XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ANÁLISE DE INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NAS EDIFICAÇÕES DA UFMS

Giulia Serain Alberto (1); Marcio José Sorgato (2)
(1) Discente do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, giserainalb@gmail.com
(2) Professor Doutor na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG), marcio.sorgato@ufms.br
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, bloco de Arquitetura e Urbanismo, Cidade Universitária, Av. Costa e Silva - Pioneiros, Campo Grande - MS, 79070-900, Tel.: (67) 3345 7812

RESUMO
A matriz elétrica mundial tem sofrido mudanças nos últimos anos, em consequência dos altos índices de consumo. Dessa maneira, os sistemas de energia se diversificam, buscando fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica. Com base nisso o estudo avalia o potencial de integração de sistemas fotovoltaicos (FV) em edificações da cidade universitária da UFMS, procurando atender 1MWp da demanda energética do campus, sem alterações arquitetônicas nas mesmas. Durante três etapas de desenvolvimento foram feitos, sucessivamente, o levantamento de dados, análises das integrações entre os sistemas FV e edifícios e simulações do desempenho de cada sistema. O consumo de eletricidade se divide em 5 unidades consumidoras dentro dos 4 setores da universidade, sendo o setor 1 responsável por 61% do consumo total. Em consequência, selecionou-se 8 edificações, do setor 1 para a realização das simulações. As simulações geraram uma eletricidade anual de 1.611.216 kWh/ano. Assim, os sistemas instalados na UFMS apresentaram bom desempenho, com a capacidade de gerar toda a energia consumida com um sistema de pouco mais de 4MWp.
Palavras-chave: energia solar fotovoltaica, consumo de eletricidade, geração fotovoltaica, edificações de energia zero.

ABSTRACT
The national matrix has undergone changes in recent years, indicating the high consumption rates. Thus, there is also an increase with environmental concern to reduce the impacts generated. In this way, energy systems diversify, seeking renewable sources, such as photovoltaic solar energy. Based on this, the study assesses the potential of integrating photovoltaic (PV) systems in buildings of the university city of UFMS, seeking to meet 1MWp of campus energy demand, without architectural changes in them. During three stages of development, data collection, analyzes of the integrations between PV systems and buildings and simulations of the performance of each system were carried out successively. Electricity consumption is divided into 5 consuming units within the four sectors of the university, sector 1 accounting for 61% of total consumption. As a consequence, 8 buildings were selected of sector 1 to perform the simulations. The simulations generated an annual electricity of 1,611,216 kWh / year. Thus, the systems installed in the UFMS presented good performance, with the capacity to generate all the energy consumed with a system of just over 4MWp.
Keywords: photovoltaic solar energy, energy demand, institutions, zero energy buildings.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os centros urbanos cresceram significativamente, em 2018 55% da população mundial reside nas áreas urbanas. A taxa de urbanização apresenta importantes diferenças em função da região geográfica, no Brasil a população urbana cresceu de 35% em 1950 para 85% em 2015 (POPULATION FACTS, 2018). Consequentemente, a demanda energética obtém números cada vez maiores, visto que a energia é fundamental para a maioria das tarefas executadas pelos seres humanos atualmente. No Brasil, segundo afirmações de Geller (2003), o uso total de energia cresceu cerca de 250% entre 1975 e 2000.

O consumo de eletricidade nas edificações é influenciado por vários fatores, como: a eficiência e padrão de uso equipamentos instalados; as políticas energéticas; as características da envoltória da edificação; o clima; as condições de conforto térmico dos ambientes; as condições de operação e o comportamento do usuário.

As edificações residenciais, comerciais e públicas foram responsáveis por 51% da energia elétrica consumida no Brasil em 2017, as edificações públicas foram responsáveis por 8,2% da energia consumida (EPE, 2018). No ano de 2016, os gastos com energia elétrica do governo federal foram de R$: 2,6 bilhões, houve um aumento de R$: 200 milhões em relação ao ano de 2015. Os dados são referentes às contas de energia de todas as edificações do setor público federal. O Ministério da Educação foi a primeira instituição do ranking nos gastos com eletricidade no ano de 2015, as despesas foram de R$: 750,7 milhões.

Os gastos de energia elétrica do governo federal é um indicador importante para avaliação, porém como não há informação dos consumos das edificações, não é possível identificar se houve um aumento de consumo ou o aumento da tarifa que impactou em maiores gastos com energia. Um dos grandes desafios atualmente é reduzir o consumo de energia elétrica das edificações, como também suprir sua própria demanda de energia.

Os custos atuais da energia elétrica vêm viabilizando a geração descentralizada e integrada nas edificações, no período de 2014 a 2018 os aumentos das tarifas de energia elétrica foram superiores à inflação acumulada, que foi de 28,86%.

As edificações podem se tornar geradoras de eletricidade por meio da instalação de sistemas de geração fotovoltaica integrados na envoltória das edificações. A geração de energia integrada na edificação pode suprir a demanda de eletricidade da mesma, ou gerar mais que a demanda da edificação. Caso a geração seja superior a demanda, a energia excedente será injetada na rede da distribuidora de energia e poderá ser compensada durante 60 meses ou outra unidade consumidora do mesmo proprietário.

