b	245	30,2	8,11	15
<i>S3</i>	Módulo Fotovoltaico Si-a	DuPont Apollo / DA121-C1	121	120,6	0,99	7,7
<i>S4</i>	Módulo Fotovoltaico Si-m	Aleo Solar / ALEO S19-240	240	30,8	7,8	14,6
<i>S5</i>	Módulo Fotovoltaico Si-a	SunLab Power / ASI100	100	17,5	5,71	7
<i>S8</i>	Módulo Fotovoltaico Si-p	KYOCERA / KC120-1	120	16,9	7,1	>14
	Módulo Fotovoltaico Si-m	AstroPower / AP120	120	16,9	7,1	-

Tabela 2 - Capacidade instalada dos *SFCR*.

Sistema	Quantidade de módulos	Associação do arranjo fotovoltaico	$V_{oc}$ (V)	$I_{sc}$ (A)	Capacidade instalada (kWp)
<i>C1</i>	12	Série	457,68	9,1	3,18
<i>M1</i>	1	-	37,4	8,6	0,245
<i>M2*</i>	4	-	36,9	9,09	1
<i>S1</i>	10	Série	375	8,49	2,45
<i>S2</i>	6	Série	226,8	8,63	1,47
<i>S3</i>	10	5 strings com 2 módulos em série	293,2	6	1,21
<i>S4</i>	8	Série	296,1	8,47	1,925
<i>S5</i>	10	Série	238	6,79	1
<i>S6 e S7</i>	6	Série	221,4	9,09	1,5
<i>S8**</i>	14	Série	294	7,45	1,68
TOTAL	81	-	-	-	17,16

\* O sistema *M2* possui 4 subgeradores com um módulo para cada microinversor, as saídas dos microinversores estão conectadas em paralelo.

\*\* Inicialmente, o sistema *S8* continha duas *strings* com 14 módulos em série, totalizando 3,36 kWp instalado.

**Equipamentos de conversão c.c.-c.a.** Na Tab. 3 constam os inversores e microinversores empregados para conexão à rede de distribuição de energia elétrica que atende a edificação, descrevendo-se a marca, o modelo e as características principais destes.

Tabela 3 - Descrição dos inversores e microinversores que compõem cada sistema.

Sistema (s)	Equipamento	Marca / Modelo	Características							
			$P_{FV}$ (kW)	$V_{MPPT}$ (V)	$I_{mp}$ (A)	$P_{nom}$ (W)	$V_{nom}$ (V)	Faixa de tensão c.a. (V)	$I_{nom}$ (A)	$\eta_{MPPT}$ (%)
C1	Inversor	SolarEdge / SE2200	2,75	270-500	8,5	2,2	220	184-264,5	12	97,6
M1 e M2	Microinversor	Enphase / M215-60-2LL-S22-IG	0,270	22-36	10,2	0,215	240	211-264	0,9	99,4
S1	Inversor	PHB / PHB-3000-SS	3,2	125-450	18	3	220	176-242	15	99,5
S2, S3, S5, S6 e S7	Inversor	SMA / Sunny Boy 1200U	1,32	100-320	12,6	1,2	220	180-265	5,2	90,9
S4	Inversor	Fronius / FRONIUS GALVO 1.5-1	3	120-335	13,3	1,5	230	184-269	6,5	99,9
S8	Inversor	Xantrex / GT2.8-NA-240/208 UL-05	3,7	195-550	15,4	2,8	240	212-263	11,7	95

### 3. MONITORAMENTO

O monitoramento da contribuição energética dos *SFCR* é realizado por meio de três tipos de ferramentas para medição: medidores eletrônicos de energia, do fabricante MECAF/Diebold Procomp, modelo SMT 1510 (*S1*, *S2*, *S3*, *S4*, *M1* e *M2*), *display* dos inversores (*S5*, *S6*, *S7* e *S8*); e *datalogger* (*C1*).

Quanto ao monitoramento dos dados meteorológicos, os parâmetros irradiância solar e temperatura ambiente foram obtidos por meio de uma estação meteorológica do fabricante ONSET, modelo HOBO 30U, a qual se encontra instalada na área externa do laboratório do GEDAE, proporcionando a obtenção dos dados meteorológicos mais próximos da realidade na qual estão posicionados os *SFCR* monitorados.



Figura 3 - Estação meteorológica da edificação.

### 4. MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS NA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DOS *SFCR*

Nesta seção apresentam-se os modelos matemáticos utilizados para estimar a produção dos sistemas fotovoltaicos monitorados.

