

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA EM EDIFICAÇÃO INSTITUCIONAL NA CIDADE DE PELOTAS-RS

Andréia Schneid (1); Lisiê Cabral (2); Isabel Salamoni (3)

(1) Arquiteta e Urbanista, andreiaschneid@gmail.com, Aluna Especial Prograu – UFPel.

(2) Arquiteta e Urbanista, lisikcabral@yahoo.com.br, Aluna Especial Prograu – UFPel.

(3) Doutora, Engenheira, Professora Adjunta e Pesquisadora na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, isalamoni@gmail.com, Rua Benjamin Constant, n. 1359, Pelotas-RS, CEP 96010-020, (53) 32845511.

RESUMO

A energia solar fotovoltaica (FV) é proveniente de uma fonte inesgotável, o sol, e seu uso, além de contribuir para a diminuição da emissão do dióxido de carbono na atmosfera, complementa a matriz energética do Brasil. Este estudo apresenta o dimensionamento de um sistema de geração de energia solar FV para o Instituto Estadual de Educação Assis Brasil, localizado no município de Pelotas-RS. Embora o objeto de estudo tenha um potencial de geração de energia maior do que o dimensionado optou-se por dimensioná-lo para o suprimento do consumo energético da instituição, uma vez que a resolução atualmente em vigor (482 da ANEEL) não permite a venda do excedente de energia. Foram analisadas diversas orientações e inclinações para o posicionamento dos módulos solares, além da utilização do software radiasol (com inserção de dados de radiação solar global horizontal do Atlas Solarimétrico do Brasil) para obtenção de valores de radiação solar média diária mensal. A partir destes dados elegeram-se as melhores opções de superfície para a possível implantação do sistema, assim como a tipologia e as características dos módulos solares a serem utilizados para a base de cálculo de geração de energia. A implantação do sistema de energia solar FV no ambiente escolar fomenta o conhecimento, estimula os princípios de sustentabilidade e incentiva o uso desta fonte renovável de energia pela comunidade escolar.

Palavras-chave: energia solar fotovoltaica, sustentabilidade, eficiência energética, educação, consumo energético.

ABSTRACT

Photovoltaic (PV) solar energy comes from an inexhaustible, the sun, and its use, in addition to contributing to the reduction of the emission of carbon dioxide in the atmosphere, complements the energy matrix of Brazil. This study presents the design of a PV solar energy generation system for the State Institute of Education Assis Brasil, located in the city of Pelotas-RS. Although the object of study has a potential of generation of energy greater than the dimensioned one was chosen to dimension it to the supply of the energy consumption of the institution, since the resolution current (482 of ANEEL) in force does not allow the sale of the excess of energy. Several orientations and inclinations for the positioning of the solar modules were analyzed, as well as the use of the radiasol software (with global horizontal solar radiation data insertion of the Solatimetric Atlas of Brazil) to obtain values of monthly average solar radiation. From this data the best surface options were chosen for the possible implantation of the system, as well as the typology and the characteristics of the solar modules used for the calculation basis of energy generation. The implementation of the PV solar energy system in the school environment knowledge, stimulate the principles of sustainability and encourage the use of this renewable source of energy by the school community.

Keywords: photovoltaic solar energy, sustainability, energy efficiency, education, energy consumption.

1. INTRODUÇÃO

A energia solar é a fonte de energia livre de carbono que existe em maior abundância na terra (ROJAS *et al.*, 2014). O aumento do consumo energético e a possível redução de combustíveis convencionais aliados à preocupação com o meio ambiente incentivam a busca científica por novas alternativas de fontes de energia, menos poluentes e renováveis (PEREIRA *et al.*, 2006).

Devido aos benefícios financeiros, energéticos e ambientais, muitos países vêm incentivando a construção de edificações sustentáveis, através de políticas públicas que visam o aumento da eficiência das edificações (DURANTE *et al.*, 2014). Como uma alternativa, destaca-se o uso de fontes renováveis de energia integrada às edificações, a exemplo da energia solar FV.