No Brasil, as hidrelétricas são responsáveis por grande parte da geração de eletricidade, normalmente a construção das hidrelétricas necessitam de grandes obras e provocam grandes impactos ao meio ambiente. Os sistemas fotovoltaicos aproveitam o recurso natural da radiação solar, que no Brasil apresenta uma boa disponibilidade para todas as regiões do país. A Alemanha foi uma das primeiras nações a investir na geração fotovoltaica, sendo que, a radiação solar na região mais ensolarada da Alemanha é 40% menor do que na região menos ensolarada do Brasil. A geração fotovoltaica depende apenas da boa incidência solar e intensidade de radiação. A região brasileira com maior disponibilidade de irradiação solar é o Nordeste, entretanto na região do centro-oeste, o Mato Grosso do Sul apresenta níveis bons de irradiação solar, na ordem de 5.500 Wh/m² (PEREIRA, et al., 2017). A energia fotovoltaica é limpa, silenciosa, não poluente e renovável, o uso desta fonte no Brasil vem crescendo nos últimos anos.

A integração de geradores fotovoltaicos nas edificações não necessita de áreas extras, gerando energia no meio urbano (próximo ao ponto de consumo), deste modo, elimina as perdas de energia relacionadas ao transporte e distribuição quando gerada em grandes centrais.

Nas instituições brasileiras de ensino, grande parte de seus orçamentos é destinada para o custeio de energia elétrica, muitas instituições não estão conseguindo honrar com este compromisso, gerando dívidas com as distribuidoras de energia (CLEFF, et al., 2018). A instalação de sistema fotovoltaicos nas instituições de ensino pode ser uma solução a médio prazo para reduzir as despesas de energia das instituições. Atualmente os sistemas fotovoltaicos possuem um payback de 5 a 7 anos.

Os novos desafios impostos a administração pública, devido à escassez dos recursos e a conjuntura econômica do país, exigem das instituições públicas a otimização dos recursos para maximizar a produção com menor recurso financeiro aplicado. Neste contexto, a crescente demanda energética da administração pública requer a adoção de estratégias mais eficientes e sustentáveis.

No estudo realizado por Sorgato *et al.* 2018 mostrou que é possível atender a demanda energética de um edifício de escritórios de quatro pavimentos por um sistema fotovoltaico integrado na envoltória da edificação. O estudo avaliou a viabilidade técnica e econômica da integração de um sistema fotovoltaico (BIPV – cobertura e fachadas) para 6 cidades brasileiras em diferentes regiões. Os resultados mostraram que o clima impacta significativamente na demanda energética e na geração de eletricidade pelo sistema

fotovoltaico. As cidades com climas mais quentes apresentaram os maiores consumos e o menor tempo de retorno do investimento. Para as 6 cidades do estudo, a geração fotovoltaica foi superior a demanda energética.

Apesar das Resoluções normativas 482 e 687 (ANEEL, 2012; 2015) não permitirem a comercialização da energia excedente, uma forma de viabilizar sistemas fotovoltaicos que geram mais que a demanda da edificação é compensar a energia excedente em outra unidade consumidora do mesmo proprietário. Em um futuro próximo, a energia excedente da edificação também poderia ser usada para recarregar veículos elétricos, proporcionando a disseminação do uso desta tecnologia emergente.

Na sede do Grupo de pesquisa Fotovoltaica/UFSC possui um sistema fotovoltaico de aproximadamente 100 kWp, que gera 100% da demanda energética da edificação e a energia excedente é utilizada nos veículos elétricos (ônibus e automóvel) utilizados para o transporte dos pesquisadores do grupo.

Nos últimos anos muitos pesquisadores vêm desenvolvendo análises para integração de sistemas fotovoltaicos nas instituições de ensino. Lucchese *et al.* (2018) analisaram o impacto da geração distribuída fotovoltaica na rede elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, o objetivo do estudo foi analisar os parâmetros elétricos como: variação de tensão, fluxo de potência, capacidade dos condutores e as perdas elétricas. Os autores concluíram que devido a variação de disponibilidade da energia fotovoltaica no dia, é importante analisar os parâmetros, para garantir a qualidade na energia da rede.

No estudo Raimo *et al.* (2018) analisou o desempenho da usina fotovoltaica de 70 kWp instalada no Instituto Federal do campus de São Paulo. Os autores compararam a geração fotovoltaica do da micro usina com os resultados da simulação, que foi realizada no PVSyst. A micro usina está conectada à rede da distribuidora de energia e sobre um telhado de uma edificação da instituição. As diferenças entre a geração da micro usina e a produção prevista em simulação no PVSyst foi aproximadamente 9%, sendo que a simulação apresentou valor superior a geração da micro usina.

Mariano e Urbanetz (2018) analisaram a contribuição energética e a redução dos picos de demanda dos sistemas fotovoltaicos conectado à rede da UTFPR em Curitiba. Concluíram que o sistema de 2,1 kWp contribui com 13,8% na demanda energética da edificação. Os autores apresentaram que a UTFPR apresenta um potencial de integração de sistema fotovoltaicos de 2,65 MWp.

É importante ressaltar que atualmente as edificações são somente consumidoras de energia, porém no futuro, não muito distante, elas pode ser fornecedora de energia, já que a mesma vai produzir sua própria energia e o excesso poderá será injetado na rede da distribuidora de energia (SORGATO *et al*., 2018).

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo avaliar o potencial de integração de sistemas fotovoltaicos nas edificações da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (campus de Campo Grande), buscando a integração de 1MWp sem alteração das características volumétricas das edificações.