**Temperatura de célula ( $T_c$ ).** De posse dos dados de temperatura ambiente e irradiância global extraídos da estação meteorológica, pode-se estimar a temperatura de operação da célula fotovoltaica pela Eq. (1). Conforme Macêdo (2006), no que diz respeito à determinação da temperatura das células, esta equação proporciona um bom compromisso entre facilidade de utilização e precisão.

$$T_c = T_a + H_{t,\beta} \cdot \left[ \frac{TNOC - 20}{800} \right] \cdot 0,9 \quad (1)$$

Onde,  $T_c$  é a temperatura de operação da célula fotovoltaica;  $T_a$  é a temperatura ambiente;  $TNOC$  é a temperatura nominal de operação da célula fotovoltaica e  $H_{t,\beta}$  é a irradiância incidente no plano do gerador.

**Ponto de máxima potência ( $P_{mp}$ ).** De posse dos valores de temperatura de célula e irradiância no plano do gerador, calcula-se o ponto de máxima potência do gerador fotovoltaico, conforme expresso por Martín (1998) e Gergaud (2002) a partir da Eq. (2).

$$P_{mp} = P_{FV}^0 \cdot \frac{H_{t,\beta}}{H_{ref}} \cdot [1 - \gamma_{mp}(T_c - T_{c,ref})] \quad (2)$$

Onde,  $P_{mp}$  é a potência máxima na condição medida;  $P_{FV}^0$  é a potência nominal do gerador fotovoltaico;  $H_{ref}$  é a irradiância de referência (1.000 W/m<sup>2</sup>);  $\gamma_{mp}$  é o coeficiente que relaciona a variação da potência no ponto de máxima potência com a temperatura;  $T_c$  é a temperatura equivalente de operação das células e  $T_{c,ref}$  é a temperatura nas condições de referência, neste caso, as condições padrões de testes (1.000 W/m<sup>2</sup>, 25 °C e AM = 1,5).

**Potência de saída ( $p_{saída}$ ).** De posse do valor de  $P_{FV}$ , a potência de saída do inversor pode ser obtida por meio da Eq. (3).

$$k_0 - p_{FV} + (1 + k_1)p_{saída} + k_2p_{saída}^2 = 0 \quad (3)$$

Sendo, o parâmetro  $k_0$  o fator relacionado ao autoconsumo do dispositivo e não depende da potência de saída; os  $k_1$  e  $k_2$  são referentes às perdas por carregamento do inversor. Conforme Martín (1998), estes parâmetros são calculados a partir da obtenção da eficiência do inversor para três níveis de carregamento: 10%, 50% e 100% da potência nominal de saída do inversor.

Os dados de eficiência para os diferentes níveis de carregamentos utilizados no cálculo dos coeficientes de perdas foram extraídos da lista de dados técnicos de inversores criada pela *Go Solar California* (2018). No entanto, para os sistemas S1 e C1, os quais não estavam listados, os valores das eficiências foram coletados a partir de testes realizados durante o estudo de Teles (2017).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de avaliar a contribuição dos *SFCR* implantados no prédio do GEDAE e em operação no período de 2015 a 2018, coletaram-se os dados de demanda e consumo da edificação por meio de um sistema de monitoração que emprega medidores multigrandezas elétricas (Manito, 2012). Desta forma, compôs-se uma curva de carga representativa de um dia típico de ocupação da edificação, para isto considerou-se o funcionamento de uma instituição de ensino e pesquisa, ou seja, a maior parte do consumo elétrico ocorre nos dias úteis, de segunda a sexta-feira, entre 07h00 e 20h00 e todos os feriados considerados para esta análise estão baseados no calendário de feriados local. De posse dos parâmetros tratados, apresentam-se os resultados da avaliação da demanda e consumo de energia da edificação e contribuição energética dos *SFCR*.

### 5.1 Perfil de consumo da edificação e irradiação solar média

Para a análise do consumo da edificação, Aguilar (2018) ressalta uma série de Medidas de Conservação de Energia (MCE) adotadas com a finalidade de minimizar o consumo de energia elétrica da edificação do GEDAE, desde os aspectos construtivos do prédio, o qual se beneficia da iluminação natural possibilitando, temporariamente, a redução da necessidade do consumo de iluminação artificial até por volta das 17h00, como também a implementação de geradores fotovoltaicos, os quais contribuem com a produção de energia elétrica para a edificação, visando o atendimento de parte da demanda local.

Na Fig. 4 são apresentados dois dos perfis de consumo obtidos para um dia típico na edificação, representando os meses de agosto e fevereiro, nos quais se tem o maior e menor índice de irradiação solar recebida no plano dos geradores fotovoltaicos, respectivamente, conforme pode ser visto na Fig. 5.