No Brasil, a partir de 2001, com a necessidade de racionamento de energia, o governo federal tomou uma série de medidas para minimizar o consumo de equipamentos eletrônicos nas edificações. A Lei N.º 10.295 e o Decreto N.º 4.059, que dispõem sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, deixam clara a necessidade da criação de indicadores técnicos referenciais de eficiência para o consumo e para as edificações (CARLO *et al.*, 2004). A Resolução Normativa N.º 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, de 2012, com revisão em 2015, condicionou a inclusão de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica no Brasil, bem como deu origem ao sistema de compensação de energia elétrica.

O Brasil apresenta um grande potencial para a implantação de energia solar FV, devido ao perfil do consumo energético brasileiro e aos níveis de irradiação solar no país (RÜTHER *et al.*, 2011).

O sistema de energia solar FV já é utilizado em algumas instituições de ensino, em diferentes estados do Brasil, uma vez que a grande maioria apresenta predomínio de uso diurno, coincidindo com o pico de geração solar FV, além de auxiliar na difusão do desenvolvimento sustentável através da educação.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo dimensionar um sistema de geração de energia solar FV a fim de que o mesmo supra integralmente o consumo de energia de uma edificação pública de caráter institucional na cidade de Pelotas-RS, com intuito de estimular o uso de uma fonte renovável de energia instalada próxima ao ponto de consumo, bem como disseminar o conhecimento e instituir os princípios de sustentabilidade à comunidade.

3. MÉTODO

O método deste trabalho foi dividido em seis principais etapas:

1. Caracterização da edificação.
2. Caracterização do consumo energético da edificação, a partir de dados de consumos fornecidos pela concessionária de energia elétrica.
3. Caracterização do entorno e estudo de sombras.
4. Cálculo da radiação solar média diária mensal.
5. Especificação dos módulos solares utilizados.
6. Cálculo da potência instalada e energia FV gerada pelo sistema.

3.1. Objeto de estudo

O objeto de estudo trata-se do Instituto Estadual de Educação Assis Brasil, localizado na cidade de Pelotas, RS. A edificação, que apresenta características Art Dèco como mostra a Figura 1, foi fundada em 1940 e atualmente atende o ensino infantil, ensino fundamental, ensino médio, magistério, técnico em magistério, educação de jovens e adultos e educação de surdos, nos turnos diurno e noturno, com horário de funcionamento das 07h00min às 22h45min de segunda à sexta-feira. (MOURA *et al.*, 2003).



Figura 1 – Instituto de Educação Assis Brasil.

A cidade de Pelotas localiza-se na região Sul do Estado do Rio Grande do Sul e possui 328.275 habitantes, sendo a terceira cidade mais populosa do estado. Possui 31°46'19" de latitude Sul e 52°20'33" de longitude Oeste, clima subtropical úmido e temperatura média anual de 17,6°C.

3.2. Caracterização da edificação

A área total da edificação divide-se em oito blocos de três pavimentos, com funcionalidades distintas. Nesse estudo foram selecionados dois blocos para a implantação do sistema, identificados como A e B, onde são ministradas aulas para o ensino fundamental e ensino médio, conforme apresentado na Figura 2.

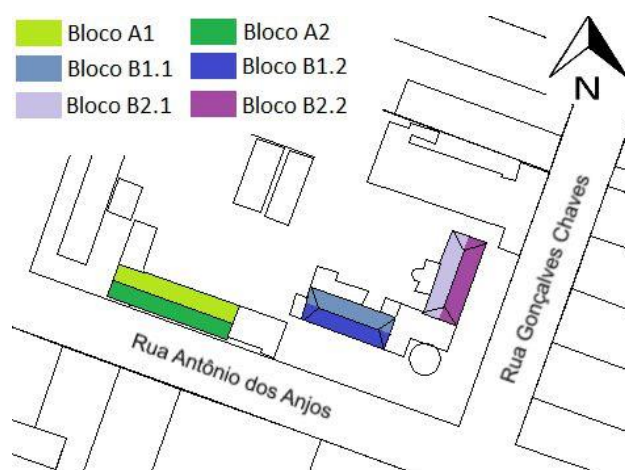


Figura 2 – Implantação do Instituto de Educação Assis Brasil.

