

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

Viability of deployment of a mini solar power at Campus of Santo Ângelo/RS

Leandro Dani Hermann¹ e Inara Pagnussat Camara²

RESUMO

Cotidianamente testemunhamos discursos acerca da importância da sustentabilidade e de 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 a concepção de produtos que desempenhassem parâmetros sustentáveis. Com essa preocupação, este trabalho investiga a viabilidade energética da implantação de mini usina de energia solar fotovoltaica na URI, Santo Ângelo, para suprir a demanda de energia de uma das edificações, como ponto de partida para a autossuficiência energética da Universidade. Frente ao crescimento da população e sua dependência pela energia gera níveis alarmantes de gases poluentes na atmosfera que precisam ser combatidos motivando a busca por alternativas sustentáveis. Enquanto no Brasil a geração de energia é centralizada nas hidrelétricas, em países europeus já existe um equilíbrio entre diferentes formas de produção. Assim, buscamos soluções que estejam a nosso alcance, com boas escolhas de projetos que evitem agressões a toda a atmosfera terrestre.

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

ABSTRACT

Every day we witness speeches about the importance of sustainability and clean energy in construction, this concern that emerges with the contemporary society that has been dominated for years by the consumer society and the wide range of disposable products and technologies that did not include the reuse and design of products that play standards for sustainability. With this in mind, this study examines the energy viability of installing a mini photovoltaic solar power plant at URI, Santo Angelo, to supply the energy demand in one of their buildings as a starting point for energy self-sufficiency at the University. The alarming levels of polluting gases released in the atmosphere due to dependence of energy from world's population and their increase, demands the search for generation of clean alternatives. While in Brazil the generation of energy is centralized in hydroelectric power plants, in European countries there are a balance between different ways of production. Consequently, we are seeking solutions within our reach, with good choices of projects that avoid aggression to earth's atmosphere.

Keywords: photovoltaic solar energy, sustainability, clean energy.

1 (leandrohermann@hotmail.com) – Universidade Regional Integrada – URI

2 (nara.pagnussat@hotmail.com) – Faculdade Meridional – IMED

1. Introdução

A demanda de energia, cada vez maior em função do crescimento populacional, associada à utilização de fontes não renováveis para geração, 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 confrontada, por exemplo, por uma seca, deixam explícita a necessidade de alternativas urgentes.

A sociedade está evoluindo e se conscientizando de que a natureza necessita de cuidado e, assim, procura modelos sustentáveis que diminuam os impactos e promovam a preservação dos tipos de vida na Terra. Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica se destaca, sendo a principal forma de geração de energia limpa, com vantagens em comparação às formas tradicionais. No que diz respeito a 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. (NOGUEIRA, 2009, p.19).

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

A Confaz (Conselho Nacional de Política Fazendária) editou o convênio 16/2015, para isenção de 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, tendo realizado a desoneração em 2012. Um dos mais importantes documentos do planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável do país é a Agenda 21 Brasileira, descendente da Agenda 21 Global, manual conhecido por adeptos da sustentabilidade e elaborado a partir de consulta ao povo brasileiro.

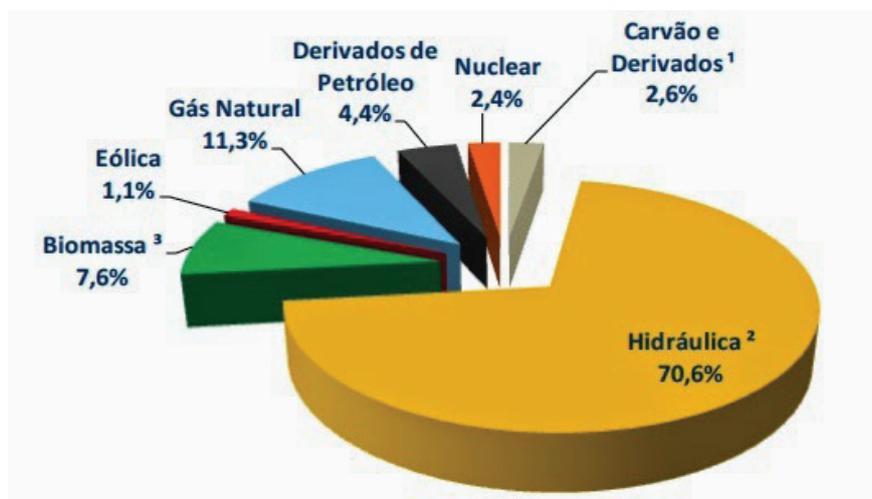
A energia solar está a nosso alcance, e seu uso racional e planejado não gera problemas ambientais – evita-se a construção de grandes barragens, reduz custos –, uma vez que seus processos construtivos e aplicativos são menores e mais rápidos. Com essa visão, a metodologia deste artigo é pautada na análise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