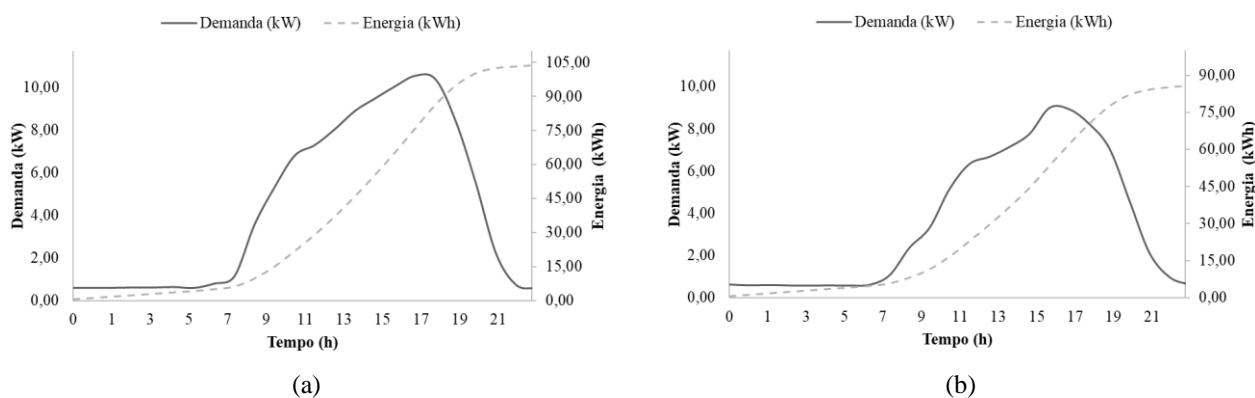


Figura 4 - Curva de carga e perfil de consumo de energia elétrica em um dia típico no período de 2015 a 2018 para os meses de (a) agosto e (b) fevereiro.

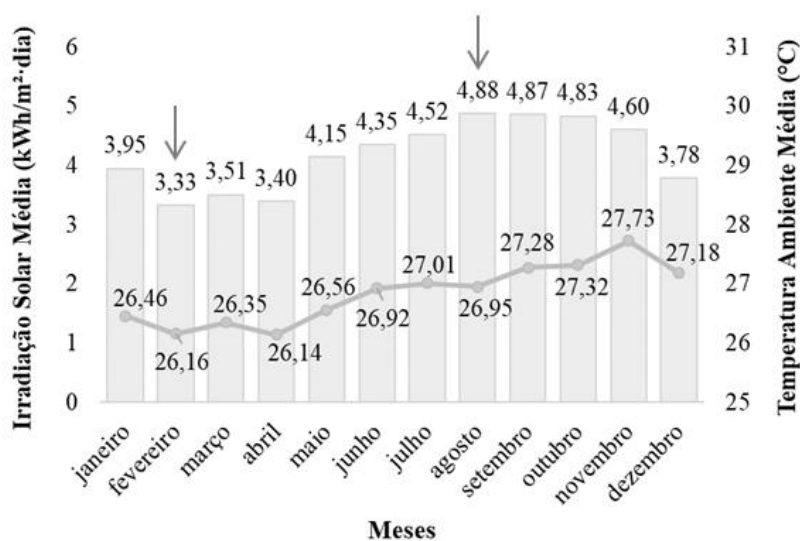


Figura 5 - Irradiação solar média diária e temperatura ambiente média diária, para o período de monitoração de 2015 a 2018.

Observa-se que o consumo em um dia típico de fevereiro e agosto são, respectivamente, 85,93 kWh e 103,87 kWh e que nestes meses as irradiações solares obtidas em média foram, respectivamente, 3,33 kWh/m<sup>2</sup> e 4,88 kWh/m<sup>2</sup>. Estes meses foram selecionados para avaliar a contribuição dos SFCCR por apresentarem os valores mínimo e máximo da irradiação solar média diária.

## 5.2 Produção de energia elétrica pelos SFCCR

Os dados de produção diária de energia elétrica dos SFCCR para os meses de agosto e fevereiro foram obtidos por meio dos modelos matemáticos e podem ser vistos na Fig. 6, correspondendo aos dias típicos no período de 2015 a 2016. Na Fig. 7, apresenta-se a curva de carga típica da edificação com a sobreposição da potência ativa produzida pelos onze geradores fotovoltaicos monitorados, bem como o balanço entre consumo e produção fotovoltaica.