3. MÉTODO

A pesquisa análise de integração de sistema fotovoltaicos nas edificações da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - localizada na capital do Mato Grosso o Sul, Campo Grande (latitude: -20.4435 e longitude: -54.6478 20°) - foi dividida em três etapas: A primeira etapa consistiu no levantamento dos consumos de eletricidade das edificações; a segunda etapa na avaliação da integração dos sistemas fotovoltaico nas edificações; e a terceira etapa na simulação do desempenho dos sistemas fotovoltaicos integrados nas edificações.

3.1. Levantamento dos dados de consumo de eletricidade das edificações da UFMS:

O levantamento dos dados de consumo foi realizado por meio das faturas de energia da distribuidora, o período foi de 12 meses. Foram levantadas as informações das diferentes tarifas de energia, consumo no horário de ponta e consumo no horário fora da ponta.

3.2. Avaliação da integração dos sistemas fotovoltaicos nas edificações da UFMS:

A escolha das edificações para integração dos sistemas fotovoltaicos foi realizada com base na orientação e na área disponível de cobertura da edificação sem sombreamento. Foram analisados os sombreamentos externos e o auto sombreamento por elementos da edificação. Foram modelados os croquis volumétricos das

edificações com base nos projetos arquitetônicos.

Identificaram-se as coberturas para integração dos sistemas fotovoltaicos, no qual comparou-se a disponibilidade de irradiação solar da superfície orientada para norte com a superfície real da edificação, que possui um o desvio azimutal do norte, ambas as superfícies possuem a mesma inclinação.

Uma das premissas do trabalho era preservar as características arquitetônicas das edificações escolhidas, buscando a melhor solução de integração entre a edificação e o sistema fotovoltaico. Os sistemas fotovoltaicos foram propostos nas inclinações das coberturas existentes das edificações, para evitar as alterações nas volumetrias das edificações.

3.3. Simulação do desempenho dos sistemas fotovoltaicos integrados nas edificações da UFMS:

As estimativas de geração de eletricidade dos sistemas fotovoltaicos foram realizadas no programa SAM 2017 (System Advisor Model). O programa utiliza arquivos climáticos (TRY ou TMY) para a simulação da geração dos sistemas fotovoltaicos. Os arquivos climáticos contemplam dados horários de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, irradiação global horizontal e difusa. As simulações foram realizadas com o arquivo climático de Campo Grande/MS, desenvolvido no projeto SWERA[4]. Na Figura 1, são apresentados o perfil diário de temperatura (máxima, média e mínima) e perfil mensal da radiação solar direta e difusa.

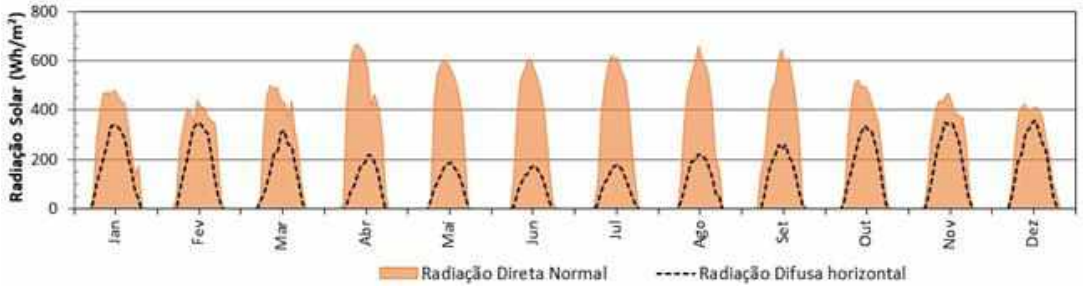


Figura 1 – Dados de radiação solar do arquivo climático de Campo Grande.

Na Tabela 1 são apresentados os fatores de perdas adotados nas simulações do sistema fotovoltaico no programa SAM.

Tabela 1 – Detalhes das perdas adotadas nas simulações no SAM.

Detalhes das perdas	**Valores**
Perda na qualidade do módulo	2,0 %
Diodos e connections	0,5 %
Perdas óhmica na fiação CA	2,0 %
Perda mismatch do módulo	0,6 %
Perda na degradação por exposição	0,4 %
Perdas óhmica na fiação CC	1,0 %
Fator de perda por sujeira	3,83 %

4. RESULTADOS

4.1. Perfil do consumo de eletricidade da UFMS

O consumo de eletricidade também está dividido em 5 unidades consumidoras, duas unidades consumidoras no setor 1 e uma unidade consumidora para cada um dos outros setores. Na Tabela 2 são apresentados os consumos mensais de eletricidade dos quatros setores da UFMS, durante o período de fevereiro de 2018 a janeiro de 2019. O consumo de eletricidade do setor 1 representa aproximadamente 61% do consumo da UFMS, 90% do consumo é no horário da tarifa fora de ponta, apenas 10% do consumo no horário da tarifa

[4] Disponível em: https://energyplus.net/weather-location/south_america_wmo_region_3/BRA//BRA_Campo.Grande.836120_SWERA

de ponta.

Tabela 2 - Consumo de eletricidade dos quatro setores da UFMS, no período de Fev. de 2018 a Jan. de 2019, em KWh/mês.