2. A energia solar fotovoltaica

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

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

Figura 1 – Matriz energética brasileira, publicação 2014



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) é de evolução de 16% até 2050, percentual baixo se considerado o crescimento da demanda.

No âmbito das universidades públicas, federais, estaduais e particulares, esse assunto vem ganhando força, em todas as modalidades de energias renováveis – com destaque para a energia solar. Já existem laboratórios demonstrativos, projetos pilotos e programas interdisciplinares despertando o interesse do estudante desde o início da sua formação. Em Lajeado, Rio Grande do Sul, Odorico Konrad, coordenador do Laboratório de Biorreatores e professor da Univates, coordenou o projeto de instalação de cerca de 1000 painéis solares, que produzem 5% da energia demandada pela Universidade, economizando aproximadamente R\$ 12 mil mensais. A micro usina tem capacidade de 237,12 kWp, o que representa energia suficiente para suprir 100 famílias compostas de quatro pessoas, cobrindo uma área de 5.200 m² de telhados de prédios com painéis solares.

3. Conceitos básicos

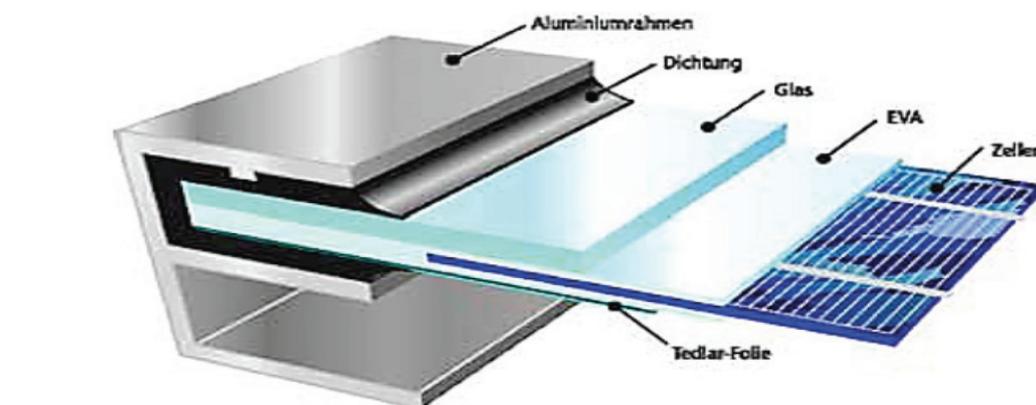
O efeito fotovoltaico é a emissão de elétrons por um material semicondutor quando exposto a luz visível. Atualmente existem vários materiais semicondutores apropriados para a conversão fotovoltaica. O silício, segundo elemento mais abundante no planeta, é o mais utilizado, devido ao custo-benefício e à tecnologia atual. (VILLALVA, Marcelo e Gazoli, Jonas, 2012). Para se formar uma célula fotovoltaica, unem-se dois tipos de semicondutores. Ao receberem fótons de luz visível, os elétrons são energizados. Ligando-se duas camadas externamente, pode-se aproveitar a corrente elétrica que se forma na passagem dos elétrons de uma camada para a 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, para que a radiação atinja o solo, incidem vários fatores. Marques et al (2000); Sacco & Assis (2003); Silveira et al (2000) publicaram informações importantes em relação à radiação solar global, que apresenta valores bem definidos e diferenciados, variando entre 7,90 MJ/m² e 11,00 MJ/m², no inverno, e 17,55 MJ/m² e 22,00 MJ/m² no verão.