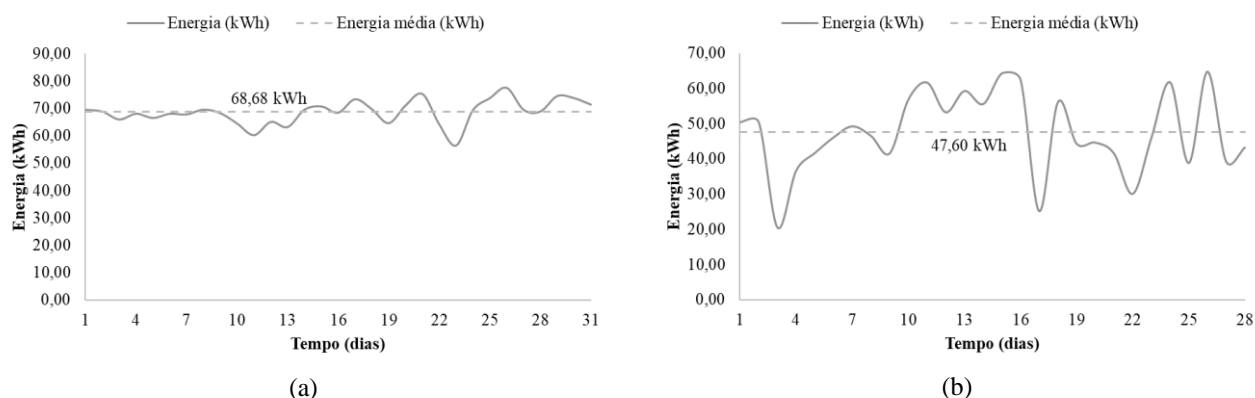


Figura 6 - Perfil de produção de energia total dos *SFCR* no período de 2015 a 2018 para os meses de (a) agosto e (b) fevereiro.

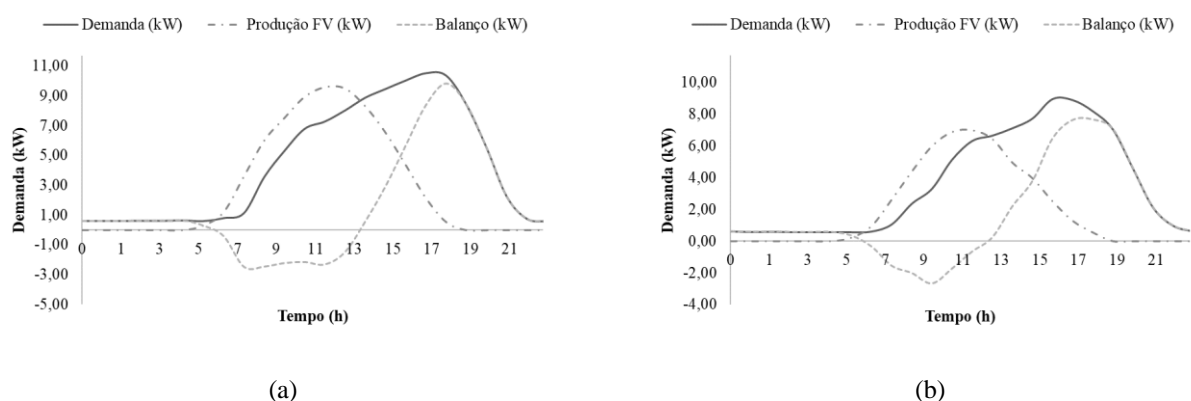


Figura 7 - Curva de carga típica, produção fotovoltaica e balanço de potência no período de 2015 a 2018 para os meses de (a) agosto e (b) fevereiro.

Os *SFCR* produziram, nos meses de melhor e pior valores médios mensais de irradiação solar, 68,68 kWh e 47,6 kWh por dia, respectivamente. Logo, considerando-se o consumo de energia elétrica nos dias típicos para os meses tratados, os *SFCR* conseguem suprir aproximadamente 66% do consumo diário para o mês de agosto e 55% para o mês de fevereiro.

Nota-se uma maior variabilidade na produção de energia no mês de fevereiro, conforme a Fig. 6, devido ao fato das condições meteorológicas da região, durante este período, serem marcadas por uma maior quantidade de chuva, de tal modo que os geradores fotovoltaicos recebem somente a componente difusa de irradiação.

