

# AVALIAÇÃO DE POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA INTEGRADO A PRÉDIO INSTITUCIONAL: O CASO DA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS-RS

*Julye Moura Ramalho de Freitas*

Arquiteta e Urbanista- Mestranda Prograu- Universidade Federal de Pelotas, UFPel,  
Rua Benjamin Constant, nº 1359, CEP 96010-020, Pelotas, RS, Brasil.

E-mail: <juramalhof@hotmail.com>.

*Vitoria Borges da Fonseca Cumerlato*

Arquiteta e Urbanista- Mestranda Prograu- Universidade Federal de Pelotas, UFPel,  
Rua Benjamin Constant, nº 1359, CEP 96010-020, Pelotas, RS, Brasil.

E-mail: <vitoriacumerlato@gmail.com>.

*Isabel Tourinho Salamoni*

Arquiteta e Urbanista (UCPel), Doutora em Engenharia Civil (UFSC), Universidade Federal de Pelotas, UFPel,  
Rua Benjamin Constant, nº 1359, CEP 96010-020, Pelotas, RS, Brasil.

E-mail: <isalamoni@gmail.com>.

## RESUMO

O artigo apresenta uma avaliação de potencial de energia fotovoltaica por meio de um sistema fotovoltaico, instalado na Universidade Católica de Pelotas - UCPel. O projeto tem como objetivo amenizar o impacto energético da universidade para com a cidade de Pelotas, além de proporcionar uma diminuição de consumo de energia elétrica e de custos monetários.

A Universidade Católica de Pelotas veio a se tornar objeto de estudo por possuir campus descentralizados e uma enorme área física. Assim, projetou-se um sistema interligado à rede elétrica pública e capaz de atender parte da demanda do Campus I, gerando uma economia de mais de 30% de energia. A partir deste projeto, o sistema de energia fotovoltaica pode ser redimensionado, fazendo com que o mesmo venha a suprir toda a demanda do campus I e, possuindo energia excedente, esta poderá ser transformada em créditos para serem aproveitados nos demais campus.

Com este estudo, o presente artigo visa contribuir com a propagação da tecnologia fotovoltaica e com a inserção da mesma em prédios institucionais para que toda economia de gastos advindos do uso da energia solar, possa ser utilizada para financiar programas e projetos educacionais.

**Palavras-chave:** Energia fotovoltaica. Impacto energético. Energia limpa Prédios institucionais. Energia Solar. BVPI.

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo de forma desenfreada. De acordo com a *Empresa de Pesquisa Energética (EPE)*, o crescimento de energia elétrica no ano de 2012 foi liderado pelos setores de serviços e comércio e residencial, que unidos resultaram em 185 TWh, representando 43% do valor total de consumo.

O Programa Luz para Todos, incluiu mais de três milhões de casas, totalizando cerca de quinze milhões de pessoas beneficiadas com acesso à energia elétrica, no final do ano de 2012. Com isso, a geração total de energia no país atingiu 552,5 TWh.

Atualmente, no Brasil, a principal fonte de energia são as usinas hidrelétricas juntamente com as termoeletricas. Porém, segundo o *Balanco Energético Nacional de 2014 - BEN 2014*, devido às condições hidrológicas desfavoráveis, há uma redução de oferta de energia hidráulica.

No ano de 2013, houve uma queda de 5,4%. Ocorreu também uma queda na participação da energia renovável na matriz hidrelétrica brasileira, de 84,5% em 2012 para 79,3% em 2013, apesar de instalados mais 1.724 MW na potência instalada do parque hidrelétrico. Abaixo, o gráfico da Fig.1 mostra um comparativo entre a capacidade de produção de energia por meio de usinas hidrelétricas e a demanda brasileira estimada, até o ano de 2030.

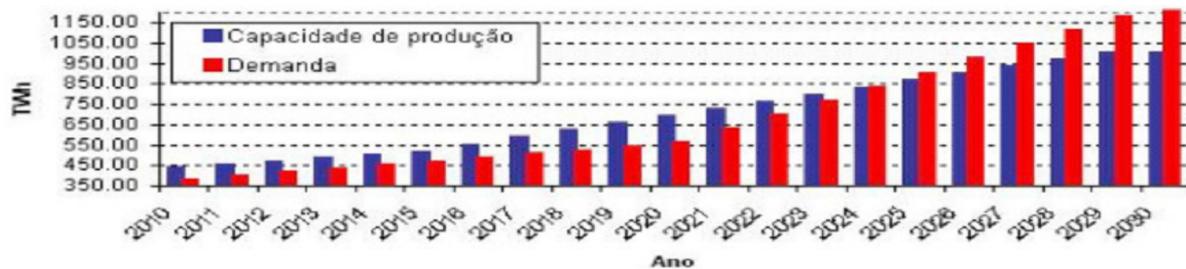


Figura 1: Gráfico de Energia Hidroelétrica do Brasil.

Fonte: MME, 2015.

Devido ao crescimento da demanda de energia hidrelétrica, mesmo que elevássemos o potencial hidrelétrico para 80%, poderia não ser o suficiente. Além disso, a exploração da hidroeletricidade desencadeia diversos fatores ambientais e sociais.

Baseado nestes dados, como iremos suprir uma demanda de energia que, em um futuro próximo, virá a ser maior que a ofertada no nosso país?

A Energia Solar Fotovoltaica vem sendo estudada para que possa se tornar uma das soluções para nossa possível falta de energia. O sistema composto de painéis solares feitos de silício convertem de forma direta a luz solar em eletricidade, classificando essa tecnologia como uma fonte renovável de energia. Os sistemas solares fotovoltaicos são capazes de gerar energia elétrica de forma a atender a demanda local, aumentando a capacidade da rede de distribuição, reduzindo picos de carga e evitando as perdas por transmissão e distribuição (SALAMONI et al., 2010).

