XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE TÉCNICA DA INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM EDIFICAÇÕES DA UFMS [1]

PEREIRA, Priscila Martins Mateus de Oliveira (1); NETO, Luiz Pereira da Silva (2); SORGATO, Marcio José (3)

(1) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, priscila.mateus.pereira@gmail.com
(2) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, co.luizpereira@gmail.com
(3) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, marcio.sorgato@gmail.com

RESUMO

Devido ao alto consumo de energia, as edificações têm se tornado alvo de estudos que buscam alternativas para a geração de energia capaz de suprir o consumo local, mitigando também o elevado gasto com energia, especialmente em universidades públicas brasileiras. O objetivo desse trabalho foi verificar tecnicamente os sistemas fotovoltaicos integrados nas coberturas das edificações do Setor 3 da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Foram consideradas diferentes tecnologias de módulos (silício policristalino e telureto de cádmio) com carregamentos em torno de 100% e 120%. As simulações de geração e desempenho dos sistemas foram feitas no SAM. Os consumos horários foram obtidos por meio da memória de massa fornecida pela Concessionária. Foram encontrados Performance Ratio entre 0,73 e 0,79, yield entre 1.309 e 1.429 kWh/kW e Fator de Capacidade entre 14,9% e 16,3%, com uma tendência de sistemas com maiores carregamentos do inversor apresentar melhor desempenho e com os sistemas de CdTe tendo indicadores melhores que os de c-Si. No ano, os sistemas propostos foram capazes de suprir 82,2% (c-Si) e 82,9% (CdTe) do consumo do Setor. ***2 Mestrado – meio***

Palavras-chave: *integração, sistema fotovoltaico, SAM, universidades*

ABSTRACT

Due to its high consumption of energy, buildings have been attracting studies seeking alternatives for energy generation capable of supplying local consumption and mitigating the high expenditure on energy, especially in Brazilian public universities. The objective of this work was to technically verify the integration of photovoltaic systems in the roofs of buildings in Sector 3 of the Federal University of Mato Grosso do Sul. Different module technologies were considered (polycrystalline silicon and cadmium telluride) with inverter loading ratio around 100% and 120 %. Simulations of generation and system performance were made in SAM. Hourly consumption was obtained using the mass memory provided by the utility. Performance Ratio between 0.73 and 0.79, yield between 1309 and 1429 kWh/kW and Capacity Factor between 14.9% and 16.3% were found, with a tendency for systems with higher inverter loading ratio to present better performance and with CdTe systems having better indicators than c-Si. In the year, the proposed systems were able to supply 82.2% (c-Si) and 82.9% (CdTe) of the Sector's consumption.

---

[1] PEREIRA, Priscila Martins Mateus de Oliveira; NETO, Luiz Pereira da Silva; SORGATO, Marcio José. Análise técnica da integração de sistemas fotovoltaicos em edificações da UFMS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO,18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

Palavras-chave: *integration, photovoltaic system, SAM, universities*

1 INTRODUÇÃO

A alta demanda energética das edificações públicas, os problemas relacionados à geração centralizada de energia e o grande crescimento da geração distribuída no Brasil exigem que as edificações sejam consideradas não somente como consumidoras de energia, mas também como geradoras de energia em potencial (SORGATO; SCHNEIDER; RÜTHER, 2018). Uma maneira eficaz de gerar energia nas edificações é integrando sistemas fotovoltaicos à arquitetura, o que aproxima o centro gerador do consumo, reduzindo as perdas de distribuição e transmissão (ZOMER, 2014).

Moreira e Rodrigues (2018) verificaram a viabilidade técnica para a integração de sistemas fotovoltaicos na cobertura de edificações de uma universidade em Goiânia. Para a simulação foi utilizado o módulo de silício policristalino de 265W e inversores de 12,5kW, 40kW e 50W. O estudo concluiu que com as áreas do telhado foi possível gerar 63% do consumo total da instituição.

Para mitigar o problema dos altos valores nas faturas de energia elétrica, Cleff *et al.* (2018) realizaram um estudo para a integração do sistema fotovoltaico na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas. Foi proposto um sistema de 85,76 kWp e os resultados mostraram que o sistema supre completamente a carga e ainda há excedente.