Percebe-se também que, para ambas as situações, durante o período da manhã (das 06h00 às 12h00), a produção dos *SFCR* é maior que o consumo, isto está atrelado ao fato de que a quantidade de usuários no recinto pelo turno da manhã é inferior a quantidade de usuários pelo período da tarde, além de que devido, também à forma como a edificação foi projetada pensando no aproveitamento da iluminação e utilização de materiais construtivos adequados ao clima local, tornando não obrigatório o uso das lâmpadas durante um longo período do dia e reduzindo a carga térmica nos ambientes (Aguilar, 2018). Por este motivo, devido à demanda de potência ser inferior durante o período da manhã, o excedente de energia ativa é cedido à rede de distribuição para atender outros pontos de consumo dentro da UFPA.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o cenário de busca por fontes alternativas para produção de energia elétrica visando menores impactos ao meio ambiente, este artigo enfatiza a utilização de energia solar fotovoltaica para o atendimento de parte da demanda de uma edificação inserida no meio acadêmico.

Com base no período avaliado de 2015 a 2018, utilizando-se dados do monitoramento de consumo e demanda da edificação, irradiação solar média e contribuição dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede de baixa tensão, os *SFCR* atendem parte da demanda do prédio do GEDAE e suprem mais de 50% da demanda requerida pela edificação.

Infere-se que o consumo da edificação assume valores na ordem de 2.405 kWh e 3.219 kWh, durante os meses completos de fevereiro e agosto, respectivamente, sem a utilização da compensação dos *SFCR*. No entanto, como a edificação dispõe-se de geradores fotovoltaicos instalados, vê-se uma redução para 1.073 kWh e 1.090 kWh, nos respectivos meses, o que ressalta a importância de se adotar fontes alternativas, como a solar fotovoltaica, para

compensação de energia, pois além de se tratar de uma fonte com baixo impacto ambiental, ainda auxilia na redução do consumo de energia elétrica de uma edificação.

## REFERÊNCIAS

- Aguilar, H. M. C., 2018. Projeto de uma Edificação Energeticamente Autônoma e Eficiente para uso como Laboratório de Energias Renováveis e de Eficiência Energética, Tese de Doutorado, UFPA, Belém.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Brasília - DF.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2019. Geração Distribuída. API Power Bi. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjViLTl1MjItN2E5MzBkN2ZlMzVkIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiJ9>>. Acesso: 10 de nov.
- Gergaud, O.; Multon, B.; Ahmed, H. B., 2002. Analysis and Experimental Validation of Various Photovoltaic System Models, 7<sup>th</sup> International ELECTRIMACS Congress, Montréal.
- Go Solar California. Grid Support Inverters List – Full Data. Disponível em: <<https://www.gosolarcalifornia.org/equipment/inverters.php>>. Acesso: 16 mai. 2018.
- Macêdo, W. N., 2006. Análise do Fator de Dimensionamento do Inversor Aplicado a Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, Tese de Doutorado, USP, São Paulo.
- Manito, A. R. A., 2012. Desenvolvimento e implantação de um sistema para monitoração do desempenho energético de edificações, Dissertação de Mestrado, UFPA, Pará.
- Martín, E. C., 1998. Edificios Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica: Caracterización e Análisis, Tese de Doutorado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Pinho, J. T., Galdino, M. A., 2014. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CEPTEL – CRESESB.
- Portal GEDAE. Edificações. Disponível em: <<http://www.gedae.ufpa.br/index.php/edificacao>>. Acesso em: 30 out. 2018.
- Teles, M., 2017. Avaliação Operacionais das Diferentes Arquiteturas de Interligação de Geradores Fotovoltaicos à Rede Elétrica. Dissertação de Mestrado, UFPA, Belém.
- Zilles, R.; Macêdo, W. N.; Galhardo, M. A. B.; Oliveira; S. H. F., 2012. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica, Oficina de Textos.

## EVALUATION OF GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS CONTRIBUTION FOR ELECTRIC ENERGY'S CONSUME REDUCTION DEMANDED BY A BUILDING

**Abstract.** *This paper presents an evaluation of low voltage electric Grid-Connected Photovoltaic Systems for electric energy's consume reduction in the building belonged to Energies Alternatives Studies and Development Group (GEDAE) in The Federal University of the State of Pará (UFPA). Such evaluation was accomplished considering 11 (eleven) photovoltaic generators installed on the test field belonged to GEDAE's building, totaling 17.16 kWp. The energy contribution of the systems is obtained based on the balance between the data obtained by a building consumption data acquisition system and the active energy production data on side c.a. of the system inverters. Also based on data extracted from a weather station (solar irradiance and ambient temperature), mathematical models are used to estimate the operating parameters of photovoltaic systems, such as photovoltaic cell temperature, maximum power point and conversion process losses. cc-ca Finally, we present the evaluation of the contribution of the SFCR in the period from 2015 to 2018, which were verified contributions over 50% of the demand of the building when considering the months with high and low values of solar irradiation.*

**Key words:** *Distributed Generation, Monitoring, Grid connection Photovoltaic Systems.*