No ano de 1839, o efeito fotovoltaico foi analisado pela primeira vez pelo físico Alexandre Edmond Becquerel. Ele constatou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas em um

eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas a luz. A primeira célula fotovoltaica foi produzida em 1953 por Calvin Fuller, depois de anos de estudo dessa célula Fuller foi apresentado na reunião anual da National Academy of Sciences, em Washington, EUA e logo após foi anunciada em uma conferência de imprensa como uma célula com eficiência de 6%. A primeira aplicação se deu em Americus, no estado da Georgia, EUA, foi em um sistema para alimentar uma rede telefônica (VALLÊRA; BRITO, 2006).

Hoje em dia já existem no mercado células que chegam a uma eficiência de até 14% (MORI; SANTOS; SOBRAL, 2007), se tornando mais viáveis tanto ambientalmente como economicamente. Dentre as suas vantagens podemos citar que essa tecnologia não consome combustível, não produz poluição e contaminação ambiental, sua vida útil ultrapassa os vinte anos, não produz ruídos, é resistente a condições climáticas extremas e a única manutenção que exige é a limpeza do painel. Outra vantagem é que a potência instalada pode ser aumentada a qualquer momento por meio da incorporação de módulos adicionais ao sistema. (FERREIRA; DEMANBORO, 2009).

Existem alguns fatores que favorecem a implantação da energia fotovoltaica no Brasil, como os altos índices de radiação solar, superiores aos encontrados nos países europeus, o fato de que o silício é o segundo material mais abundante na terra e a legislação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A partir de 2012, pela Resolução Normativa 482 da ANEEL, foram estabelecidas condições gerais para a conexão à rede de microgeração e minigeração distribuída no nosso país, além da criação do Sistema de Compensação de Energia, que permite que sistemas de geração de eletricidade provindos de fontes renováveis possam ser ligados à rede elétrica suprindo a demanda local e injetando a energia excedente na rede, gerando créditos de energia (ANEEL, 2012).

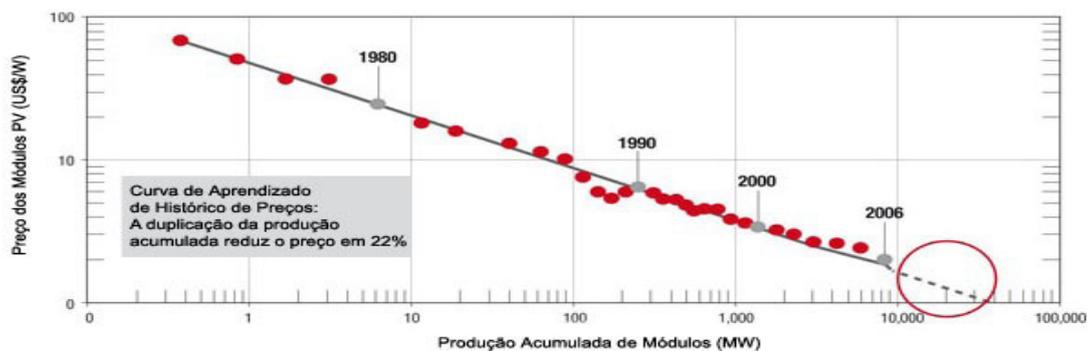
Instalações fotovoltaicas conectadas à rede podem apresentar duas configurações diferentes: pode ser uma usina convencional, afastada do ponto de consumo ou integrada a edificação, também conhecida pela sigla BVPI (*building integrated photovoltaic*). As vantagens das instalações integradas as edificações além da proximidade com o ponto de consumo são que essa configuração dispensa o custo dos tradicionais sistemas de transmissão e distribuição, as estruturas do edifi-

cio podem ser aproveitadas para a instalação das placas e não requer área extra para instalação, os painéis fotovoltaicos podem funcionar como elementos arquitetônicos.

Outra questão importante é o aumento das tarifas de luz no nosso país. Segundo a AES Eletropaulo para os clientes de alta tensão (setores empresariais, comerciais e industriais) o valor médio do reajuste extraordinário foi de 32,5% em março de 2015. Esse aumento se deve à utilização de usinas termelétricas, que geram custos adicionais para suprir a demanda do país. Devido a escassez de chuvas, não ocorre a recomposição dos reservatórios das usinas hidrelétricas, sendo assim necessário a ativação das usinas termelétricas.

Se por um lado as tarifas de conta de luz vem aumentando, o custo da energia fotovoltaica vem diminuindo ao longo dos anos. No mercado internacional, os valores vem caindo de forma considerável nos últimos anos. Entre 2008 e 2009, o custo do watt caiu de US\$ 3,5 para US\$ 2. O gráfico abaixo mostra a curva de aprendizado dos preços de módulos fotovoltaicos desde de 1975, com previsão de redução de até 22%. E de acordo com a estimativa, os valores seguirão caindo (IDEAL, 2014).

Curva de aprendizado dos preços de módulos fotovoltaicos desde 1975



Fonte: EPIA 2009 - www.setfor2020.eu, com base em dados da EU Joint Research Centre - EIA - National Renewable Energy Laboratory - A.T. Kearney analysis.

Gráfico 2: Curva de Aprendizado de Histórico de Preços: Módulos de Energia Fotovoltaica.

Fonte: EPIA 2009.