Consumo mensal	SETOR 1		SETOR 2		SETOR 3		SETOR 4	
	Consumo na Ponta	Consumo Fora Ponta	Consumo na Ponta	Consumo Fora Ponta	Consumo na Ponta	Consumo Fora Ponta	Consumo na Ponta	Consumo Fora Ponta
Fev	25.040	282.036	4.108	73.121	6.444	78.979	2.531	37.791
Mar	47.976	374.041	5.961	86.497	11.222	85.518	2.931	44.022
Abr	48.708	380.339	6.954	96.082	13.347	99.231	3.166	45.975
Mai	41.463	330.863	6.354	85.228	11.294	84.238	2.975	41.449
Jun	30.458	241.396	5.662	65.919	7.843	58.734	2.803	31.116
Jul	27.044	228.177	4.995	59.123	6.854	54.184	2.615	28.552
Ago	28.562	240.374	5.578	67.041	7.608	58.538	3.130	33.004
Set	39.276	280.596	6.268	76.728	9.507	67.318	2.982	34.664
Out	40.283	330.920	6.862	89.086	10.575	81.229	2.874	39.265
Nov	49.300	426.328	7.390	111.719	12.828	101.864	3.164	46.419
Dez	43.873	399.086	6.042	106.123	11.182	94.255	3.065	43.359
Jan	20.707	281.450	4.110	81.720	6.036	74.963	2.242	33.649
12 meses	**442.690**	**3.795.606**	**70.284**	**998.387**	**114.740**	**939.051**	**34.478**	**459.265**
Consumo dos setores		**4.238.296**	**1.068.671**		**1.053.791**		**493.743**	
Consumo total de eletricidade da UFMS [kWh/ano]							**6.854.501**	

Observa-se na Tabela 2, que o mês de novembro apresentou o maior consumo de eletricidade em todos os setores; esse consumo aumenta no mês de outubro até o mês de dezembro, sendo que nos meses de janeiro e fevereiro houve uma redução. No período de março a maio também houve um aumento no consumo de eletricidade.

4.2. Características das edificações para integração dos sistemas fotovoltaicos

A premissa da pesquisa é de preservar as características arquitetônicas das edificações selecionadas, buscando a melhor solução de integração do sistema fotovoltaico na edificação. No campus da Cidade Universitária (Campo Grande/MS) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul está dividido em quatro setores. Na Tabela 3 são apresentadas as áreas construídas de cada setor, observa-se que o setor 1 apresenta a maior área construída. Na pesquisa foram selecionadas as edificações do setor 1, que apresentam a maior disponibilidade de edificações - mapa com o setor escolhido na Figura 2.

Tabela 3 - Áreas totais das unidades consumidoras de cada setor.

SETOR	1	2	3	4
Área construída das edificações (m²)	126.005,39	9.064,45	21.112,50	8.330,56



Figura 2 - Mapa dos setores 1 e 2 da UFMS.

Com base nas áreas construídas dos setores e os consumos de eletricidade, selecionou-se 8 edificações localizadas no setor 1 para a proposta de integração dos sistemas fotovoltaicos, a área total construídas das edificações é de 6.815m². As edificações foram selecionadas com base na orientação e na disponibilidade da área de cobertura sem interferência de sombreamento. As edificações selecionadas foram: Quadra Poliesportiva, Quadra de Basquete, Faculdade de Computação (FACOM), Complexo Multiuso, Restaurante Universitário (RU), Ampliação do restaurante Universitário, Biblioteca Central e o Teatro Glauce Rocha. Uma das premissas do trabalho era a integração dos sistemas fotovoltaicos na inclinação das coberturas existentes das edificações, evitando alterações nas volumetrias das edificações. Na Figura 3 são apresentados os croquis volumétricos das edificações selecionadas para a integração dos sistemas fotovoltaicos.