Observando a implantação, verifica-se a horizontalidade da cobertura da edificação, o que proporciona uma considerável área disponível para a inserção do sistema solar FV.

O bloco A possui telhado de duas águas com telha de fibrocimento e inclinação igual a 10%. Já o bloco B, que foi subdividido em quatro partes, possui telhado de quatro águas com telha cerâmica e inclinação igual a 30%.

A área de cobertura do bloco A foi classificada como A.1 e A.2, conforme as orientações das inclinações dos telhados. O telhado A.1 está orientado para Nordeste e tem desvio azimutal do Norte de 20°. Enquanto o telhado A.2 está orientado para Sudoeste e tem desvio azimutal do Norte de -160°.

A área de cobertura do bloco B foi dividida em B1 e B2, e subdividida em B1.1, B1.2 e B2.1, B2.2, conforme as orientações das inclinações dos telhados. O telhado B1.1 está orientado para Nordeste e tem desvio azimutal do Norte de 20°, o telhado B1.2 está orientado para Sudoeste e tem desvio azimutal do Norte de -160°. O telhado B2.1 está orientado para Noroeste e tem desvio azimutal do Norte de -71°, e o telhado B2.2 está orientado para Sudeste e tem desvio azimutal do Norte de 109°, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização das coberturas da edificação.

Elemento	Nome	Orientação	Desvio Azimutal (°)	Inclinação (°)	Área (m ²)
Cobertura em fibrocimento	A1	NE	20	5	188,39
Cobertura em fibrocimento	A2	SO	-160	5	188,39
Cobertura em telha cerâmica	B1.1	NE	20	17	141,32
Cobertura em telha cerâmica	B1.2	SO	-160	17	150,96
Cobertura em telha cerâmica	B2.1	NO	-71	17	108,15
Cobertura em telha cerâmica	B2.2	SE	109	17	108,15

3.3. Características de consumo da edificação

Através de dados fornecidos pela Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica –CEEE – foram obtidos os dados de consumo mensal em kWh da escola no ano de 2016 para cinco meses consecutivos conforme a Tabela 2:

Tabela 2 – Dados de Consumo no ano de 2016 fornecidos pela CEEE.

Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Média Mensal
Consumo em kWh	2.948	1.472	2.465	3.211	3.375	3.017

Salienta-se que não foi possível o acesso dos dados referente aos 12 meses consecutivos, para verificar o consumo anual da edificação. Por se tratar de uma escola estadual, as faturas são encaminhadas diretamente ao governo do estado e a escola não possui acesso às mesmas.

Desconsiderando-se os meses de recesso estudantil (janeiro/fevereiro), foi calculada a média de consumo entre os valores dos meses de março, abril e maio. Média de consumo considerando três meses = $9.051 \text{ kWh} / 3 \text{ meses} = 3.017 \text{ kWh}$

O custo do kWh em Pelotas no mês de maio de 2016 foi R\$ 0,75, portanto o gasto médio mensal para a escola foi R\$ 2.262,75.

O consumo de energia elétrica desta Instituição é devido principalmente à iluminação artificial noturna dos ambientes, uma vez que os únicos equipamentos de climatização são os ventiladores de teto. Os condicionadores de ar encontram-se instalados somente nas salas da diretoria e dos professores. Além disso, o funcionamento da Instituição ocorre em maior parte no período diurno, onde há a incidência de iluminação natural.

3.4. Estudo de sombras

O estudo de sombras foi realizado através do software Google SketchUp, levando em consideração as coordenadas geográficas da cidade de Pelotas e a estimativa da volumetria das edificações do entorno imediato. O prédio encontra-se em um terreno de esquina em área de uso misto, onde predominam residências de 1 a 2 pavimentos, com poucos edifícios. Portanto, a edificação em estudo não será afetada por sombras de outras edificações, apenas por sombras geradas pelo próprio prédio.