A implantação de um sistema de energia fotovoltaica no setor residencial pode ainda estar longe da realidade brasileira, porém sua integração à prédios institucionais está começando a se tornar possível e vantajosa.

Os prédios institucionais, principalmente as universidades e escolas de ensino, além de possuírem grande área física, abrangem diversos tipos de atividades e amplo horário de funcionamento, o que resulta em uma alta demanda por energia elétrica. Esse consumo acaba impactando

de forma negativa no quadro de consumo energético do país.

A Universidade de Brasília - UnB, por exemplo, nos últimos três anos teve seu consumo médio de energia em torno de 1 milhão e 500 mil KWh mensais, ocasionando um gasto de 416 mil reais por mês no ano de 2009. Segundo o professor Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira, do Departamento de Engenharia Elétrica, o gasto está dentro do aceitável para uma universidade do tamanho da UnB, que reúne mais de 30 mil pessoas diariamente. No

entanto, o professor defende que o consumo pode ser reduzido de 20 a 30% com a racionalização do uso de energia e eliminação de excessos.

A energia elétrica destinada à iluminação é responsável por aproximadamente 44% do consumo no setor comercial e em serviços públicos (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007 apud MORALES, 2007). Com isso, a Universidade Federal do Paraná - UFPR está desenvolvendo trabalhos com estratégias para combater o desperdício de energia elétrica em escolas públicas, com foco nos gastos em iluminação. Fazem parte das estratégias a utilização de luminárias mais eficientes e projetos luminotécnicos adequados à sala de aula.

Se tratando de estratégias para diminuir o consumo de energia elétrica, no Rio Grande do Sul, a Universidade Federal de Pelotas - UFPel vem desenvolvendo um programa institucional com o intuito de estimular o bom uso da energia elétrica. O Programa de Bom Uso de Energia Elétrica (PROBEN), coordenado pelo Laboratório de Conforto e Eficiência Energética (LABCEE) da faculdade de Arquitetura e Urbanismo da universidade, busca propor e executar ações que visam reduzir a demanda e o consumo de energia elétrica nos quase 80 pontos de consumo da instituição. No ano de 2014, as ações do PROBEN representaram uma economia de quase 600 mil reais em gasto de energia elétrica da universidade e desde 2006 quando foi implantado o programa, a instituição já obteve uma economia em torno de 2,35 milhões (UFPEL/PROBEN).

Ainda que no início, já existem alguns projetos de sistema fotovoltaico instalados em prédios institucionais no Brasil. Um exemplo é a Universidade de Santa Catarina - UFSC, que em 1997 colocou em funcionamento o primeiro gerador solar fotovoltaico do país, totalmente integrado à arquitetura do prédio universitário. O gerador que possuía potência de 2 kWp, supria uma pequena parte do consumo de uma edificação de três andares, onde encontra-se inserido. Aos finais de semana, quando há energia excedente, esta é injetada na rede pública. Após a implantação do primeiro gerador, novos projetos-piloto foram instalados na universidade, fazendo com que o sistema original fosse ampliado para obter maior eficiência e economia energética.



Figura 2: Painéis solares fotovoltaicos instalados no Departamento da Engenharia Mecânica da UFSC

Fonte: <<http://noticias.ufsc.br>>.

Já no estado do Rio Grande do Sul, a Univates propôs um sistema de geração fotovoltaica a ser instalado na cobertura de um dos prédios da universidade. Inicialmente o projeto contava com 10 painéis que produziam uma média de 250 kWh por mês. Comprovada a eficiência do experimento, a partir de 2012 tiveram início diversos debates para aumentar a potência do sistema, que hoje conta com cerca de mil placas com capacidade total de 237,12 kWp.



Figura 3: Painéis solares instalados no prédio da Tecnovates - Univates

Fonte: <[www.univates.br](http://www.univates.br)>.

Nos Estados Unidos, o *Conselho Nacional de Recursos de Defesa* lançou a campanha Solar Schools (Fig. 4) para angariar fundos com o objetivo de instalar painéis solares em escolas americanas e capacitar as comunidades locais, de modo que as mesmas se envolvam nos projetos. Com sistemas fotovoltaicos, as escolas poderão diminuir os gastos em em contas de luz e usar essa economia para financiar programas educativos em prol dos alunos. Em novembro de 2014, juntamente com a plataforma Indiegogo, a campanha arrecadou o valor necessário para começar os experimentos em 3 à 5 escolas.



Figura 4: Campanha Solar Schools nos Estados Unidos  
Fonte: <greeme.com.br>.

## 2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é realizar uma avaliação de potencial de geração fotovoltaica na Universidade Católica de Pelotas (UCPel) por meio da instalação de um sistema fotovoltaico, afim de reduzir o impacto energético e os gastos financeiros com contas de luz da instituição e amenizar o impacto ambiental introduzindo uma tecnologia sustentável. Além disso, o trabalho deve possibilitar que o projeto seja estudado e conhecido pelas comunidades universitárias, afim de tornar possível sua instalação em um futuro próximo, servindo também de exemplo para demais instituições.

O estudo ainda irá auxiliar na difusão do uso de energia limpa, direcionando a economia de gastos em energia elétrica para financiamento de programas educativos para as universidades e escolas.

## 3 OBJETO DE ESTUDO

### 3.1 LOCAL

A cidade de Pelotas é considerada uma das capitais regionais do Brasil, possuindo uma população de 328.275 habitantes. Localizada no Rio Grande do Sul (RS) é a terceira cidade mais populosa do estado. Encontra-se localizada às margens do Canal São Gonçalo, que serve como ligação da Lagoa dos Patos à Lagoa Mirim.