Com base nesses dados, há diferentes configurações de corrente e tensão para painéis solares. Os mais utilizados no Brasil são os de 250 W e 300 W. Um painel solar é constituído de várias células solares, que nada mais são do que a unidade básica do sistema, onde acontece o efeito fotovoltaico.

Essas 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 segurança.

Figura 2 – Corte esquemático de um painel solar



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

Todos os painéis, cuja vida útil é de cerca de 25 anos 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 N° 482/2012, permitindo o uso de “micro e mini geração distribuída de energia fotovoltaica com sistema de compensação e conectadas a rede elétrica pública”. Esse é um marco regulatório, que beneficia a população e obriga as concessionárias a se adaptarem à energia de geração distribuída com fontes alternativas. Até então, a energia fotovoltaica era consumida ou armazenada diretamente em baterias (ANEEL, 2012). Ao armazenar a energia, as baterias só conseguem devolver 75% do que lhes foi concebido; além disso, por si, as baterias são um empecilho para a energia limpa, devido ao seu custo e ao enorme impacto ambiental provocado em sua fabricação.

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

4. Metodologia

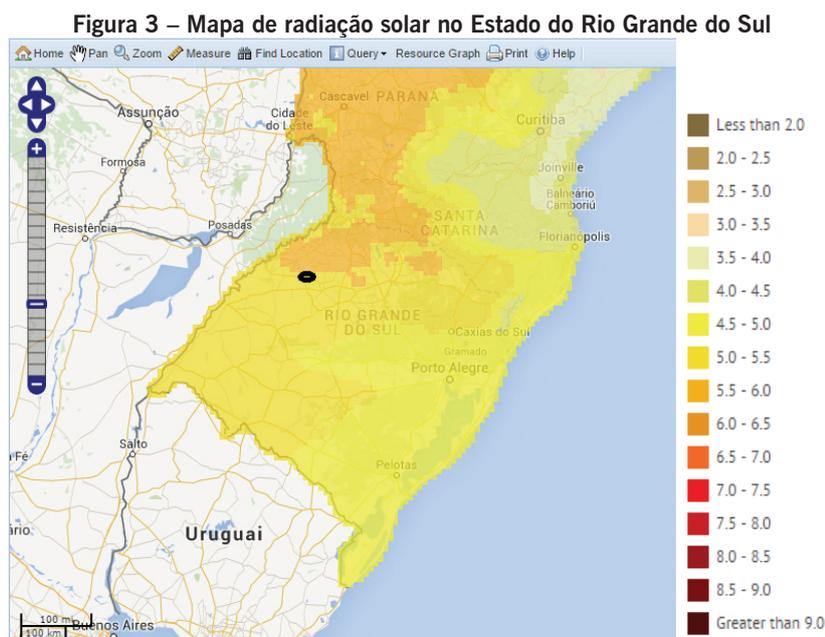
Primeiramente, fez-se necessário o estudo das áreas de telhados dos prédios da URI, para então, através de medições de radiação, inclinação, orientação solar e área métrica, escolher a melhor área possível - dentro do *campus* - para o sistema proposto. Definido o local, estudou-se a quantidade de energia demandada pelo prédio em questão, para que se projetasse adequadamente o sistema, com escolha dos equipamentos apropriados, visando à autossuficiência energética do prédio.

Com o prédio definido, analisou-se o ângulo de inclinação das placas solares, relacionando-se o ângulo de inclinação já existente do telhado com a orientação solar do prédio e os equipamentos

selecionados para o sistema. Assim, conseguiu-se chegar à autossuficiência da edificação com o menor sistema requerido, aproveitando-se ao máximo a energia solar incidente no local.