As simulações foram realizadas nos solstícios de verão e de inverno, dias 21 de dezembro e 21 de junho respectivamente e nos equinócios de outono e de primavera, dias 20 de março e 23 de setembro, respectivamente, nos horários das 7:30 h às 18:30 h.

Após a realização destes estudos notamos a incidência de sombras na cobertura da edificação, em alguns horários. Por este motivo, para o cálculo da geração de energia solar FV, foram desconsiderados os dados de radiação nos horários em que o sistema receberia sombreamento. Este sombreamento é gerado pela própria inclinação do telhado e acontece nos solstícios de verão e inverno, no início da manhã e no final do dia, nos blocos B1.2, B2.1 e B2.2, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Valor descontado da radiação devido ao sombreamento.

Superfície	Orientação/Inclinação	Data	Horário (h)	Valor descontado de Radiação (kWh/m ² .dia)	Valor total descontado na superfície (kWh/m ² .dia)
B1.2	-160° / 17°	Solstício de Inverno	7:30 às 9:30	0,374	0,417
			16:30 às 18:30	0,043	
B2.1	-71° / 17°	Solstício de Inverno	7:30 às 9:30	0,433	0,503
			16:30 às 18:30	0,07	
B2.2	109°/17°	Solstício de verão	16:30 às 18:30	0,499	0,499

Os valores de radiação, fornecidos pelo software RADIASOL, encontrados nos horários de sombra na superfície estudada foram descontados dos valores de radiação solar média diária, pois o módulo sombreado, ou seja, com menor radiação, vai condicionar a mesma corrente aos outros módulos conectados em série.

3.5. Dados de Radiação Solar Diária - Software RADIASOL

Para realizar o estudo comparativo utilizou-se os dados de radiação solar global horizontal para a cidade de Pelotas, que se encontra nas coordenadas de latitude 31°46'19" S e longitude 52°20'33" W, os quais foram obtidos através do banco de dados do Atlas solarimétrico do Brasil e inseridos no software RADIASOL, desenvolvido pelo laboratório de energia solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O programa tem como parâmetros de entrada o desvio azimutal do Norte e o ângulo de inclinação da superfície e tem como valor de saída uma tabela com valores de radiação solar média diária mensal em kWh/m² dia. A Tabela 4 apresenta os valores de radiação solar, médias diárias mensais, para as inclinações de cada superfície, já considerando o montante descontado (Tabela 3).

Tabela 4 – Valores de radiação solar média diária mensal para Pelotas.

Valores de radiação solar diária para Pelotas (kWh/m ² .dia)						
Desvio do Norte / Inclinação do Módulo	A1	A2	B1.1	B1.2	B2.1	B2.2
	Cobertura em fibrocimento	Cobertura em fibrocimento	Cobertura em telha cerâmica	Cobertura em telha cerâmica	Cobertura em telha cerâmica	Cobertura em telha cerâmica
	Inclinação 10%	Inclinação 10%	Inclinação 30%	Inclinação 30%	Inclinação 30%	Inclinação 30%
	Orientação Nordeste	Orientação Sudoeste	Orientação Nordeste	Orientação Sudoeste	Orientação Noroeste	Orientação Sudeste
Meses	20° / 05°	- 160° / 05°	20° / 17°	-160° / 17°	-71° / 17°	109° / 17°
Jan	6,585	6,555	6,446	6,344	6,442	6,403
Fev	5,812	5,699	5,788	5,413	5,69	5,558
Mar	5,235	5,006	5,360	4,600	5,137	4,875
Abr	3,885	3,640	4,080	3,286	3,821	3,546
Mai	3,158	2,863	3,440	2,459	3,113	2,778
Jun	2,860	2,519	3,204	1,638	2,324	2,443
Jul	2,689	2,450	2,919	2,129	2,651	2,381
Ago	3,664	3,352	3,940	2,911	3,601	3,253
Set	4,514	4,279	4,671	3,892	4,431	4,164
Out	5,578	5,415	5,618	5,072	5,465	5,277
Nov	6,666	6,595	6,567	6,323	6,524	6,436
Dez	6,936	6,931	6,752	6,732	6,244	6,27

Tabela 4 – Valores de radiação solar média diária mensal para Pelotas.