Distante 250 Km da capital do estado (Porto Alegre), o município é caracterizado como cidade-universitária por possuir seis instituições de ensino superior, quatro escolas técnicas, além das diversas escolas de ensino fundamental e médio, servindo como centro de educação para as cidades vizinhas do interior.

Em relação ao clima, Pelotas é considerada uma cidade subtropical, com verões tépidos com precipitações regulares, enquanto os invernos são relativamente frios, com geadas frequentes e ocorrência de nevoeiros. No verão a temperatura média é de 34°C à 36°C e no inverno podendo chegar até 0°C (Prefeitura da Cidade de Pelotas).

### 3.2 EDIFICAÇÃO

A Universidade Católica de Pelotas (UCPel) foi a primeira universidade do interior do Rio Grande do Sul e encontra-se em funcionamento há mais de 50 anos. Ela é composta de três grandes campus: o Campus I, o Campus II e Campus da Saúde Dr. Franklin Olivé Leite. Além disso, a instituição possui o Hospital Universitário São Francisco de Paula (HUSFP) que é considerado o maior laboratório de ensino da universidade.

É importante ressaltar que a universidade funciona das 8 horas até as 22 horas de segunda à sexta, abrindo também aos sábados em horários diferenciados, e seu maior uso é de fevereiro à julho e de agosto à dezembro, quando encontra-se no período escolar.

Dentre o campi, o Campus I (Fig. 5 e 6) foi selecionado como objeto de estudo deste artigo por ser o prédio sede da universidade, o qual abriga maior número de cursos e alunos, nele funcionam diversos tipos de atividades, como o setor administrativo, reitoria, radio universitária e espaços de uso comum como a biblioteca, laboratórios de informática, auditório, museu, entre outros.



Figuras 5 e 6: Prédio C do Campus I da Universidade Católica de Pelotas

Fonte: <vestibular.ucpel.edu.br>.



Figura 7: Reitoria, Prédio A do Campus I da Universidade Católica de Pelotas

Fonte: <vestibular.ucpel.edu.br>.

Com mais de cinco mil metros quadrados de área construída, o Campus I é composto de sete prédios. Para a avaliação do potencial de energia fotovoltaica, alguns fatores foram levados em consideração como a orientação solar das edificações; alturas dos prédios e das construções do entorno, afim de evitar sombreamentos nos painéis solares; e a área das coberturas, onde os painéis serão instalados. Assim, os prédios B, C e E foram selecionados por atenderem melhor os fatores pré-estabelecidos (Fig. 8).

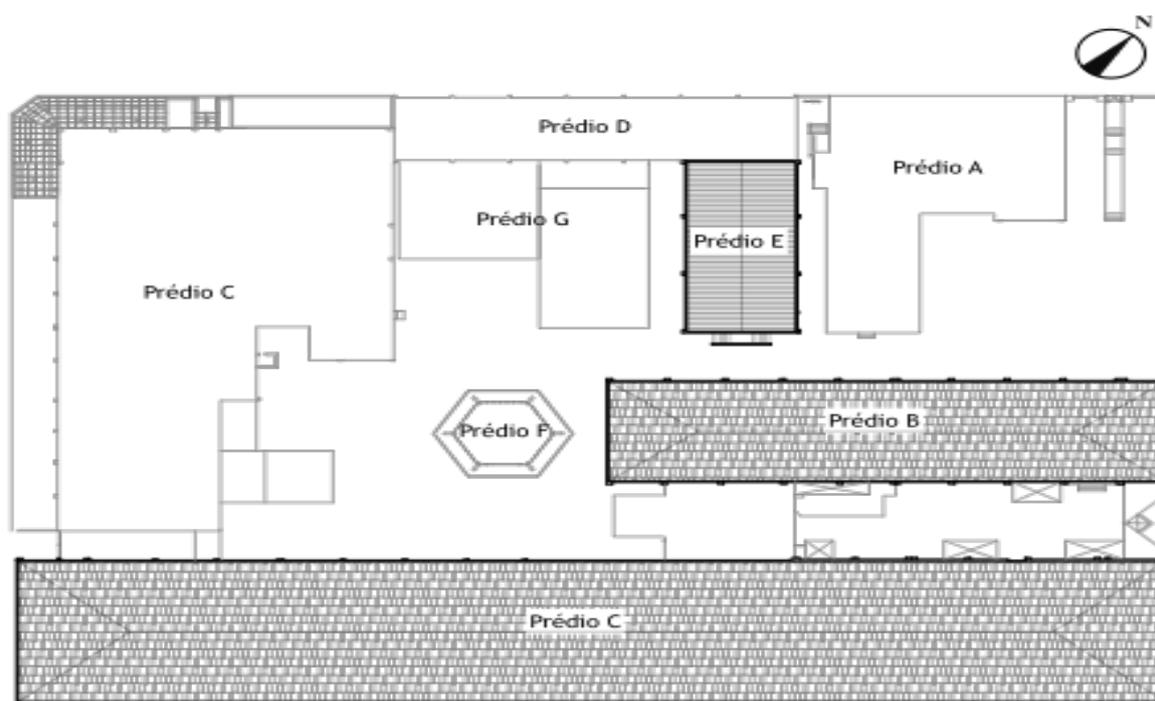


Figura 8: Planta de cobertura do Campus I da Universidade Católica de Pelotas

Para fins de criação e instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica, foram analisadas as coberturas dos três prédios selecionados. Como pode-se ver na Fig. 11, os prédios B e C possuem cobertura de telha cerâmica com inclinação de 35% e o prédio E possui cobertura de telha de fibrocimento com inclinação de 15%. A análise das coberturas das edificações é de grande importância já que são nesses espaços que os painéis solares fotovoltaicos serão instalados.