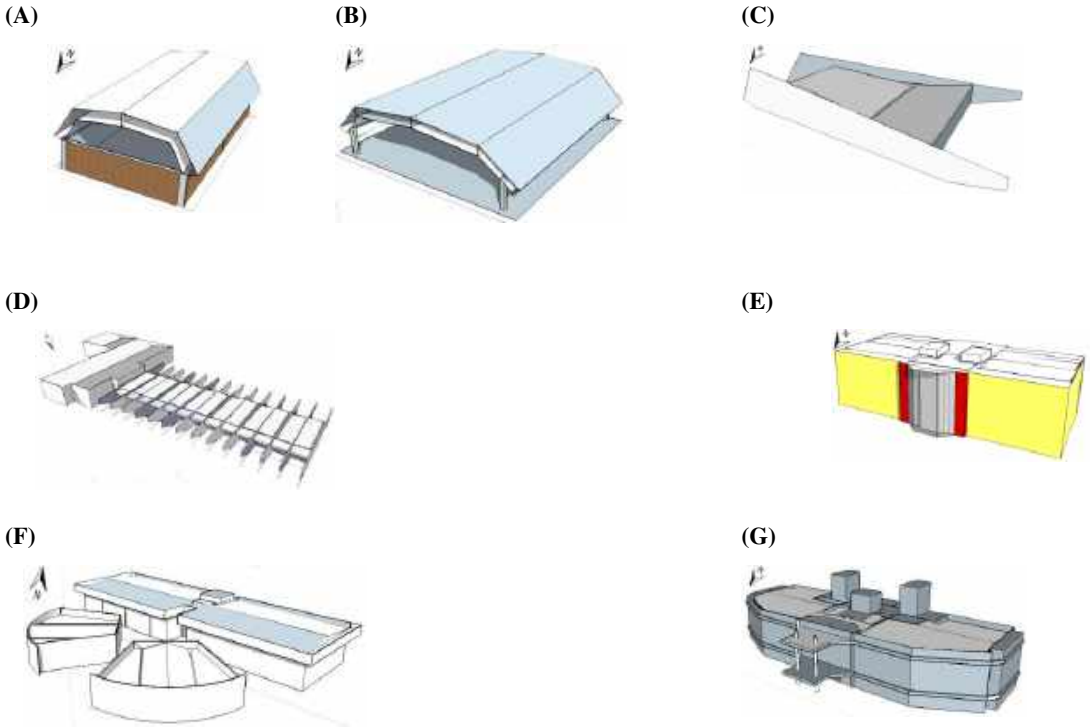


Figura 3 – Croqui volumétrico das edificações selecionadas para integração dos sistemas fotovoltaicos. (A) Quadra Poliesportiva. (B) Quadra de Basquete. (C) Teatro Glauce Rocha. (D) RU Antigo e Ampliação. (E) FACOM. (F) Complexo Multiuso. (G) Biblioteca Central.

Todas as edificações selecionadas não possuem planos inclinados da cobertura orientados para norte, na Tabela 4 são apresentadas as áreas das coberturas, o ângulo de inclinação e o desvio azimutal das coberturas selecionadas para integração dos sistemas fotovoltaicos. Observa-se que as perdas de irradiação global nos planos inclinados das coberturas conforme os desvios azimutais foram pequenas, devido aos baixos ângulos de inclinação das coberturas.

Tabela 4 - Dados de cobertura utilizados para escolha da área de utilização.

Edificação	Quadra Poli.	Quadra Basq.	Multiuso	Facom	RU	RU Ampliação	Biblioteca	Glauce Rocha
Área (m²)	348,0	1.200,0	484,5	1.290,5	523,7	766,6	801,2	1.822,2
Inclinação do telhado (deg)	5°	7°	6°	6°	7°	11°	5°	7° 10°
Desvio Azimutal (N)	85° 266°	85° 266°	133° 268°	6° 187°	15° 345°	167° 347°	100° 280°	90° 270°
Irradiação global com desvio azimutal kWh/m²/dia	5.19 5.21	5.16 5.19	5.13 5.15	4.99 5.36	4.99 5.36	4.66 5.37	5.15 5.21	5.07 5.20
Irradiação global no plano inclinado Norte (kWh/m²/dia)	5.34	5.37	5.38	5.37	5.37	5.39	5.37	5.39 5.37

4.3. Simulação dos sistemas fotovoltaicos integrados nas edificações

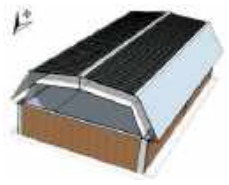
As simulações dos sistemas fotovoltaicos integrados nas edificações foram realizadas por meio do programa SAM (System Advisor Model). Os sistemas fotovoltaicos foram dimensionados com módulos de silício policristalino (c-Si), com potência de 330W, eficiência nominal de 17% e a área do módulo é de 1,927 m². Os inversores utilizados foram trifásicos, a potência dos inversores foram de 20,0 kW, 27,6 kW e 50,0 kW. Na Tabela 5 são apresentadas as características dos sistemas fotovoltaicos propostos para integração nas edificações selecionadas da UFMS, apresentando a quantidade de módulos fotovoltaicos, número de inversores, potência do inversor e a potência do sistema fotovoltaico.

Tabela 5 – Características dos sistemas fotovoltaicos propostos para integração nas edificações da UFMS.

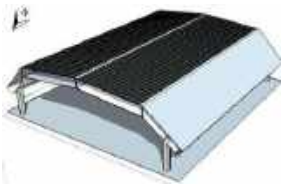
Edificação	Tecnologia	Potência do módulo	Quantidade de módulos	Quantidade de strings	Módulos em série	Número de inversores	Potência do inversor	Potência do sistema FV
Quadra Poli	c-Si	330 W	340	17	20	2	50,0 kW	112,3 kWp
Quadra Basq.	c-Si	330 W	629	37	17	4	50,0 kW	207,8 kWp
Facom	c-Si	330 W	180	12	15	1	50,0 kW	59,5 kWp
Multiuso	c-Si	330 W	612	36	17	4	50,0 kW	202,2 kWp
RU	c-Si	330 W	234	18	13	4	20,0 kW	77,3 kWp
RU Ampl.	c-Si	330 W	68 126 140	4 9 10	17 14 14	1 2 2	20,0 kW 20,0 kW 20,0 kW	22,5 kWp 41,6 kWp 46,2 kWp
Biblioteca	c-Si	330 W	300	20	15	2	50,0 kW	99,1 kWp
Glauce Rocha	c-Si	330 W	272 294	17 21	16 14	3 2	27,6 kW 50,0 kW	89,8 kWp 97,1 kWp

Observa-se que os maiores sistemas fotovoltaicos propostos foram para as edificações da Quadra de Basquete e para o Centro Multiuso, com as potências de 207,8 e 202,2 kWp, respectivamente. A edificação com menor sistema fotovoltaicos proposta foi a Facom, com um sistema de 59,2 kWp. Todos os sistemas fotovoltaicos propostos resultaram na potência total de 1,05 MWp.