Desvio do Norte / Inclinação do Módulo	A1	A2	B1.1	B1.2	B2.1	B2.2
	Cobertura em fibrocimento	Cobertura em fibrocimento	Cobertura em telha cerâmica	Cobertura em telha cerâmica	Cobertura em telha cerâmica	Cobertura em telha cerâmica
	Inclinação 10%	Inclinação 10%	Inclinação 30%	Inclinação 30%	Inclinação 30%	Inclinação 30%
	Orientação Nordeste	Orientação Sudoeste	Orientação Nordeste	Orientação Sudoeste	Orientação Noroeste	Orientação Sudeste
	20° / 05°	- 160° / 05°	20° / 17°	-160° / 17°	-71° / 17°	109° / 17°
Total	57,582	55,304	58,785	50,799	55,443	53,384
Média	4,799	4,609	4,899	4,233	4,620	4,449

3.6. Caracterização dos módulos solares

Para este trabalho foram escolhidos dois tipos de módulos, o de silício amorfo modelo PVL 124W do fabricante UNISOLAR e o de silício policristalino modelo YL325P-35B do fabricante Yingli Solar, conforme especificações na Tabela 5.

Tabela 5 – Especificações dos Módulos Solares FV.

Módulo	Potência (kWp)	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m ²)	Eficiência (%)	Peso (kg)	Nº Células
YGE 72	0,33	1,96	0,99	1,94	17,70	25,50	72,00
PVL 124W	0,12	5,50	0,40	2,20	6,00	7,50	20,00

Os modelos foram escolhidos de acordo com o tipo de telhado e pela quantidade de energia gerada pelo sistema. O modelo de silício amorfo foi adotado para a cobertura de fibrocimento, pois é leve e flexível, utilizando a telha como própria estrutura de apoio. O modelo de silício policristalino foi adotado para a cobertura com telha cerâmica por apresentar maior potência de geração e também devido ao tipo de telha e sua estrutura que podem suportar uma maior carga, embora não tenha sido realizada uma análise das condições estruturais da edificação.

Para a edificação em estudo foi proposto o sistema interligado à rede elétrica pública, e assim, será necessário o uso de um inversor para cada arranjo de módulos. O inversor de um sistema FV conectado à rede elétrica pública é um dispositivo eletrônico de potência que transforma em corrente alternada a corrente contínua proveniente dos módulos.

4. RESULTADOS

4.1. Potencial de geração

Levando em consideração a área disponível em cada cobertura, o tipo de módulo solar, e os dados de radiação fornecidos pelo software RADIASOL, foi realizado o cálculo para determinar o potencial de geração de energia através da equação 1:

$$P_{FV} = \frac{E \cdot G}{H_{TOT} \cdot R} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

P_{FV}: Potência instalada [kW];

E: Energia gerada [kWh/mês];

G: Irradiância [1kW/m²];

H_{tot}: Irradiação média diária mensal [kWh/m².dia];

R: Performance do sistema [80%].

Considerou-se toda a área de cobertura disponível, de acordo com a classificação do telhado e a tipologia do módulo utilizado, para instalação do sistema de energia solar FV, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Geração de energia.

Identificação	Área (m ²)	Módulo	Área do Módulo (m ²)	Eficiência do módulo (%)	Quantidade de módulos disponíveis	Potência instalada (kWp)	Radiação média anual total (kWh/m ²)	Radiação média anual considerando sombreamento (kWh/m ²)	Energia gerada (kWh/ano)	Energia Média gerada (kWh/mês)
A1	188,39	PVL124	2,20	6,00	85	10,54	1751,45	1751,45	14768,25	1230,69
A2	188,39	PVL124	2,20	6,00	85	10,54	1682,16	1682,16	14184,00	1182,00
B1.1	141,31	YGE 72	1,94	17,70	72	23,4	1788,04	1788,04	33472,18	2789,35
B1.2	150,96	YGE 72	1,94	17,70	77	25,03	1697,35	1545,14	30933,63	2577,80
B2.1	108,15	YGE 72	1,94	17,70	55	17,88	1869,98	1686,39	24115,39	2009,62
B2.2	108,15	YGE 72	1,94	17,70	55	17,88	1805,89	1623,76	23219,82	1934,98