## 4 METODOLOGIA

Para realização do estudo, foram levantados dados de radiação solar da cidade de Pelotas, dados de consumo de energia do objeto de estudo e da tecnologia fotovoltaica a ser utilizada. Baseado

nestes dados, foram aplicados diversos cálculos para chegar aos resultados. Assim, o trabalho foi desenvolvido em 6 etapas, as quais estão listadas abaixo:

1. Análise dos prédios e de suas respectivas coberturas levando em consideração o entorno imediato e a tecnologia a ser utilizada com sua máxima eficiência (análise de características das coberturas e estudo de solar para definição de sombreamentos utilizando o programa Sketch Up 2015);
2. Definição da tecnologia a ser utilizada (tipo de sistema de energia solar fotovoltaica e tipo de painéis solares a serem instalados).
3. Levantamento dos dados de radiação solar para a cidade de Pelotas (Programa de Simulação de Radiação- Radiasol Solar);

4. Cálculos do potencial de geração de energia fotovoltaica dos sistemas instalados (aplicação de fórmulas e tabelas);
5. Análise de dados de consumo de energia elétrica do Campus I da Universidade Católica de Pelotas;
6. Cruzamento de dados do potencial de geração de energia fotovoltaica x dados de consumo energético do Campus I.

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DE COBERTURAS POR MEIO DO ESTUDO DE SOMBRAS

A primeira etapa da metodologia aplicada neste estudo, é uma simulação solar realizada para identificar a possibilidade de sombreamentos nos painéis solares fotovoltaicos. O objetivo é identificar os melhores locais para os painéis solares serem instalados. Para resultados mais precisos, a fig. 9 abaixo mostra o teste realizado nos solstícios de inverno e verão, nos horários de 12:00 e 16:00, onde a radiação solar é mais intensa.

Analisando o estudo solar, concluímos que o entorno e a própria universidade não causarão sombras nos painéis, já que os prédios onde os sistemas serão aplicados possuem maior altura que os demais.

### 5.2 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O sistema fotovoltaico é composto de painéis e inversores solares. Os painéis solares, que reagem com a luz do sol e produzem energia elétrica fotovoltaica, são conectados uns aos outros e então ligados no seu inversor solar. Este, por sua vez, tem o papel de converter a energia solar dos painéis (corrente contínua – CC) em energia elétrica.

O projeto realizado para a UCPel foi dimensionado em três sistemas. O sistema I e II, aplicados respectivamente nas coberturas dos prédios C e B, são compostos de painéis policristalinos YGE 72 (1960mm/990mm/40mm), com potência nominal de 310W. Para os dois sistemas foram utilizados um total de 480 placas, o que resultou em 148800 Wp. Já o sistema III (prédio E) é composto de rolos de filme fino de silício amorfo (5486mm/394mm/40mm) com potência nominal de 124W. Mesmo a tecnologia de silício amorfo não sendo a mais eficiente, ela foi utilizada no sistema III devido ao seu baixo peso já que a cobertura em questão é de telhas de fibrocimento e apresenta maior fragilidade se comparada com as demais coberturas utilizadas.

Na Figura 10, podem-se ver os painéis solares nas coberturas dos prédios C e B, os quais foram aplicados com a mesma inclinação dos telhados cerâmicos (35%). Na figura 11, o sistema

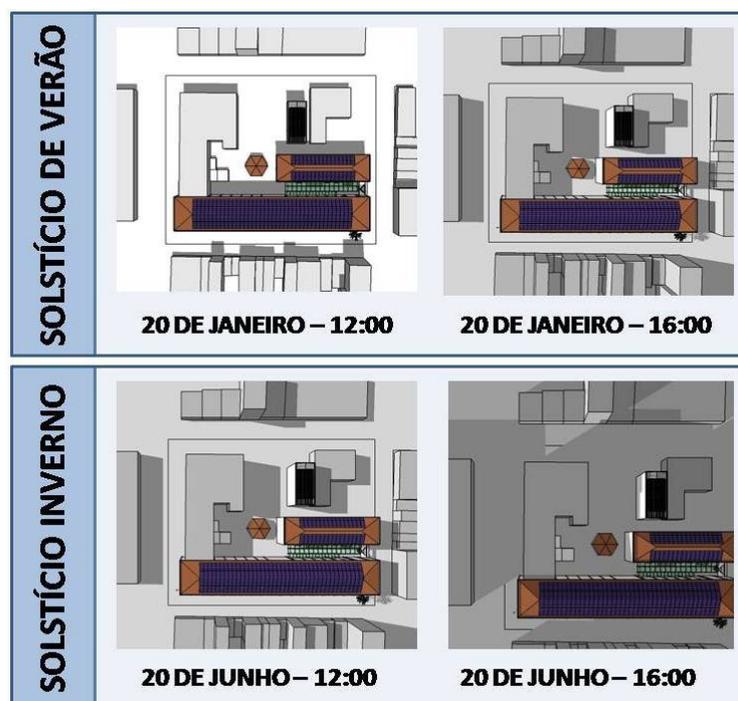


Figura 9: Estudo solar feito nos solstícios de inverno e verão, ao meio dia e as quatro horas da tarde

III fica em evidência com a aplicação dos rolos de filme fino de silício amorfo na mesma inclinação do telhado de fibrocimento (15%).