Alberto e Sorgato (2019) analisaram o potencial de integração de sistemas fotovoltaicos de 1 MWp nas coberturas de edificações da UFMS utilizando o programa *System Advisor Model* (SAM). As simulações resultaram em *Performance Ratio* mínimos de 0,79 e produtividades acima de 1.500 kWh/kWp, com o sistema gerando um terço de todo o consumo do *campus*.

Zomer *et al.* (2017) simularam sistemas fotovoltaicos em operação no Centro de Pesquisa em Energia Solar na UFSC utilizando o *PVSyst* e os resultados mostraram que apenas 15% da energia gerada era suficiente para suprir toda a demanda da edificação, injetando o restante na rede.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica da integração de sistemas fotovoltaicos de diferentes tecnologias nas coberturas de edificações de ensino da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

3 MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas: (1) caracterização dos locais e dos objetos de estudo; (2) análise do perfil de consumo; e (3) análise técnica de integração dos sistemas fotovoltaicos nas edificações e avaliação de parâmetros de desempenho em no setor 3 da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

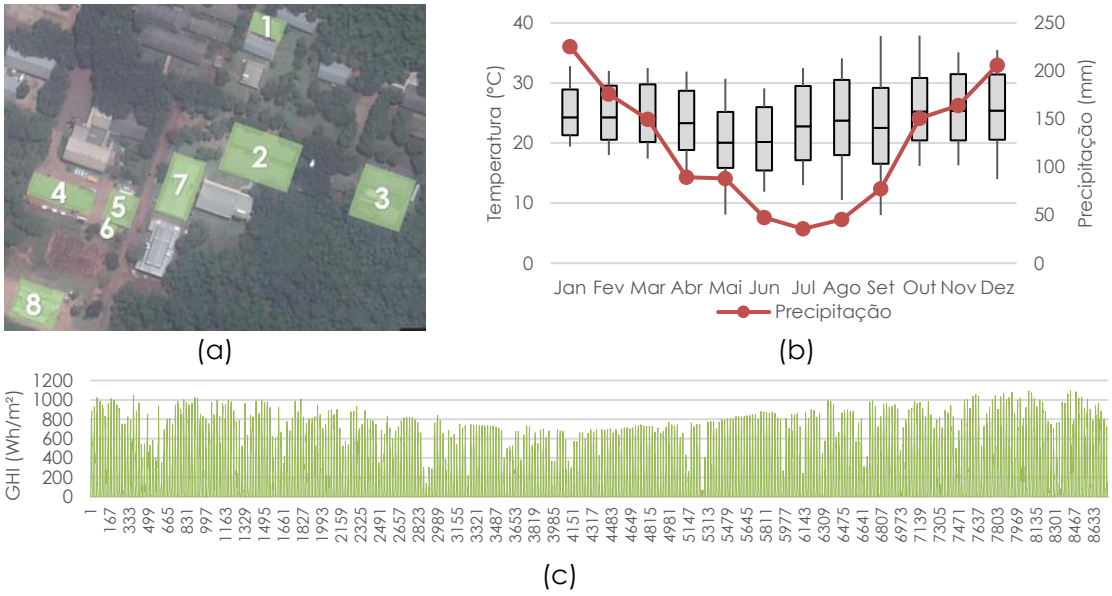
3.1 Caracterização do local e dos objetos de estudo

As edificações estão localizadas na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul (coordenadas geográficas: 20.4697° S, 54.6201° W). O *campus* da UFMS é composto de 4 setores. O objeto de estudo desse trabalho foram edificações do Setor 3. Após

visita *in loco* para definir edificações não sombreadas e de acordo com a disponibilização de projetos para modelagem, foram selecionadas 8 edificações.

A Figura 1(a) apresenta as edificações selecionadas. A Figura 1(b) apresenta o perfil mensal de temperatura e a precipitação acumulada mensal para Campo Grande e a Figura 1(c) os valores horários de irradiação horizontal global.

Figura 1 – (a) Edificações selecionadas (b) Perfil mensal de temperatura e precipitação (b) Valores horários de GHI



Fonte: (a) *GoogleMaps*, (b) e (c) arquivo climático do INMET[2] e INMET (2019)

Maio e junho são os meses mais frios e setembro e outubro os mais quentes. De abril a setembro os valores de precipitação ficam menores ou iguais a 100mm, com valores bem baixos em julho (35,7mm). Os níveis de irradiação em Campo Grande são elevados a maior parte do ano, com mínimas acima de 600 Wh/m² e máximas superiores a 1000 Wh/m².

