



## **Viabilidade de implantação de mini-usina de energia solar para o Campus Santo Ângelo/RS**

**Inara Pagnussat Camara<sup>1</sup>, Leandro Dani Hermann<sup>2</sup>, Nelson Seidler<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>IMED, Passo Fundo/RS (inara.pagnussat@hotmail.com)

<sup>2</sup>URI, Santo Angelo/RS (leandrohermann@hotmail.com), <sup>3</sup>(seidler@santoangelo.uri.br)

### **Resumo**

Cotidianamente testemunhamos discursos acerca da importância da sustentabilidade e energias limpas na construção civil, preocupação esta que surge com a sociedade contemporânea que foi dominada durante anos pela sociedade de consumo e pela vasta gama de produtos e tecnologias descartáveis que não incluíam a reutilização e concepção de produtos que desempenhassem parâmetros sustentáveis. Com esta preocupação, este trabalho investiga a viabilidade energética da implantação de mini usina de energia solar fotovoltaica na URI, Santo Angelo, para suprir a demanda de energia de uma das edificações como ponto de partida para a auto-suficiência energética da Universidade. A busca por alternativas limpas frente ao crescimento da população e sua necessidade e dependência pela energia, gera níveis alarmantes de gases poluentes na atmosfera e precisam ser combatidos. A descentralização da geração de energia, é liderada por hidrelétricas no Brasil, visto que em países europeus já existe equilíbrio em geração distribuída de energia. Assim, buscamos soluções ao nosso alcance com boas escolhas de projetos que evitem agressões à toda atmosfera terrestre.

Palavras-chave: energia solar fotovoltaica, sustentabilidade, energia limpa.

Área Temática: Tema 5: Energia e energias renováveis.

## **Viability of deployment of mini solar power to the Campus of Santo Angelo/RS**

### **Abstract**

*Daily witness speeches about the importance of sustainability and clean energy in construction, this concern that arises with the contemporary society that has been dominated for years by the consumer society and the broad range of disposable products and technologies that did not include the reuse and products that take parameters of sustainability. With this concern, this paper investigates the energy viability of the deployment of a mini photovoltaic solar power plant in the URI, Santo Angelo, to meet the energy demand of one of the buildings as a starting point for energy self-sufficiency at the University. The search for clean alternatives face to population growth and its need and dependence for energy, generate alarming levels of pollutant gases in the atmosphere and must be combated. The decentralization of energy generation, is led by hydroelectric power plants in Brazil, whereas in European countries there is balance in distributed energy generation. Thus, we seek solutions with good choices of projects that avoid aggression to all Earth's atmosphere.*

*Key words: photovoltaic solar energy, sustainability, clean energy.*

*Theme Area: Energy and renewables.*



## 1 Introdução

Frente ao crescimento populacional, associada a utilização finita das fontes não renováveis para geração de energia, a demanda cada vez maior gera mais poluição e maiores são os impactos ambientais. As hidrelétricas, térmicas e nucleares colocam-se em debate no atual modelo de produção de energia. A escassez de energia em determinados períodos, resultado dos fenômenos climáticos e o alto custo da geração quando confrontado, por exemplo, por uma seca deixam explícito a necessidade de alternativas urgentes.

A sociedade está evoluindo e se conscientizando que a natureza necessita cuidado e assim procura modelos de sustentáveis que diminuam os impactos e a preservação dos tipos de vida na Terra. Neste contexto a energia solar fotovoltaica se destaca, sendo a principal forma de geração de energia limpa e com vantagens em comparação as formas tradicionais. No que diz respeito à qualidade de vida a questão energética é de extrema importância.

O crescimento da demanda energética mundial, em razão da melhoria dos padrões de vida nos países em desenvolvimento, traz a preocupação com alguns aspectos essenciais para a política e planejamento energético de todas as economias emergentes; dentre eles podemos citar a segurança no suprimento de energia necessária para o desenvolvimento social e econômico de um país e os custos ambientais para atender esse aumento no consumo de energia (Goldemberg, 2003).

O Brasil possui processo de tramite para instalação da primeira fábrica em larga escala de painéis solares, com investimento de R\$ 150 milhões e será instalada em Campinas, São Paulo com meta de produção de 400mW de painéis solares por ano. Até então, praticamente toda produção é comprada fora do país, o que torna o custo maior.