Figura 10: Sistema fotovoltaico I e II aplicado nos prédios do Campus I



Figura 11: Sistema fotovoltaico I, II e III aplicado nos prédios do Campus I

### 5.3 LEVANTAMENTO DE DADOS DE RADIAÇÃO PARA A CIDADE DE PELOTAS

A cidade de Pelotas está localizada na encosta do Sudeste, às margens do Canal São Gonçalo,

a  $31^{\circ} 46'19''$  de latitude Sul e a  $52^{\circ} 20'33''$  de longitude Oeste, próxima a fronteira do Uruguai e sete metros acima do nível do mar. A figura 12 mostra o índice de radiação solar para o município em estudo.

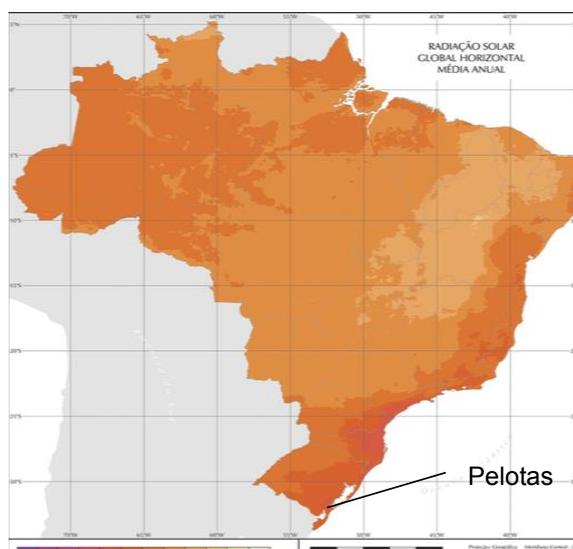


Figura 12: Mapa de Radiação Solar Global Horizontal Média Anual Brasileiro  
Fonte: Retirado e adaptado do Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA, 2006).

De acordo com o mapa de radiação solar acima, a cidade de Pelotas apresenta índices de radiação solar que vão de 4,55 kWh/m<sup>2</sup> à 4,90 kWh/m<sup>2</sup>. Mesmo a menor radiação solar global (4,25 kWh/m<sup>2</sup>) ocorrendo na região sul, no litoral de Santa Catarina, os valores de radiação solar global que incidem em qualquer região do Brasil (4200-6700 kWh/m<sup>2</sup>) são superiores aos da maioria dos países da Europa, como Alemanha (900-1250 kWh/m<sup>2</sup>), França (900-1650 kWh/m<sup>2</sup>) e Espanha (1200-1850 kWh/m<sup>2</sup>), onde há uma maior propagação de projetos com energia solar e forte incentivo por meio do governo (PEREIRA, 2006). Na Figura 13, inserida abaixo, encontram-se os valores de radiação solar para a cidade de Pelotas, dimensionados para cada mês do ano.



Figura 13: Radiação Solar para a cidade de Pelotas

Fonte: Programa de Simulação de radiação (Radiasol Solar)

Podemos observar que os maiores índices de radiação solar ocorrem nos meses de janeiro, novembro e dezembro e os menores índices ocorrem nos meses de maio, junho e julho.

#### 5.4 CÁLCULO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

O gráfico abaixo faz uma comparação da radiação ideal (desvio azimutal é igual a orientação norte e a inclinação é igual a latitude local) e da radiação real que incide nos sistemas propostos. Como não há grande diferença entre as curvas de radiação, não há necessidade de fazer um sistema voltado para a orientação norte e nem utilizar suportes para mudar a inclinação dos painéis.

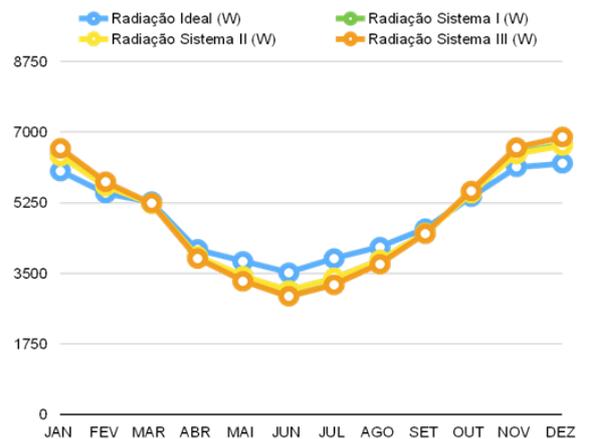


Gráfico 2: Gráfico comparativo radiação ideal x radiação real

Nos meses de janeiro, novembro e dezembro os sistemas receberão uma maior incidência solar, devido a essa época do ano possuir temperaturas mais elevadas. Já, os meses que irão receber os menores índices de radiação solar serão maio, junho e julho, devido às temperaturas amenas da estação.

Para a realização dos cálculos de potencial de geração de energia, utilizou-se a fórmula a seguir:

$$P_{FV} = \frac{E \cdot G}{H_{TOT} \cdot R}$$

$P_{FV}$  é a potência instalada (Wp);

$E$  é a energia gerada (Wh);

$G$  é a irradiância na condição STC (1000W/m<sup>2</sup>);

$H_{TOT}$  é a irradiância diária (Wh/m<sup>2</sup>/dia);

$R$  é a performance do sistema conectado (0,8).

No sistema I foram utilizadas 320 painéis policristalinos com uma potência instalada de 99200Wp. No sistema II, 160 painéis cristalinos com uma potência instalada de 49600 Wp. O sistema III é composto de 60 rolos de filme fino de silício amorfo com potência nominal de 124Wp.

Na tabela abaixo, estão dispostos os valores de energia produzida por cada sistema mês a mês, além dos valores consumo do Campus I e da redução de custo que os sistemas irão gerar para a universidade.