Após a comparação entre os valores de energia gerada (kWh/mês) e energia consumida (média mensal de 3.017 kWh) conforme apresentado na Tabela 2, nota-se que a área total de cobertura disponível tem capacidade para gerar 11.724,44 kWh/mês, tornando assim, o potencial de geração do edifício superior ao de consumo. Dessa forma, tomou-se a decisão de localizar os módulos solares em apenas três coberturas distintas para não danificar a estrutura existente devido ao peso total do conjunto, assim como para estudar duas tecnologias diferentes (silício amorfo e silício policristalino) e não gerar maior energia além do necessário para o consumo da edificação. Para melhor aproveitamento do sistema serão utilizadas as coberturas com o melhor posicionamento solar, A1, B1.1 e B2.1 respectivamente.

A energia consumida na edificação, calculada a partir das médias mensais apresentadas na Tabela 2, é de 36.204,00 kWh/ano, e segundo a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL (2012) qualquer central geradora que utilize fontes de energia solar com potência instalada menor ou igual a 75 kW conectada na rede de distribuição é considerada uma microgeração distribuída. Caso exista um excedente na quantidade de geração de energia serão disponibilizados créditos na concessionária de energia elétrica, com validade de 60 meses após a data do faturamento.

A área de cobertura do bloco A1 será parcialmente coberta com o módulo de silício amorfo, com eficiência igual a 6,00%, totalizando 77 módulos com geração de 13.364,76 kWh/ano. Os blocos B1.1 e B2.1, onde serão utilizados os módulos de silício policristalino, com eficiência de 17,70%, necessitam de 26 e 28 módulos solares, gerando 12.076,40 kWh/ano e 11.235,89 kWh/ano, respectivamente. O total de energia gerado pelo sistema é de 36.677,05kWh/ano, conforme resultados apresentados nas Tabelas 7, 8 e 9.

Tabela 7 – Geração de energia – Cobertura A1.

Superfície A1								
Mês	Radiação	G	Nº dias	R	Pfv Unitária	Nº Módulos	Pfv	E
Jan	6,585	1	31	0,8	0,124	77	9,548	1559,265
Fev	5,812	1	28	0,8	0,124	77	9,548	1243,043
Mar	5,235	1	31	0,8	0,124	77	9,548	1239,598
Abr	3,885	1	30	0,8	0,124	77	9,548	890,2555
Mai	3,158	1	31	0,8	0,124	77	9,548	747,7841
Jun	2,860	1	30	0,8	0,124	77	9,548	655,3747
Jul	2,689	1	31	0,8	0,124	77	9,548	636,7294
Ago	3,664	1	31	0,8	0,124	77	9,548	867,6
Set	4,514	1	30	0,8	0,124	77	9,548	1034,392
Out	5,578	1	31	0,8	0,124	77	9,548	1320,817
Nov	6,666	1	30	0,8	0,124	77	9,548	1527,527

Tabela 7 – Geração de energia – Cobertura A1.

Superfície A1								
Mês	Radiação	G	Nº dias	R	Pfv Unitária	Nº Módulos	Pfv	E
Dez	6,936	1	31	0,8	0,124	77	9,548	1642,378
Total	57,582	-	365	-			-	13364,76
Média	4,799	1	30,41667	0,8			-	1113,73

Tabela 8 – Geração de energia – Cobertura B1.1.