3.2 Obtenção do consumo energético

Os consumos de energia elétrica do Setor 3 da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul foram obtidos por meio da memória de massa fornecido pela Concessionária de energia. No arquivo recebido, constam os consumos de eletricidade em intervalos de tempo de 15 minutos no período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2019. Os dados foram tratados de forma a obter-se o consumo horário para o período.

3.3 Características da modelagem dos sistemas fotovoltaicos

Para análise do desempenho dos sistemas fotovoltaicos, foram feitas simulações no software SAM (*System Advisory Model*) versão 2020.2.29, desenvolvido pelo NREL. Optou-se pelo modelo detalhado de sistemas fotovoltaicos sem modelo financeiro e modelo de radiação difusa de Perez. O SAM utiliza arquivos climáticos (*TRY* ou *TMY*) para a simulação da geração do sistema fotovoltaico. As simulações utilizaram o arquivo do INMET para a cidade de Campo Grande, MS.

[2] Disponível em https://energyplus.net/weather-location/south_america_wmo_region_3/BRA//BRA_MS_Campo.Grande.Intl.AP.868100_INMET

Foram selecionados módulos de silício policristalino (c-Si) pois essa tecnologia é responsável por 93% da produção mundial (FRAUNHOFER, 2019). Já os módulos de Telureto de Cádmio (CdTe) foram escolhidos por serem promissores para aplicação em climas brasileiros (SORGATO; SCHNEIDER; RÜTHER, 2018). As características dos módulos selecionados constam na Tabela 1.

Tabela 1 – Módulos utilizados na simulação

Tec.	Modelo/Fabricante	$P_{máx}$ (W)	V_{mp} (V)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)	Eficiência (%)	Dimensões (mmxmm)
c-Si	CanadianSolar CS6U-330P	330	37,2	8,88	9,45	16,97	1960x992
CdTe	First Solar 6435A	430	183,6	219,2	2,55	17,54	2000x1232

Os sistemas propostos foram dispostos na inclinação das coberturas das edificações, verificando a compatibilidade entre a área de módulos com as áreas disponíveis por meio da modelagem 3D das edificações. A topologia escolhida para os inversores foi a *multi-string*. Deschamps e Rüther (2019) recomendaram a otimização do sistema fotovoltaico de acordo com o carregamento do inversor (ILR – *Inverter Loading Ratio*). No estudo, foram utilizadas duas taxas de carregamento dos inversores para cada sistema proposto (aproximadamente de 100% e de 120%), para verificar qual deles apresenta melhor desempenho do sistema fotovoltaico. Na Tabela 2 são apresentados os valores considerados para as perdas nas estimativas de geração dos sistemas fotovoltaicos. Os valores foram baseados nos estudos de Alberto e Sorgato (2019), Dolla et al. (2018) e Duarte (2016).

Tabela 2 – Perdas utilizadas na simulação

Diodos e conexões	Fiação		Mismatch	Degradação por exposição	Indisponibilidade do sistema	Transmissão
	CA	CC				
0,5%	2,0%	1,5%	2,0%	3,0%	2,0%	0,1%

Em relação à perda de sujeira nos módulos, optou-se por relacionar com a precipitação mensal para definir os percentuais (valores inversamente proporcionais aos da precipitação): acima de 150mm – 3%; entre 50mm e 150mm – 5%; abaixo de 50mm – 7%. A correspondência está apresentada na Tabela 3. A média anual foi de 4,67%.