Tabela 1: Energia dos Sistemas de Energia Fotovoltaica x Energia de Consumo do Campus I

Meses	Energia sistema (kWh)				Energia do consumo (kWh)	Redução de Custo (%)
	Prédio C - nordeste 49° (kWh)	Prédio B - sudoeste 49° (kWh)	Prédio E - oeste 41° (kWh)	Total sistemas (kWh)		
E jan	15609.72	7890.963	1211.42	24712.09	52109.00	47.42384985
E fev	12605.86	6287.375	955.27	19848.51	77952.00	25.46247701
E mar	12881.40	6432.088	961.09	20274.58	74131.00	27.34966521
E abr	9335.12	4668.749	687.67	14691.53	81638.00	17.99594895
E mai	8416.21	4217.944	606.53	13240.69	58810.00	22.51434327
E jun	7301.91	3665.242	519.12	11486.28	57830.00	19.86214767
E jul	8298.12	4162.591	590.02	13050.73	56198.00	23.22276095
E ago	9415.03	4712.436	684.35	14811.81	68717.00	21.55480431
E set	10732.65	5362.752	796.36	16891.76	62842.00	26.87972502
E out	13523.50	6748.219	1018.54	21290.25	69562.00	30.60615623
E nov	15434.73	7698.317	1176.60	24309.64	83194.00	29.2204284
E dez	16460.93	8199.713	1262.98	25923.63	87955	29.47
SISTEMA SUPRE DA ENERGIA CONSUMIDA					830930	32.00

Em relação a tabela 1 vemos que o sistema II irá gerar por ano metade da energia gerada pelo sistema I. Como a curva de radiação solar é semelhante, e o painel utilizado o mesmo, a diferença fica por conta da quantidade de placas a serem utilizadas, que são metade do sistema I, devido a cobertura possuir menor área útil. Também pode-se ver que o potencial de geração de energia do sistema III é bem mais baixo que dos outros sistemas, já que a tecnologia de silício amorfo é menos eficiente que a dos painéis policristalinos.

### 5.5 ANÁLISE DE DADOS DE CONSUMO ENERGÉTICO DO CAMPUS I

Para sabermos o quanto de energia nossos três sistemas irão suprir, foi realizada uma análise de consumo energético do Campus I da universidade. No gráfico abaixo, temos a curva de consumo anual de energia. Podemos ver que nos meses de janeiro e julho há uma queda no consumo, por este ser o período de recesso escolar. Já nos meses de fevereiro e dezembro há um consumo mais elevado por ser respectivamente início e término do período escolar na instituição.

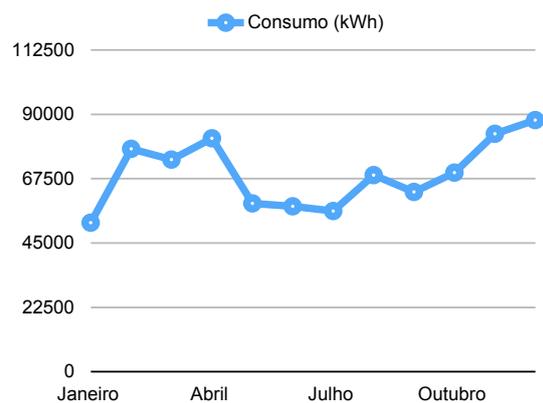


Gráfico 3: Consumo Energético Campus I da Universidade Católica de Pelotas

### 5.6 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA X DADOS DE CONSUMO ENERGÉTICO

Baseado então, nos cálculos de geração de energia e nos dados de consumo energético da instituição, constatou-se que os sistemas de energia fotovoltaica têm capacidade de suprir 32% da energia consumida pelo campus I. Todo o sistema tem capacidade de geração de 220532,00 kWh por ano resultando assim em uma economia de mais de 30% em gastos com eletricidade. No gráfico 4, podemos ver a comparação consumo energético x geração de energia.

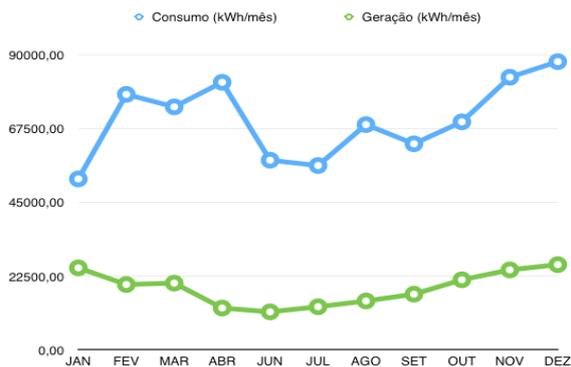


Gráfico 4: Consumo de Energia x Geração de Energia

## 6 CONCLUSÃO

Após o estudo e análise de resultados, concluiu-se que o projeto de implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica na Universidade Católica de Pelotas possui potencial para ser instalado, pois ele irá gerar uma economia significativa nos gastos em energia elétrica, além de diminuir os impactos energéticos e ambientais da universidade.

Apesar do investimento inicial ser elevado<sup>1</sup>, este, como a maioria dos projetos de geração de energia fotovoltaica, é um projeto que deve ser pensado há longo prazo, pois a relação custo-benefício vai além da questão financeira. A possibilidade do projeto ser estudado para aplicação em demais campi universitários e escolas, a propagação do uso de tecnologia limpa para as comunidades locais e o direcionamento da economia nos gastos energia elétrica gerada pelo sistema para financiamento de programas educativos em prol dos alunos são apenas alguns benefícios que o uso da energia solar fotovoltaica trará para nossas instituições.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução Normativa 482*. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- AES Eletropaulo. Disponível em <[www.aesetropaulo.com.br](http://www.aesetropaulo.com.br)>. Acesso em: 24 jun. 2015.