(A)



(B)



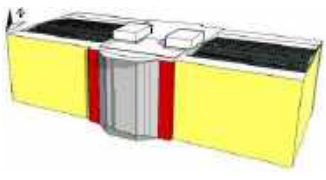
(C)



(D)



(E)



(F) **(G)**

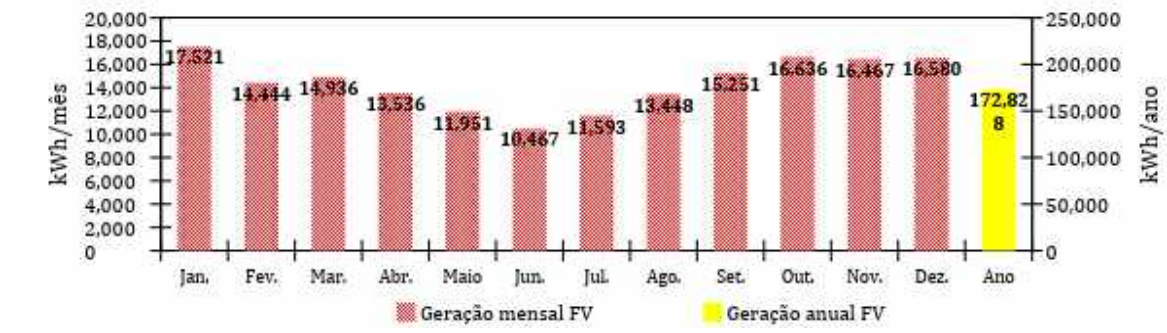


Figura 4 – Croquis volumétricos com os sistemas fotovoltaicos integrados. (A) Quadra Poliesportiva. (B) Quadra de Basquete. (C) Teatro Glauce Rocha. (D) RU Antigo e Ampliação. (E) FACOM. (F) Complexo Multiuso. (G) Biblioteca Central.

Na Figura 4 é apresentada a integração dos sistemas fotovoltaicos propostos para as edificações da UFMS. Observa-se que todos os sistemas fotovoltaicos foram integrados na arquitetura das edificações, evitando alterações volumétricas das edificações. Na edificação da quadra de basquete foram integrados 629 módulos fotovoltaicos, e a edificação com a menor quantidade de módulos fotovoltaicos foi a Facom, com 180 unidades.

Os resultados da geração fotovoltaica mensal e anual são apresentados na Figura 5 e Figura 6. Observa-se que no período de outubro a janeiro apresentam a maiores gerações de eletricidade do ano, sendo que o mês de janeiro apresenta a maior geração mensal. No período de outubro a dezembro coincide com os maiores consumos de eletricidade dos setores da UFMS.

Quadra Poliesportiva



Quadra Basquete

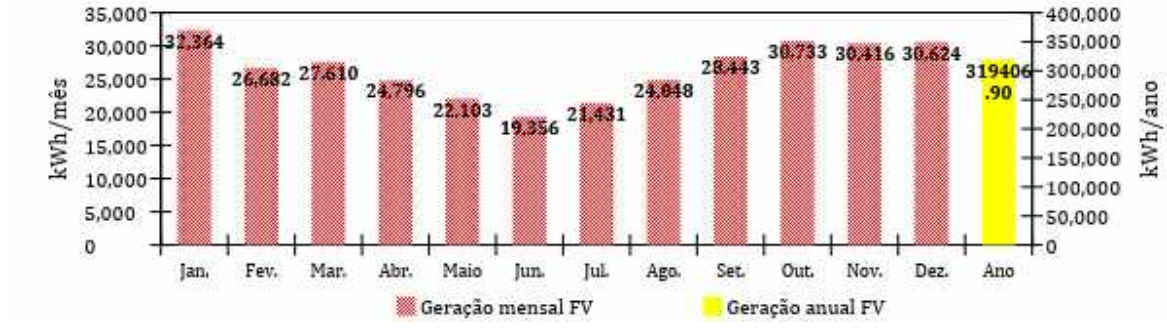
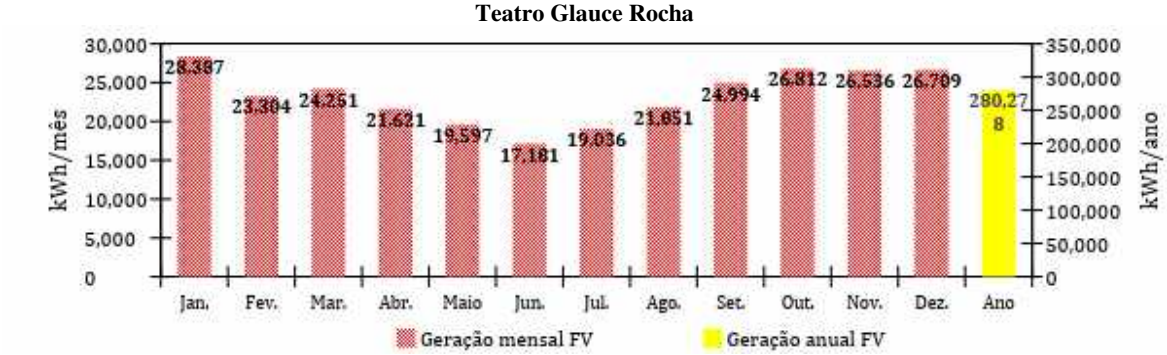
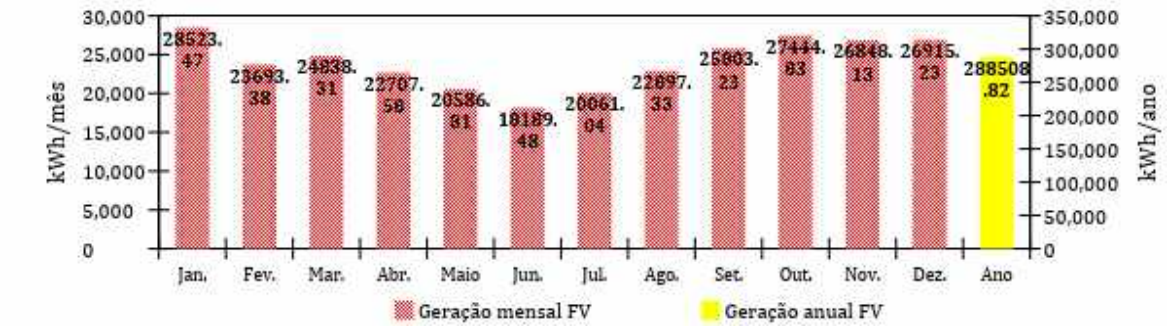