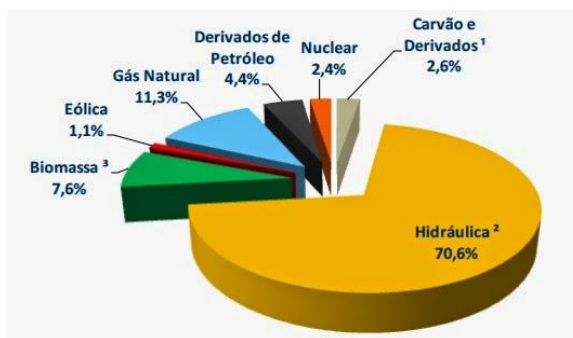
A Confaz (Conselho Nacional de Política Fazendária) editou novo convênio 16/2015 para que se isentasse o ICMS, uma vez que cerca de 30% do custo de geração de energia no Brasil é imposto. O estado de Minas Gerais é o pioneiro, realizando a desoneração em 2012. Um dos mais importantes documentos ao planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável do país é a Agenda 21 brasileira, descendente da Agenda 21 global, manual conhecido por adeptos a sustentabilidade e elaborado a partir de consulta ao povo brasileiro.

A energia solar está ao nosso alcance, seu uso racional e planejado não gera problemas ambientais – evita-se a construção de grandes barragens, reduz custos – uma vez que seus processos construtivos e aplicativos são menores e mais rápidos. Com esta visão, a metodologia deste artigo é pautada na análise da viabilidade crítica e funcional de uma mini usina de energia solar em uma Universidade que possui grande demanda de energia elétrica, e pode ser substituída por geração de energia limpa.

## 2 A energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão de radiação solar em energia elétrica utilizando semicondutores de corrente elétrica. Essa conversão chama-se de efeito fotovoltaico. Esta energia é considerada a mais promissora e a mais abundante no planeta.

O processo de geração não queima combustível fóssil, não produz poluentes e cinzas ao meio ambiente e não libera calor residual na fabricação dos painéis, o que a torna energia 100% limpa. A Alemanha é um exemplo de produtor em larga escala, onde a energia solar fotovoltaica ultrapassa todas as outras geradoras e lidera a matriz energética do país, mesmo recebendo menos da metade de radiação solar se comparada ao Brasil. No Brasil a matriz energética é dominada pelas hidrelétricas que possuem cerca de 70,6% da produção.



Fonte: <http://www.epe.gov.br>

Atualmente, o Brasil ocupa o 9º lugar em crescimento de energia renovável limpa, e a previsão feita pela EPE(Empresa de Pesquisa Energética) até 2050 é de evolução de 16%, número baixo se comparada ao crescimento da demanda.

No âmbito das universidades públicas, federais, estaduais e particulares este assunto vem crescendo, em todas as modalidades de energias renováveis – destacando a energia solar. Já existem laboratórios demonstrativos, projetos pilotos e programas interdisciplinares despertando o interesse do estudante desde os anos iniciais. Em Lajeado/RS, Odorico Konrad, coordenador do Laboratório de Biorreatores e professor da Univates, coordenou o projeto de instalação cerca de 1000 painéis solares, o que produz 5% da energia demandada pela Universidade e economizando cerca de R\$ 12 mil mensais. A micro usina tem capacidade de 237,12kWp, o que representa energia suficiente para suprir 100 famílias compostas de quatro pessoas, cobrindo uma área de 5.200m<sup>2</sup> de telhados de prédios com painéis solares.