<sup>1</sup> Com base no programa de simulação de sistema de energia fotovoltaica BIPV Design, o investimento inicial para a aplicação do projeto-piloto na Universidade Católica de Pelotas seria em torno de um milhão e quinhentos mil reais.

*Avaliação de potencial de geração de energia fotovoltaica...*

- BEN 2014 – *Balanço Energético Nacional 2014*. Disponível em <[www.ben.epe.gov.br](http://www.ben.epe.gov.br)>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- EPE - *Empresa de Pesquisa Energética*. Disponível em <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- EPIA - *14th Portuguese Conference on Artificial Intelligence*. Aveiro, Portugal: Outubro, 2009. Disponível em <<http://epia2009.web.ua.pt>>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- FERREIRA, J.C; DEMANBORO, A.C. *Energia Fotovoltaica como Fonte de Sustentabilidade*. Outubro, 2009.
- Green Me. *Solar Schools nos EUA: a energia fotovoltaica chega nas escolas graças ao crowdfunding*. Disponível em <<http://greenme.com.br>>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- IDEAL – Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina. *O Mercado Brasileiro de Geração Distribuída Fotovoltaica em 2013*. Disponível em: <[www.institutoideal.org](http://www.institutoideal.org)>. Acesso em: 24 jun. 2015.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando; *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3ª ed. Eletrobras/Procel, 2014.
- MORALES, Clayton. *Indicadores de consumo de energia elétrica como ferramenta de apoio à gestão: classificação por prioridades de atuação na Universidade de São Paulo*. São Paulo, 2007.
- MME – Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Energia 2030*. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- MORI, V.; SANTOS, R. L. C.; SOBRAL, L. G. S. *Metalurgia do silício: processos de obtenção e impactos ambientais*, 1a. ed., CETEM/MCT: Rio de Janeiro, 2007.
- NRDC - National Resources Defense Council. *Solar Schools*. Disponível em: <<http://www.nrdc.org>>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- Painéis Solares Fotovoltaicos. Disponível em: <[www.paineissolaresfotovoltaicos.com](http://www.paineissolaresfotovoltaicos.com)>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RUTHER, R. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. São José dos Campos, Brazil: INPE, 2006.
- Portal Solar. Disponível em: <[www.portalsolar.com.br](http://www.portalsolar.com.br)>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- Prefeitura Municipal de Pelotas. *Dados Gerais*. Disponível em: <[www.pelotas.com.br](http://www.pelotas.com.br)>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- SALAMONI, I.; DOS SANTOS, I.; ZOMER, C.; RUTHER, R. *Estudo do potencial de contribuição da energia solar fotovoltaica integrada a prédios públicos e interligada à rede elétrica na região Sul do Brasil em períodos quentes*. 2010.

- SCHUCH, L. *Energia Solar Fotovoltaica*. Disponível em: <<http://grupomontevideo.org>>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- Solstício Energia. Disponível em: <[www.solsticioenergia.com.br](http://www.solsticioenergia.com.br)>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- UCPEL - *Universidade Católica de Pelotas*. Disponível em: <<http://vestibular.ucpel.tche.br>>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- UFPEL- *Universidade Federal de Pelotas*. Disponível em: <<http://ccs2.ufpel.edu.br>>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- UFPR – *Universidade Federal do Paraná. Combate ao desperdício de energia elétrica em escolas públicas*. Disponível em: <[www.proec.ufpr.br](http://www.proec.ufpr.br)>. Acesso em: 15 jun. 2015.
- UFSC - *Universidade Federal de Santa Catarina. UFSC comemora 16 anos de geração solar de energia elétrica*. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br>>. Acesso em: 4 jun. 2015.
- Univates. *Univates na vanguarda da energia renovável*. Disponível em: <[www.univates.br](http://www.univates.br)>. Acesso em: 15 jun. 2015.
- Universidades. Disponível em: <[www.universidades.com.br/brasil](http://www.universidades.com.br/brasil)>. Acesso em: 15 jun. 2015.
- Yingli Solar. Disponível em: <[www.yinglisolar.com/br](http://www.yinglisolar.com/br)>. Acesso em: 5 jun. 2015.
- VALLÊRA, António M.; BRITO, Miguel C. *Meio Século de História de Célula Fotovoltaica*. FCUL, 2006. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2015.

## *Photovoltaic power generation potential evaluation integrated with institutional building: Universidade Católica de Pelotas- RS*

### **ABSTRACT**

The article presents a potential evaluation of photovoltaic energy through a photovoltaic system, installed at the Campus I of Universidade Católica de Pelotas - UCPel. The project aims to mitigate the energetic impact of the university buildings to the city of Pelotas, in addition to provide a reduction in electricity consumption and monetary costs.

Universidade Católica de Pelotas came to be an object of study for having decentralized campus and a huge physical area. Therefore, an interconnected system to the public power grid was designed and able to meet part of the Campus I demand was projected, generating savings of over 30% of energy. From this project, the photovoltaic system can be resized, causing it to meet all the demand of the Campus I and, having a surplus of energy, convert it into credits to be utilized in the other campus. With this study, this article aims to contribute to the spread of photovoltaic technology and the inclusion of it in institutional buildings so that all cost savings from the use of solar energy can be used to fund educational programs and projects.

**Keywords:** Photovoltaic energy. Energy Impact. Clean Energy. Institutional Buildings. Solar Energy. Building Integrated Photovoltaic.