Figura 5 - Estimativa de geração fotovoltaica das quadras poliesportiva e quadra de basquete.

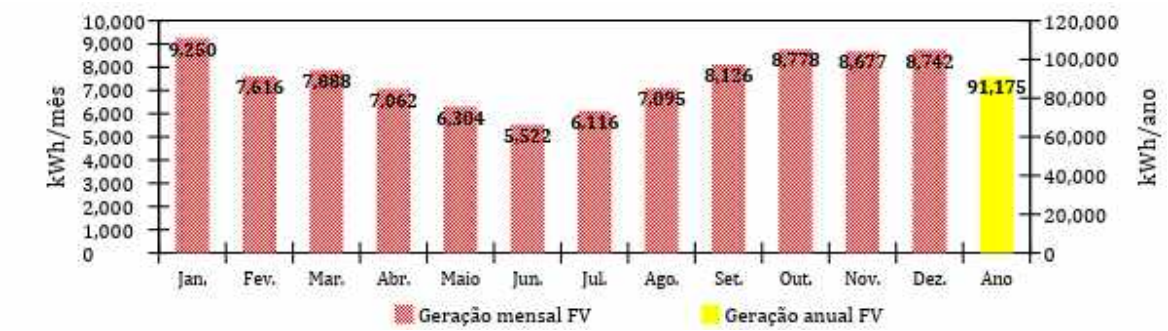
Teatro Glauce Rocha



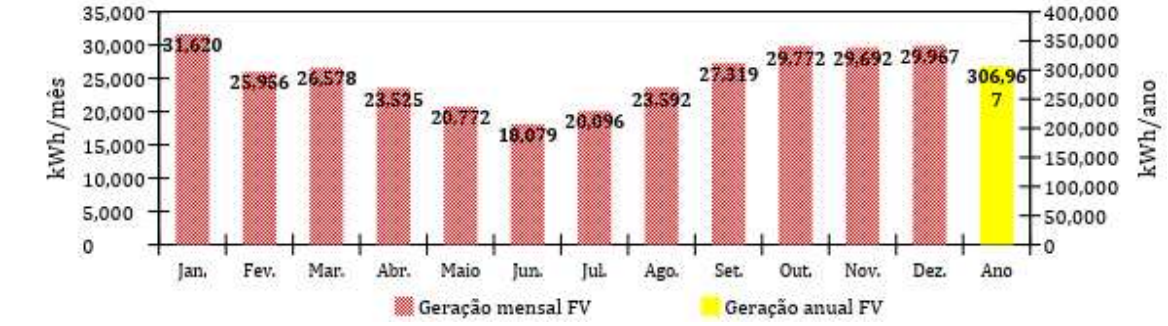
RU



Facom



Centro Multiuso



Biblioteca

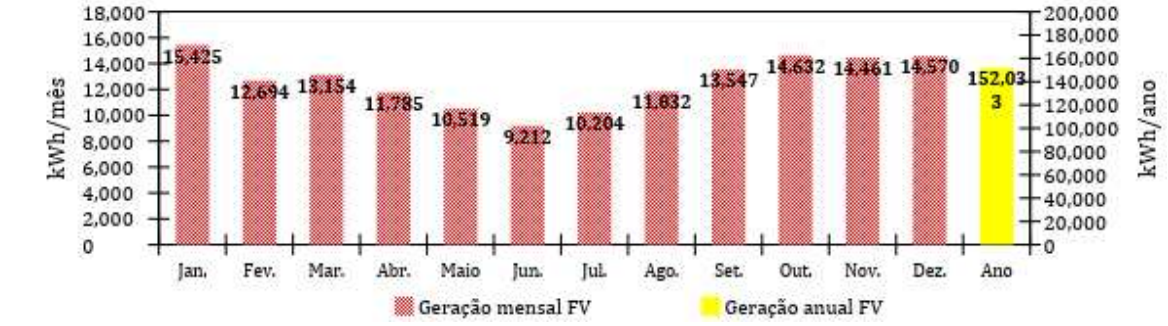


Figura 6 - Estimativa de geração fotovoltaica do Teatro Glauce Rocha, RU, Facom, Centro Multiuso e Biblioteca.