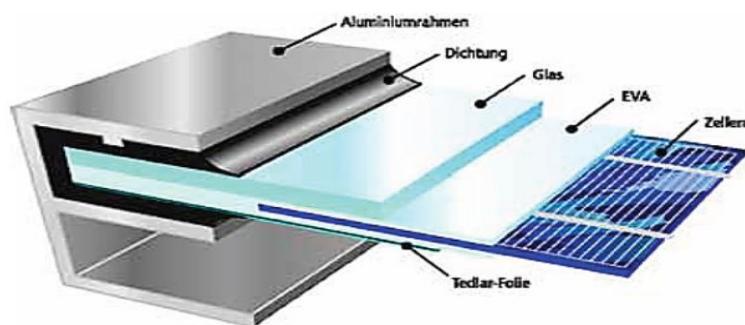
### 3 Conceitos básicos

O efeito fotovoltaico é a emissão de elétrons por um material semicondutor quando exposto a luz visível. Atualmente existem vários materiais semicondutores apropriados para a conversão fotovoltaica, tendo o silício como mais utilizado baseado ao custo-benefício e a tecnologia atual e sendo o segundo elemento mais abundante no planeta. (VILLALVA, Marcelo e Gazoli, Jonas, 2012). Para formar uma célula fotovoltaica unem-se dois tipos de semicondutores. Ao receberem fótons de luz visível os elétrons são energizados. Ao ligar-se duas camadas externamente, pode aproveitar a corrente elétrica que se forma na passagem dos elétrons de uma camada para outra.

A energia irradiada pelo Sol em um segundo é inúmeras vezes maior que a energia consumida pela humanidade. Toda essa energia não chega até a Terra e depende de vários fatores para a radiação solar que chega ao solo. Marques et al (2000); Sacco& Assis(2003); Silveira et al(2000), publicaram informações importantes em relação a radiação solar global, que apresenta valores bem definidos e diferenciados, variando entre 7,90 MJ/m<sup>2</sup> e 11,00 MJ/m<sup>2</sup>, no inverno e 17,55 MJ/m<sup>2</sup>e 22,00 MJ/m<sup>2</sup>no verão.

Baseada nestes dados há diferentes configurações de corrente e tensão para painéis solares. Os mais utilizados no Brasil são os de 250W e 300W. Um painel solar é constituído de várias células solares, que nada mais são do que a unidade básica do sistema, onde dentro acontece o efeito fotovoltaico. Estas células formam os módulos solares, sendo agrupadas e lacradas dentro de uma estrutura de alumínio resistente com vidros para que a radiação chegue até as células. Todo painel solar tem um aterramento para questão de segurança.

Figura 2 – Corte esquemático de um painel solar



Fonte: <http://www.blue-Sol.com>

Todos os painéis são comprados no exterior e homologados, tendo uma empresa brasileira responsável pela sua instalação e manutenção e todos passam pelos testes do INMETRO, com vida útil de cerca de 25 anos.

Em 2012, a ANEEL assinou a resolução nº482/2012, sendo possível fazer o uso de “micro e mini geração distribuída de energia fotovoltaica com sistema de compensação e conectadas a rede elétrica pública”. Este é um marco regulatório que beneficia a população e obriga as concessionárias a adaptar-se à energia de geração distribuída com fontes alternativas. Até então a energia fotovoltaica era consumida ou armazenada diretamente em baterias. (ANEEL, 2012). Ao armazenar essa energia, as baterias só conseguem devolver 75% do que lhe foi concebido, além de que, por si as baterias são um empecilho para a energia limpa devido ao seu custo e enorme impacto ambiental em sua fabricação.

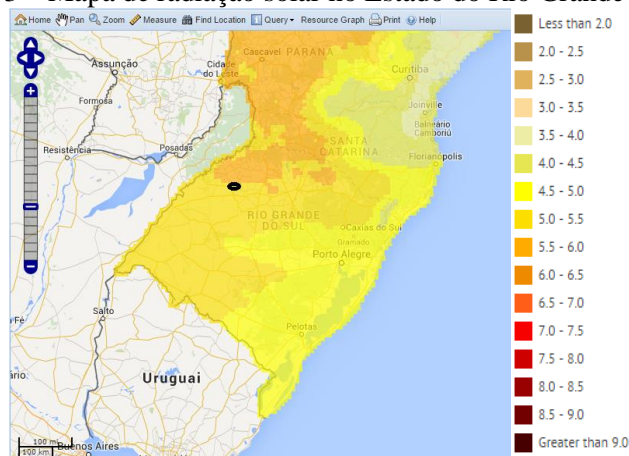
Existem certificações e selos verdes que dão ao consumidor a garantia de estar atendendo as regras de sustentabilidade. Um dos mais importantes é o Certificado LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), internacional e aplicado em mais de 143 países e possui 7 dimensões a serem avaliadas. Todas possuem pré-requisitos que quando atendidos garantem pontos a edificação. O nível de certificado é definido conforme a quantidade de pontos, que varia de 40-110 – nível platina.