4.1. Radiação Solar no local do projeto

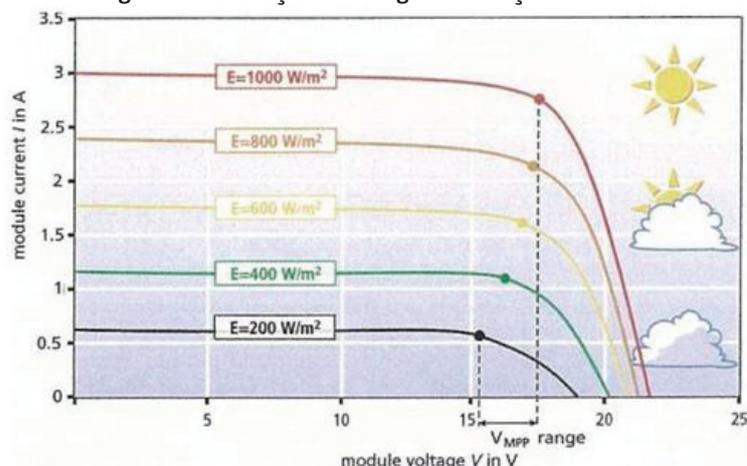
Localizado no Noroeste do Rio Grande do Sul, a URI *Campus Santo Ângelo* se encontra na latitude 28°16'40.1" S e longitude 54°16'13.1" W.



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

Segundo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), temos uma taxa anual de 5.501 kWh/m² por dia, mais que suficiente para a produção de energia limpa o ano todo. Podemos comparar com a melhor insolação da Alemanha, que é de 350 Wh/m² (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

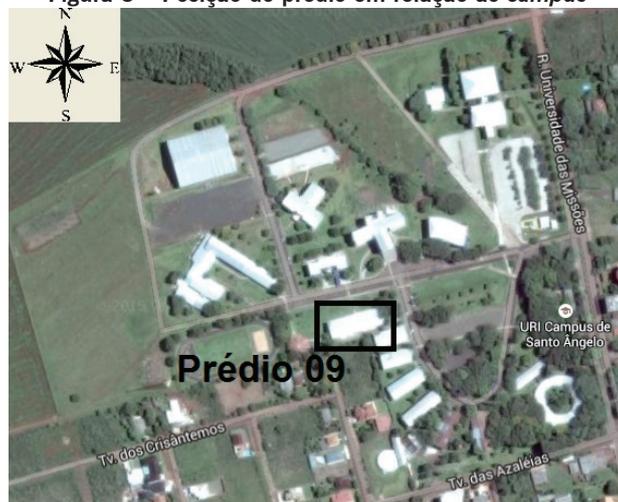


Fonte: (VILLALVA, Marcelo e GAZOLI, Jonas, 2012)

4.2. Escolha do prédio para o projeto

Sabendo que a orientação Norte é o principal ponto de partida para as placas, o prédio 09 do *campus* reunia os requisitos básicos para implantação do sistema. Através da imagem aérea, percebemos que o telhado se divide ao meio, com duas águas, e 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 – Posição do prédio em relação ao *campus*



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

5. Resultados

5.1. Resultado da 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° tendem a ser evitados, devido ao acúmulo de sujeira nas placas.

Portanto, duas regras básicas foram seguidas: nº 01 – a orientação solar e nº 02 – o ângulo de inclinação, ajustado conforme a latitude local. Através das observações *in loco*, a inclinação é de 15°, considerada boa em relação à captação de energia. Se calculássemos o melhor aproveitamento em relação à latitude, teríamos uma inclinação de 33°, conforme estudos baseados em VILLALVA, Marcelo e GAZOLI, Jonas, 2012 – Tabela de ângulo de inclinação recomendado. Portanto, para termos uma inclinação fictícia calculada para esse sistema específico de 33°, descontando-se o ângulo original de 15°, chegaríamos a uma inclinação de 18°, 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 com base na quantidade de lâmpadas, condicionadores de ar e retroprojetores, pois, por questões de burocracia, a universidade não forneceu acesso à conta de luz. Adotou-se um percentual de horas diárias para os aparelhos ligados baseado na decorrência das aulas ministradas para o semestre, chegando-se a uma média mensal de 1421 kWh (figura 07). Também considerou-se uma taxa de utilização de energia nos meses com aulas, maior, e uma no período de recesso, menor.