Tabela 3 – Correspondência de precipitação e percentual de perda de sujeira

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuva (mm)	225	176	149	89	88	47	35	45	77	151	164	206
% adotado	3	3	5	5	5	7	7	7	5	3	3	3

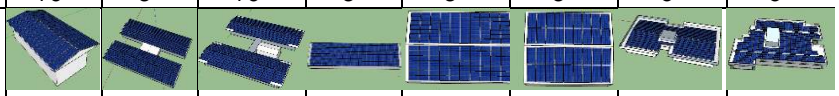
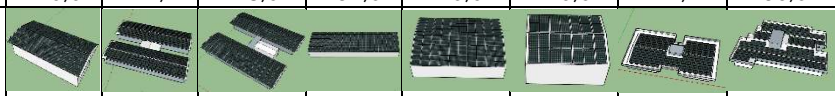
A análise do desempenho de sistemas fotovoltaicos é feita por meio do *Performance Ratio* (PR), do *Yield* e do Fator de Capacidade (FC). O PR mede a qualidade do sistema relacionando o desempenho real com o ideal, ou seja, sem perdas – quanto mais próximo de 1 estiver o valor da PR mais eficaz é o sistema fotovoltaico. O *Yield* é a fração entre a energia elétrica total gerada pelo sistema em um intervalo de tempo e a potência nominal do sistema fotovoltaico (kWh/kWp) (BRAGA et al., 2018; DOLLA et al., 2018; ZOMER, 2014). O FC é a razão entre a energia gerada em determinado intervalo de tempo e sua potencial geração caso estivesse operando com potência máxima no mesmo período (DOLLA et al., 2018). No estudo, foram adotados os três parâmetros ponderados pela potência dos sistemas de cada sistema para calcular o valor médio ponderado para o grupo de edificações.

O balanço energético foi analisado em função do consumo de eletricidade do setor 3 *versus* a geração dos sistemas fotovoltaicos propostos para integração nas edificações. Para esta análise adotou-se o sistema com ILR que apresentou melhor desempenho (maior geração). Essa análise será horária, mensal e anual.

3 RESULTADOS

Na Tabela 4 são apresentadas as características dos sistemas propostos. Os ângulos azimutais das edificações de 1 a 4 são iguais, bem como os de 5 e 6. As inclinações são inferiores a 10°. O maior sistema foi o da edificação 2 (próximo de 200 kWcc) e o menor o da edificação 6 (apenas 12 kWcc).

Tabela 4 – Características dos sistemas projetados

Edificação			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Ângulos azimutais			212°	212°	212°	212°	302°	302°	303°	218°
			32°	32°	32°	32°	122°	122°	123°	38°
Inclinação			10°	5°	10°	5°	5°	5°	6°	6°
c-Si	**Pot$_{CC}$ (kW)**									
			47,6	221,9	129,5	72,6	46,2	11,9	103,7	92,5
	Nº módulos		144	672	392	220	140	36	314	280
	Pot$_{CA}$ (kW)	**ILR~100%**	2x22,7	4x55,5	4x33,3	2x36,0	2x22,7	1x12,0	2x55,5	2x44,4
		ILR~120%	1x40,0	4x44,4	4x28,0	2x32,0	2x20,0	1x10,0	2x44,4	2x36,0
CdTe	**Pot$_{CC}$ (kW)**									
			46,9	198,4	146,2	76,6	52,2	12,2	100,9	82,2
	Módulos		108	456	336	176	120	28	232	189
	Pot$_{CA}$ (kW)	**ILR~100%**	2x24,1	4x48,0	4x36,0	2x36,0	2x25,0	1x12,0	2x48,0	2x40,0
		ILR~120%	2x20,2	4x40,0	4x30,0	2x33,3	2x22,8	1x10,0	2x44,4	2x33,0

Na Tabela 5 são apresentados os resultados das simulações de acordo com os diferentes ILR. Os valores destacados apresentam a maior geração de cada edificação e tecnologias e foram utilizados no balanço energético.

Os valores de PR ficaram entre 0,73 e 0,77 (c-Si) e 0,74 e 0,79 (CdTe). Os PR maiores mostram que os sistemas de CdTe têm melhor desempenho que os sistemas de c-Si. O ILR não apresentou impacto significativo no PR. O sistema com maior ILR da edificação 8 com o CdTe foi o que apresentou melhor PR (0,79), bem próximo ao valor considerado ideal, que é 0,80 (ZOMER, 2014).