## 4 Metodologia

### 4.1 Radiação Solar no local do projeto

Localizado à Noroeste do Rio Grande do Sul, a URI Campus Santo Ângelo se encontra na latitude 28°16'40.1"S e longitude 54°16'13.1"W.

Figura 3 – Mapa de radiação solar no Estado do Rio Grande do Sul



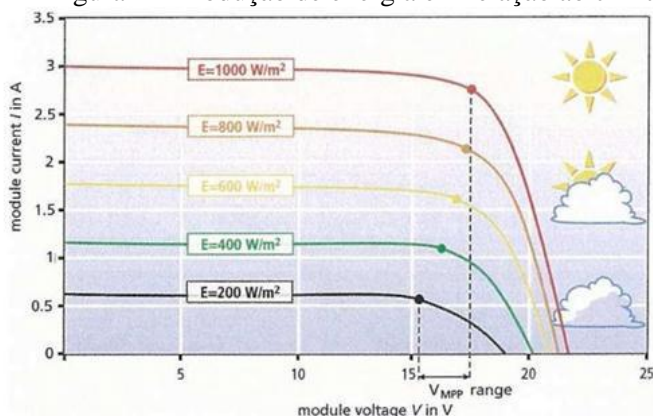
Fonte: <http://www.maps.nrel.gov/swera>





Segundo o INPE(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), temos uma taxa anual de 5.501kWh/m<sup>2</sup> por dia, o que é mais que suficiente para produção de energia limpa o ano todo. Podemos comparar com a melhor insolação da Alemanha que é 350Wh/m<sup>2</sup> (watt-hora por metro quadrado) por dia. (VILLALVA, Marcelo e GAZOLI, Jonas, 2012 p.35). Outro fator importante em relação à incidência de radiação é o clima, que influencia diretamente na produção de energia elétrica.

Figura 4 – Produção de energia em relação ao clima



Fonte: (VILLALVA, Marcelo e GAZOLI, Jonas, 2012)

#### 4.2 Escolha do prédio para projeto

Sabendo que a orientação norte é o principal ponto de partida para as placas, o prédio 09 do Campus compunha os requisitos básicos para implantação do sistema. Através da imagem aérea percebemos que o telhado se divide ao meio, com duas águas está voltado para o norte, com uma leve inclinação para noroeste favorecendo a captação de energia, pois se localiza no hemisfério Sul do planeta.

Figura 5 – Produção de energia em relação ao clima



Fonte: <https://www.google.com.br/maps>

## 5 Resultados

### 5.1 Resultado inclinação do prédio

A inclinação horizontal privilegia a produção de energia no verão, enquanto a inclinação vertical no inverno. É possível determinar para uma latitude geográfica um ângulo que possibilite boa produção média de energia ao longo do ano. (VILLALVA, Marcelo e



GAZOLI, Jonas, 2012 p.59). Os ângulos abaixo de  $10^\circ$  tendem a ser evitados devido ao acúmulo de sujeira nas placas.

Portanto, duas regras básicas foram seguidas, onde cita-se como nº01 a orientação solar e como nº02 o ângulo de inclinação ajustado conforme a latitude local. Através das observações in loco, a inclinação é de  $15^\circ$  considerada boa em relação à captação de energia. Se calculássemos o melhor aproveitamento em relação a latitude, teríamos uma inclinação de  $33^\circ$ , conforme estudos baseados em VILLALVA, Marcelo e GAZOLI, Jonas, 2012 – Tabela de ângulo de inclinação recomendado. Portanto, para termos uma inclinação fictícia calculada para este sistema específico de  $33^\circ$ , descontando o ângulo original de  $15^\circ$ , chegamos a uma inclinação de  $18^\circ$  que pode ser obtida através de suportes.

Figura 6 – Ângulo de inclinação do telhado



Fonte: Foto in loco

## 5.2 Consumo de energia elétrica

Estimou-se o consumo de energia elétrica para o “prédio 09” baseado na quantidade de lâmpadas, condicionadores de ar, retroprojetores, pois devido a burocracia a Universidade não forneceu acesso à conta de luz. Adotou-se um percentual de horas diárias para os aparelhos ligados baseada na decorrência das aulas ministradas para o semestre, chegando a uma média mensal de 1421 kWh (figura 07). Também partiu-se da utilização de energia nos meses com aulas e uma taxa menor no período de recesso.