Superfície B1.1								
Mês	Radiação	G	Nº dias	R	Pfv Unitária	Nº Módulos	Pfv	E
Jan	6,446	1	31	0,8	0,325	26	8,45	1350,824
Fev	5,788	1	28	0,8	0,325	26	8,45	1095,553
Mar	5,360	1	31	0,8	0,325	26	8,45	1123,242
Abr	4,080	1	30	0,8	0,325	26	8,45	827,424
Mai	3,440	1	31	0,8	0,325	26	8,45	720,8864
Jun	3,204	1	30	0,8	0,325	26	8,45	649,7712
Jul	2,919	1	31	0,8	0,325	26	8,45	611,7056
Ago	3,940	1	31	0,8	0,325	26	8,45	825,6664
Set	4,671	1	30	0,8	0,325	26	8,45	947,2788
Out	5,618	1	31	0,8	0,325	26	8,45	1177,308
Nov	6,567	1	30	0,8	0,325	26	8,45	1331,788
Dez	6,752	1	31	0,8	0,325	26	8,45	1414,949
Total	58,785	-	365	-			-	12076,40
Média	4,899	1	30,41667	0,8			27,625	1006,366

Tabela 9 – Geração de energia – Cobertura B 2.1.

Superfície B2.1								
Mês	Radiação	G	Nº dias	R	Pfv Unitária	Nº Módulos	Pfv	E
Jan	6,344	1	31	0,8	0,325	28	9,1	1431,714
Fev	5,413	1	28	0,8	0,325	28	9,1	1103,386
Mar	4,600	1	31	0,8	0,325	28	9,1	1038,128
Abr	3,286	1	30	0,8	0,325	28	9,1	717,6624
Mai	2,459	1	31	0,8	0,325	28	9,1	554,9471
Jun	1,638	1	30	0,8	0,325	28	9,1	357,7392
Jul	2,129	1	31	0,8	0,325	28	9,1	480,4727
Ago	2,911	1	31	0,8	0,325	28	9,1	656,9545
Set	3,892	1	30	0,8	0,325	28	9,1	850,0128
Out	5,072	1	31	0,8	0,325	28	9,1	1144,649
Nov	6,323	1	30	0,8	0,325	28	9,1	1380,943
Dez	6,732	1	31	0,8	0,325	28	9,1	1519,278
Total	50,799	-	365	-			-	11235,89
Média	4,233	1	30,41667	0,8			27,625	936,3239

A Figura 3 apresenta a geração de energia mensal em cada cobertura, A1, B1.1 e B2.1, onde pode-se observar que a maior geração de energia FV ocorre na cobertura A1, a qual recebe o módulo de silício

amorfo, que apesar de possuir menor potência encontra-se em maior quantidade.

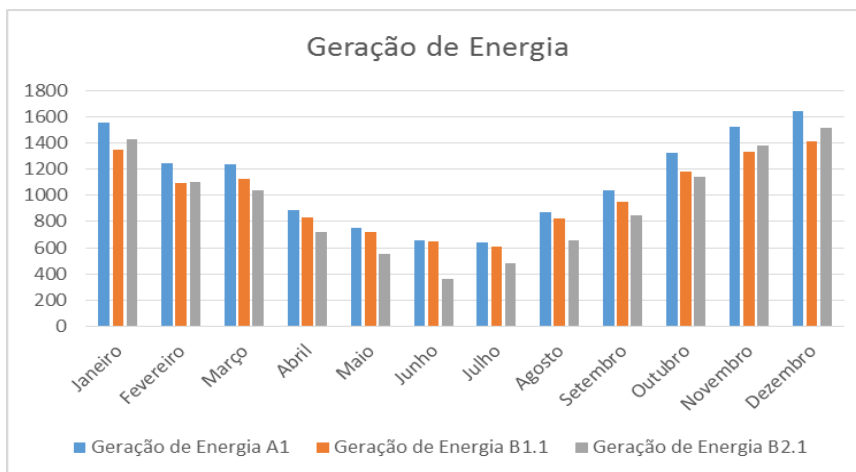


Figura 3 – Geração de energia.

A Figura 4 apresenta o consumo e a geração de energia mensal, onde se pode observar que nos meses de outubro a março a geração de energia supera o consumo necessário, sendo injetada na rede de energia da concessionária. Já nos meses de abril a setembro, ocorre o inverso, o consumo é maior que a geração de energia FV sendo necessário o uso da energia disponibilizada pela concessionária e onde se pode utilizar os créditos dos meses de maior geração.