Os valores dos *yields* dos sistemas de c-Si variaram entre 1.309 e 1.382 kWh/kW, enquanto nos de CdTe, o intervalo foi de 1.329 a 1.429 kWh/kW, mostrando melhor produtividade do CdTe sobre o c-Si. Todos os valores são considerados bons, estando superior a 1.000 kWh/kW (BRAGA et al., 2018). Nos sistemas de c-Si, apenas a Edificação 6 apresentou *yield* do sistema com ILR~100% melhor que o caso com ILR~120% e o valor dos *yields* da Edificação 7 não variou em função do ILR. Nos sistemas de CdTe, observa-se que os *yields* da Edificação 4 e da 7 foram melhores com ILR~100%, e igual nas Edificações 1 e 6. Apesar de maiores, entretanto, percentualmente a diferença é pequena, sendo no máximo de 3,63% no sistema de CdTe da edificação 8, cujo sistema com ILR de 125% resultou no maior *yield* (1.429 kWh/kW). Esse padrão foi o mesmo para os valores do Fator de Capacidade, que

variou de 14,9% a 15,8% para sistemas de c-Si e de 15,2% a 16,3%, e para a geração de energia.

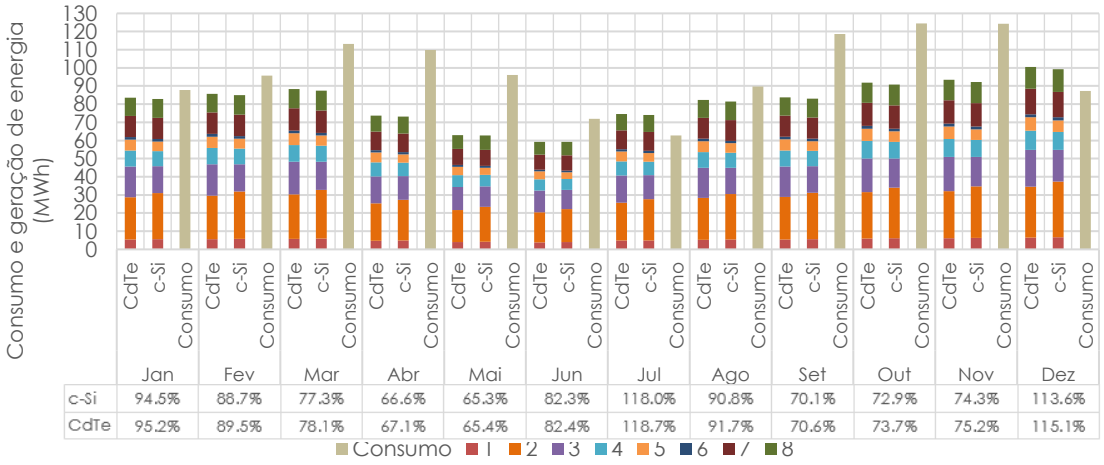
Tabela 5 – Resultados das simulações para as edificações do Setor 3

	c-Si					CdTe				
	ILR	**FC**	**Yield**	**PR**	**Geração total (kWh)**	**ILR**	**FC**	**Yield**	**PR**	**Geração total (kWh)**
1	119%	15.8%	1.382	0.77	65.724,3	116%	15.5%	1.358	0.76	63.834,6
	105%	15.3%	1.343	0.75	63.906,6	97%	15.5%	1.358	0.76	63.800,0
2	125%	15.4%	1.345	0.74	298.554,0	124%	15.7%	1.378	0.76	273.353,3
	100%	15.3%	1.343	0.74	298.066,8	103%	15.4%	1.348	0.75	267.523,6
3	116%	15.2%	1.330	0.74	172.237,2	122%	15.4%	1.351	0.75	197.471,5
	97%	14.9%	1.309	0.73	169.507,8	102%	15.3%	1.340	0.75	195.972,6
4	114%	15.4%	1.345	0.74	97.735,6	115%	15.2%	1.329	0.74	101.775,3
	101%	15.1%	1.326	0.73	96.352,1	106%	15.4%	1.348	0.75	103.245,0
5	116%	15.3%	1.344	0.74	62.140,2	114%	15.6%	1.369	0.76	71.478,7
	102%	15.2%	1.331	0.74	61.557,4	104%	15.4%	1.348	0.75	70.373,3
6	119%	15.2%	1.335	0.74	15.875,5	121%	15.5%	1.356	0.75	16.524,5
	99%	15.3%	1.337	0.74	15.897,6	101%	15.5%	1.356	0.75	16.521,7
7	117%	15.0%	1.314	0.73	136.303,6	114%	15.3%	1.343	0.74	135.606,3
	93%	15.0%	1.314	0.73	136.284,1	105%	15.4%	1.348	0.75	136.059,2
8	128%	15.1%	1.325	0.73	122.565,6	125%	16.3%	1.429	0.79	117.544,0
	104%	15.1%	1.321	0.73	122.158,1	103%	15.7%	1.379	0.76	113.378,6