Figura 07 - Consumo mensal de energia

Consumo mensal de energia em kWh			
Janeiro	350	Agosto	1.500
Fevereiro	1.200	Setembro	1.600
Março	1.800	Outubro	1.700
Abril	1.700	Novembro	1.800
Maior	1.600	Dezembro	1.200
Junho	1.500	<b>Total</b>	<b>17.050</b>
Julho	1.100	<b>Média</b>	<b>1.421</b>

Lançados dados em planilhas concluímos que a inclinação dos painéis diretamente no telhado  $15^\circ$  se mostra mais produtiva no verão enquanto a inclinação de  $33^\circ$  tende a produzir mais no inverno. Estes resultados são consequência da relação do fator de incidência de radiação multiplicada pela radiação mensal e pela quantidade de horas de sol mensais, pela decorrência da latitude como observa-se abaixo na figura 08.



Figura 08 – Relação entre os ângulos de latitude 28

latitude	inclinação(°)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	fator de radiação x média radiação x média de sol	média/12
28	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	338,80	28,23
28	5	1	1,02	1,03	1,05	1,06	1,06	1,05	1,04	1,03	1,01	1	1	346,33	28,86
28	10	1	1,02	1,06	1,1	1,12	1,12	1,1	1,08	1,05	1,02	1	0,99	352,43	29,37
28	15	0,99	1,03	1,08	1,13	1,17	1,17	1,14	1,11	1,07	1,02	0,99	0,98	356,30	29,69
28	20	0,97	1,02	1,09	1,16	1,21	1,21	1,17	1,13	1,08	1,02	0,97	0,95	356,57	29,71
28	25	0,95	1,01	1,09	1,19	1,25	1,24	1,2	1,15	1,08	1	0,95	0,93	355,92	29,66
28	30	0,92	0,99	1,09	1,2	1,27	1,27	1,22	1,15	1,07	0,98	0,92	0,89	351,54	29,29
28	33	0,9	0,97	1,08	1,21	1,28	1,28	1,23	1,16	1,06	0,97	0,9	0,87	348,43	29,04
28	35	0,88	0,96	1,08	1,21	1,29	1,29	1,23	1,16	1,06	0,96	0,88	0,85	345,69	28,81
28	40	0,84	0,93	1,06	1,21	1,3	1,3	1,24	1,15	1,04	0,92	0,84	0,8	337,15	28,10
28	45	0,79	0,89	1,04	1,2	1,3	1,3	1,23	1,14	1,01	0,89	0,79	0,75	326,73	27,23
28	50	0,73	0,84	1	1,18	1,3	1,3	1,22	1,12	0,98	0,84	0,73	0,69	312,94	26,08
28	55	0,67	0,79	0,96	1,15	1,28	1,28	1,2	1,09	0,94	0,79	0,68	0,63	298,09	24,84
28	60	0,61	0,73	0,92	1,12	1,26	1,26	1,18	1,05	0,9	0,73	0,61	0,57	281,50	23,46
28	65	0,54	0,67	0,86	1,08	1,22	1,23	1,14	1,01	0,85	0,67	0,55	0,5	262,60	21,88
28	70	0,47	0,6	0,81	1,03	1,18	1,19	1,1	0,97	0,79	0,61	0,48	0,42	242,22	20,18
28	75	0,39	0,53	0,74	0,97	1,14	1,15	1,06	0,91	0,73	0,54	0,4	0,35	219,75	18,31
28	80	0,32	0,46	0,67	0,91	1,08	1,1	1	0,86	0,66	0,47	0,33	0,27	196,87	16,41
28	85	0,24	0,38	0,6	0,84	1,02	1,04	0,94	0,79	0,59	0,39	0,25	0,19	171,70	14,31
28	90	0,16	0,31	0,53	0,77	0,95	0,98	0,88	0,72	0,52	0,32	0,17	0,11	147,04	12,25
média mensal radiação		5,48	6,11	6,32	5,64	5,01	4,06	4,24	5,38	5,7	5,6	5,6	6,1		
média mensal de horas de sol		6,4	6,1	5,5	4,8	3,7	2,6	2,9	4,3	4,6	5,6	7,22	6,9		

Dessa forma, tem-se como sendo a inclinação de 20° tendo o máximo aproveitamento da radiação incidente no local do estudo de caso. Comparando as três inclinações diferentes, nota-se (figura 09) que a inclinação mais adequada à latitude é de 20°.