Observa-se (Figura 5 e Figura 6) que a menor geração fotovoltaica ocorreu no período de maio a julho, sendo que a menor geração de eletricidade mensal ocorreu no mês de junho. Todos os sistemas fotovoltaicos apresentaram um desempenho semelhante em relação aos meses com maiores e menores geração de eletricidade fotovoltaica.

A potência total dos sistemas fotovoltaicos integrados nas edificações da UFMS foi de 1.055,2 kWp, resultando em uma geração de eletricidade anual de 1.611.216 kWh/ano (Tabela 6). Observa-se que a geração de eletricidade dos sistemas fotovoltaicos representa 38% do consumo do setor 1 ou 26% do consumo total da instituição. O menor coeficiente de performance (PR) dos sistemas fotovoltaicos propostos

foi de 0,78, que resultou em uma produtividade de 1.500 kWh/kWp, sendo que o maior coeficiente de performance foi de 0,80, com uma produtividade de 1.539 kWh/kWp (Tabela 6).

Tabela 6 – indicadores de desempenho dos sistemas fotovoltaicos propostos para edificações da UFMS.

Edificação	**Quadra Poli.**	**Quadra Basq.**	**Glauce Rocha**	**RU**	**RU Ampliação**	**Facom**	**Multiuso**	**Biblioteca**
Pot. Sistema FV [kWp]	112,3	207,9	186,8	77,2	110,2	60,4	201,3	99,1
Coeficiente de performance	0,80	0,80	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80
Produtividade [kWh/kWp]	1.539	1.537	1.500	1.558	1.525	1.533	1.518	1.534
Geração FV [kWp/ano]	172.828	319.406	280.278	120.413	168.097	91.175	306.957	152.033
Potência total dos sistemas FV [kWp]								1.055,2
Geração anual total dos sistemas FV [kWh/ano]								1.611.216

5. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que é possível integrar sistemas fotovoltaicos nas edificações existentes da UFMS, sem alterar as características volumétricas das edificações. Os sistemas fotovoltaicos propostos apresentaram bons indicadores de desempenho, com coeficiente de performance mínimo de 0,79 e uma produtividade mínima de 1.500 kWh/kWp.

A integração de 1,05 MWp de fotovoltaico nas edificações da UFMS, resultou em uma geração de 1.611.216 kWh/ano, representando 26% do consumo anual (6.854.501 kWh/ano) da universidade, um sistema de pouco mais e 4,0 MWp atenderia o consumo total do campus de Campo Grande da UFMS.

A legislação atual permite que a energia excedente pode ser compensada no período de 60 meses, ou em outra unidade consumidora da instituição, desde que esteja conectada a mesma distribuidora de energia.

Atualmente, o setor edificações contribui significativamente no consumo de eletricidade do Brasil. As edificações apresentam um grande potencial de integração de sistemas fotovoltaicos, podendo gerar a sua própria demanda energética, como também contribuindo para a matriz energética brasileira mais limpa. As edificações podem passar de consumidoras de energia para geradoras de energia, contribuindo para reduzir as perdas de eletricidade nas redes de transmissão, como também contribuindo na geração de energia renovável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGETIC. **Mapa do Evento. Mapa da UFMS.** Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2017. Disponível em: <https://iiicbel.ufms.br/mapa-do-evento/>. Acesso em: 14 jul. 2019.

ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012**. ELÉTRICA, A. N. D. E. Brasil: Agência Nacional De Energia Elétrica, 2012.

_____. **Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015**. ELÉTRICA, A. N. D. E. Brasil: Agência Nacional De Energia Elétrica, 2015.

CLEFF, V.M.; DUTRA, L.P.; OLIVEIRA, L.S.; SALAMONI, I.T. **Aplicação de sistema solar fotovoltaico em instituição federal de ensino superior no extremo Sul do Brasil.** Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR. Gramado, 2018.

EPE. **Brazilian Energy Balance 2018 Year 2017**. ENERGIA, M. D. M. E. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética: 2018.

GELLER, H. S. **Revolução Energética: políticas para um futuro sustentável.** Rio de Janeiro: Relume Dumará: USAid, 2003.

PEREIRA, E. B. *et al*. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2ª edição – São José dos Campos: INPE, 2017.

Mariano, J, D., Urbanetz Jr, J. **A contribuição energética e a redução dos picos de demanda dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede da UTFPR em Curitiba**. VII CBENS – VII Congresso Brasileiro De Energia Solar, Gramado, 2018.

LUCCHESE *et al.* **Análise do impacto da geração distribuída fotovoltaica na rede elétrica da Universidade Federal de Santa Maria**. VII CBENS – VII Congresso Brasileiro De Energia Solar, Gramado, 2018.

SORGATO, M.J. *et al*. **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, v. 118, p. 84-98, 2018.

RAIMO, P. A. *et al.* **Análise de desempenho da usina fotovoltaica de 70 kWp estudo de caso: Instituto Federal – Campus São Paulo**. VII CBENS – VII Congresso Brasileiro De Energia Solar, Gramado, 2018.