Os três indicadores foram ponderados de acordo com a potência dos sistemas. Para o setor, o *yield* ponderado foi de 1.337,6 kWh/kW (c-Si) e 1.368,5 (CdTe), o PR ponderado foi de 0,74 (c-Si) e de 0,76 (CdTe) e o FC ponderado foi de 15,3% (c-Si) e de 15,6% (CdTe). Assim como no nível das edificações, os resultados da ponderação pela potência mostraram melhor desempenhos para os sistemas de CdTe.

O Setor 3 da UFMS é alimentado por uma unidade consumidora (modalidade tarifária Verde - Classe A4 - Subclasse Poder Público). O consumo total anual do Setor 3 foi de 1.181.577,26 kWh. A Figura 2 apresenta a geração mensal do setor com as contribuições dos sistemas das edificações por tecnologia de célula e a comparação com o consumo.

Figura 2 – Geração mensal de energia por edificação para cada tecnologia de módulos e consumo mensal de energia do Setor



As edificações 2 e 7 apresentam maior participação na geração do setor 3, representando 50% do total (30% e 20%, respectivamente). As edificações 4, 7 e 8 são responsáveis, por um percentual aproximadamente de 10%, 13% e 14%, respectivamente. As edificações 1 e 5 respondem por cerca de 6% e a edificação 6 por menos de 2%. No nível das edificações, os sistemas de c-Si de 1, 2, 7 e 8 apresentaram maior geração que os sistemas de CdTe em todos os meses, devido a potência instalada maior. Nas demais, ocorreu o contrário e, em módulo, as diferenças foram superiores aos em que c-Si resultando em maior geração, fazendo com que, no nível do Setor, a geração dos sistemas de CdTe fosse maior que a dos de c-Si em todos os meses. Essa diferença foi superior a 1.000 kWh entre outubro e dezembro (maior irradiação) e menos acentuada nos meses de maio e junho (menor irradiação).

Analisando o balanço energético, a geração dos sistemas fotovoltaicos é superior ao consumo apenas em julho e dezembro, meses de recesso escolar – 18% (c-Si) e 18,7% (CdTe) em julho e 13,6% (c-Si) e 15,1% (CdTe) em dezembro. Em janeiro o percentual que a geração supre fica acima de 94% e em fevereiro e agosto próximo aos 90%. Os meses de maior consumo do primeiro semestre possuem baixos índices de irradiação solar, por isso o percentual ficou próximo a 65% (abril e maio). No segundo semestre, os índices de irradiação solar são maiores e o percentual foi elevado para mais de 70% de setembro a novembro.

A geração total com os sistemas de c-Si foi de 971.158 kWh (82,2% do consumo) e com os sistemas de CdTe foi de 979.510,8 kWh (82,9% do consumo). Isso mostra que, com apenas essas 8 edificações, já é possível suprir grande percentual do consumo - caso as demais edificações do setor também sejam avaliadas, o Setor 3 da UFMS poderia ser autossuficiente eletricamente e ainda há bastante potência a ser instalada até atingir o limite de 5 MW previstos pela ANEEL para geração distribuída (ANEEL, 2020) – a potência instalada dos sistemas propostos foi de 1.452.158 kW (c-Si) e 1.431.584 kW (CdTe).