Para o referido estudo de caso, escolheu-se o Módulo Policristalino 60x6"/250W, o qual se tem como acima do padrão em relação a custo-benefício e o mais acessível dentro de uma gama de painéis existentes no mercado. A relação à eficiência é de um percentual de 15,4% com uma produção média mensal de energia de 31,25kWh/mês e uma potência de 250W em condições padrão. Possui 1,60m de comprimento por 1,00m de largura e pesa cerca de 18kg, conforme especificações abaixo (figura 10):

Figura 09 – Grafico de comparação entre os ângulos

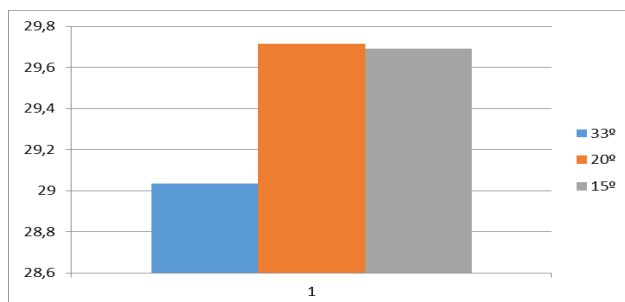


Figura 10 – Módulo Policristalino 60x6"/250W



Fonte: <http://renovigi.com.br/produtos/paineis-Solares>



## 6 Conclusões

No estudo de caso há viabilidade de implantação de acordo com o resultado de valores estimativos. A relação de energias renováveis com o planeta é direta, uma vez que quando em desequilíbrio a Terra age drasticamente para tentar manter o curso normal novamente.

Por se tratar de um projeto de uma Universidade, a questão social tem pauta maior, havendo um selo ambiental positivo de captação solar fotovoltaica instalada no Campus gerando destaque no quesito sustentabilidade, e possibilitando a amplitude de projetos pilotos e o interesse dos alunos, futuros profissionais. Quanto a aspectos econômicos, viabiliza retorno em média ao prazo de 6 anos, considerado economia em energia elétrica e investimento após esse período, uma vez que o valor inicial agregado se pagaria em pouco tempo. Em critérios técnicos há viabilidade e boas condições a nível Brasil para áreas de implantação de usinas fotovoltaicas. A geração de energia é diurna, coincidindo com o período de pico.

Em relação a aspectos culturais que ainda estamos longe de uma sociedade unida e longe de problemas. É necessária a mudança generalizada de pensamentos em relação ao futuro terrestre, para que se tenha uma civilização justa, equilibrada e sustentável.

## 7 Referências

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - **Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012** 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - NBR IEC 60364: **Instalação de sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2012.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDARIA - **Convênio 16/2015**, 2015.

J. GOLDEMBERG e L.D. Villanueva, **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Edusp, São Paulo, 2003, 2ª.ed.

NOGUEIRA, C. U. **Utilização de sistemas solar e eólico no bombeamento de água para uso na irrigação**. 2009. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

VILLALVA, Marcelo e GAZOLI, Jonas: **Energia Solar Fotovoltaica, conceitos e aplicações** - Marcelo Villalva e Jonas Gazoli, São Paulo. 2012

Sites visitados:

**Certificação Internacional para Edificações Sustentáveis**, disponível em [www.leed.net/](http://www.leed.net/)

**EPE**, disponível em <http://www.epe.gov.br/>

**INPE**, disponível em <http://www.inpe.br/>

**Normas e Regulamentos da energia elétrica no país**, disponível em [www.aneel.gov.br/](http://www.aneel.gov.br/)

**Regulamentações e normas para instalação de equipamentos**, disponível em [www.inmetro.gov.br/](http://www.inmetro.gov.br/)

**Sistemas Fotovoltaicos** – Blue Solar, disponível em [www.blue-sol.com](http://www.blue-sol.com)

**Univates instala usina de energia Solar**, disponível em [www.univates.br/](http://www.univates.br/) acesso em 12/12/2015.