Figura 07 - Consumo mensal de energia

Consumo mensal de energia em kWh		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
Maio	1.600	Dezembro	1.200
Junho	1.500	Total	17.050
Julho	1.100	Média	1.421

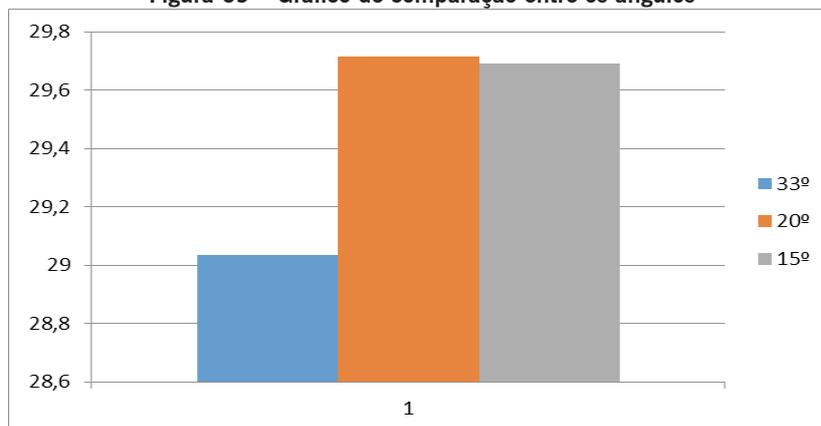
Lançados os dados em planilhas, concluiu-se que a inclinação dos painéis diretamente no telhado com ângulo de 15° se mostra mais produtiva no verão, enquanto a inclinação de 33° tende a produzir mais no inverno. Os resultados são consequência da relação do fator de incidência de radiação multiplicada pela radiação mensal e pela quantidade de horas de sol mensais, em decorrência da latitude, como se observa 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, observa-se que a inclinação de 20° garante o máximo aproveitamento da radiação incidente no local do estudo de caso. Comparadas as três inclinações diferentes, nota-se (figura 09) que a inclinação mais adequada à latitude é a de 20°.

Figura 09 – Gráfico de comparação entre os ângulos



Para o referido estudo de caso, escolheu-se o Módulo Policristalino 60x6"/250W, tido como acima do padrão em relação a custo-benefício e mais acessível dentro de uma gama de painéis existentes no mercado. A relação de eficiência é de um percentual de 15,4%, com uma produção média mensal de energia de 31,25 kWh/mês e uma potência de 250 W, em condições padrão. O módulo tem 1,60 m de comprimento por 1,00 m de largura e pesa cerca de 18 kg, conforme especificações abaixo (figura 10). Chegou-se, através dos estudos, a um sistema fotovoltaico ideal composto por 40 placas e 2 inversores.

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 de 6 anos, em média, com um investimento inicial de aproximadamente R\$ 80.000,00, entre painéis solares, inversores, equipamentos elétricos, mão de obra e projetos, considerando economia de energia elétrica e investimento após esse período. É possível expandir o sistema para outros prédios, alcançando, em um futuro próximo, a autossuficiência da universidade. Em critérios técnicos há viabilidade e boas condições para áreas de implantação de usinas fotovoltaicas. A geração de energia é diurna, coincidindo com o período de pico.

Em relação a aspectos culturais, 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.

Referências

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015

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

CERTIFICAÇÃO Internacional para Edificações Sustentáveis. Disponível em: <<http://www.leed.net>>. Acesso em: 05 out. 2015.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDARIA (CONFAZ). Convênio 16/2015, de 27 de abril de 2015. Dispõe sobre os procedimentos relativos às operações de circulação de energia elétrica. **Diário Oficial da União**, Brasília, seção I,p.21, 27 abr. 2015

EMPRESA de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2015.

INSTITUTO Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 20 set. 2015.

GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L.D. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2003.

NOGUEIRA, C. U. **Utilização de sistemas solar e eólico no bombeamento de água para uso na irrigação**. 2009. 139f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2765>. Acesso em: 01 out. 2015.

NORMAS e Regulamentos da energia elétrica no país. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 01 out. 2015.

REGULAMENTAÇÕES e normas para instalação de equipamentos. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em: 05 out. 2015.

SISTEMAS Fotovoltaicos: Blue Solar. Disponível em: <<http://www.blue-Sol.com>> Acesso em: 10 out. 2015.

UNIVATES instala usina de energia Solar. Disponível em: <<http://www.univates.br>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

VILLALVA, Marcelo; GAZOLI, Jonas. **Energia Solar Fotovoltaica, conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012.