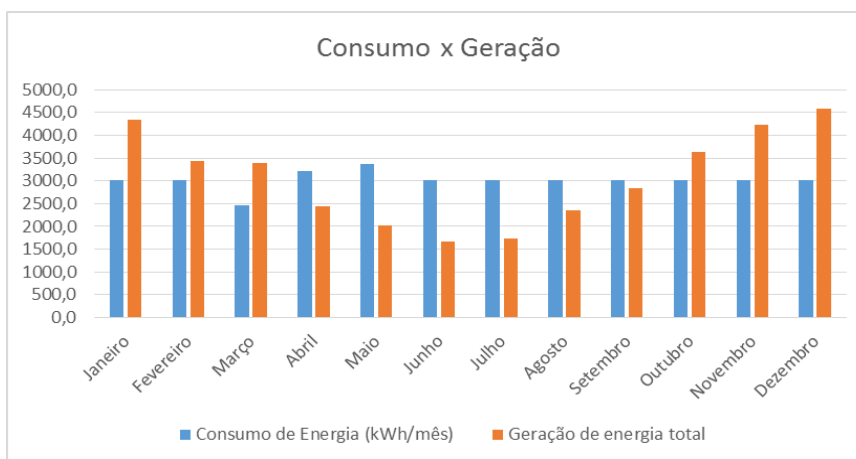


Figura 4 – Consumo e geração de energia mensal.

5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, verifica-se que a edificação objeto de estudo possui potencial de geração de energia FV além do seu consumo, fato devido à grande área de cobertura disponível, bem como pelo baixo consumo, o qual se deve principalmente à iluminação artificial noturna dos ambientes e por não possuir sistema de climatização artificial na maioria das salas. Além disso, os gabaritos das construções do entorno imediato não conferem sombreamento à edificação, e as sombras que se verificam são somente ocasionadas pela própria construção e não prejudicam de forma significativa o recebimento da radiação solar.

Esse estudo determinou a colocação de módulos mais leves sobre a estrutura que tem pouca capacidade de suporte (fibrocimento), porém, como esse tipo de módulo possui menor potência de geração que os módulos que foram dispostos sobre a cobertura cerâmica, o número de módulos necessários para o arranjo foi significativamente maior.

Por fim, o presente estudo demonstra que a implantação dos sistemas com módulos solares FV em ambientes escolares, além de promover uma geração de energia limpa e renovável originando economia de recursos financeiros a longo prazo, visa incentivar a consciência ambiental, envolvendo estudantes, professores e a comunidade na busca por soluções sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa N.º 482**, 2012.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa N.º 687**, 2015.

CARLO, Joyce; PEREIRA, Fernando O. R.; LAMBERTS Roberto. **Iluminação Natural para Redução do Consumo de Energia de Edificações de Escritório Aplicando Propostas de Eficiência Energética para o Código de Obras do Recife**. 2004.

DURANTE, L.C.; CALLEJAS, I.J.A.; BEUTER, C.; SOUZA, D.F. de; ROSSETI, K. de A.C. **Sistema de Iluminação Integrada em Edificação Lat 15 Sul e Potencial de Uso de Geração Fotovoltaica**. Revista Hábitat Sustentable Vol. 4, N.º. 2, 2014.

PEREIRA, E.B.; MARTINS, F.R.; ABREU, S.L. de; RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos. 1ª Edição, 2006.

MOURA, R.G.M.R.; SCHLEE, R.A. **100 Imagens da Arquitetura Pelotense**. Pallotti, 2ª edição, 2003.

ROJAS, W.R.; BENAVIDES, C.M. **Discusión y Evaluación de Fuentes de Luz Artificial para La Caracterización de Dispositivos Fotovoltaicos**, 2014.

RÜTHER, R.; SALAMONI, I. **O Potencial dos Setores Urbanos Brasileiros para a Geração de Energia Solar Fotovoltaica de Forma Integrada às Edificações**. Fórum Patrimônio. Mudanças climáticas e o impacto nas cidades, V.4, N.º1, 2011.