4 CONCLUSÕES

O objetivo desse estudo foi analisar a integração de sistemas fotovoltaicos em oito edificações do Setor 3 da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul em Campo Grande, MS, aproveitando o potencial solar para geração distribuída a fim de mitigar a demanda de energia elétrica da instituição. Foram simulados sistemas fotovoltaicos com duas tecnologias de módulos (c-Si e CdTe). Os sistemas de c-Si resultaram em valores mais baixos de PR (variando de 0,73 a 0,77) quando comparados aos dos sistemas de CdTe, que resultaram em PR de 0,74 a 0,79, o que mostra que o CdTe proporciona melhor desempenho na geração. Os *yields* dos sistemas foram elevados, acima de 1.300kWh/kW, com os valores ponderados do CdTe superiores aos valores ponderados do c-Si. Ponderando os indicadores pela potência instalada, o *yield* foi de 1.337,6 kWh/kW (c-Si) e 1.368,5 (CdTe), o PR foi de 0,74 (c-Si) e de 0,76 (CdTe) e o FC foi de 15,3% (c-Si) e de 15,6% (CdTe). Em geral, os sistemas com maiores ILR apresentam melhor desempenho: maior *yield*, maior FC e maior PR. Os sistemas de c-Si conseguiram suprir, anualmente, 82,2% do consumo do setor, enquanto esse percentual chegou a 82,9% nos sistemas de CdTe. Mensalmente, em julho e dezembro a geração foi superior ao consumo. Em todos os meses a geração de energia dos sistemas de CdTe foi maior que os de c-Si. Se um número maior de edificações receberem sistemas fotovoltaicos, é possível que o setor se torne eletricamente autossuficiente, podendo inclusive injetar excedente na rede elétrica local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Deus, o autor da vida. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, Giulia Serain; SORGATO, Marcio José. Análise de integração de sistemas fotovoltaicos nas edificações da UFMS. In: XV ENCAC 2019, João Pessoa. **Anais**... João Pessoa, 2019.

ANEEL. **Geração Distribuída**. 2020. Disponível em: <https://app.powerbi.com/>. Acesso em: 2 jul. 2020.

BRAGA, Marília et al. Avaliação de desempenho de diferentes tecnologias fotovoltaicas em Irecê, BA. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR 2018, Gramado. **Anais**... Gramado, 2017

CLEFF, Vinicius Marins et al. Aplicação de sistema solar fotovoltaico em Instituição Federal de Ensino Superior no extremo sul do Brasil. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR 2018, Gramado. **Anais**... Gramado, 2018.

DESCHAMPS, Eduardo Martins; RÜTHER, Ricardo. Optimization of inverter loading ratio for grid connected photovoltaic systems. **Solar Energy**, [s. l.], v. 179, n. December 2018, p. 106–118, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.12.051>

DO NASCIMENTO, Lucas Rafael et al. Extreme solar overirradiance events: Occurrence and impacts on utility-scale photovoltaic power plants in Brazil. **Solar Energy**, [s. l.], v. 186, n. January, p. 370–381, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.05.008>

DO NASCIMENTO, Lucas Rafael et al. Performance assessment of solar photovoltaic technologies under different climatic conditions in Brazil. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 146, p. 1070–1082, 2020.

DOLLA, Ruany et al. Estimativa da produção energética e de desempenho de um Sistema Fotovoltaico Integrado ao anteprojeto do Aeroporto Internacional de Florianópolis. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR 2018, Gramado. **Anais**... Gramado, 2018.

DUARTE, Mariana de Mello. **Análise técnico-econômica acerca da implementação de geração solar fotovoltaica no centro de ensino médio de Taguatinga Norte**. 2016. UNB, Brasília, 2016.

FRAUNHOFER. **Photovoltaics Report 2019. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE with support of PSE GmbH**. Freiburg. 2019. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil**. 2019.

MOREIRA, Luis Medeiros; RODRIGUES, Bonfim. Estudo de viabilidade de sistema fotovoltaico conectado à rede em uma instituição de ensino. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR 2018, Gramado. **Anais**... Gramado, 2018.

SORGATO, M. J.; SCHNEIDER, K.; RÜTHER, R. Technical and economic evaluation of thin-film CdTe building-integrated photovoltaics (BIPV) replacing façade and rooftop materials in office buildings in a warm and sunny climate. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 118, p. 84–98, 2018.

ZOMER, Clarissa Debiazi. **Método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas fotovoltaicos integrados em edificações**. 2014. UFSC, Florianópolis, 2014.

ZOMER, Clarissa Debiazi et al. Análise da compensação energética do centro de pesquisa e capacitação em energia solar da UFSC. In: XIV ENCAC 2017, Balneário Camboriú. **Anais**... Balneário Camboriú, 2017