## VIABILIDADE DE INSERÇÃO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA LIMPA MEDIANTE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTÁICO (ON GRID) PARA REDUÇÃO DE GASTOS COM ENERGIA NA UNIVASF CAMPUS JUAZEIRO-BA.

Edgardo G. Camacho Palomino, (UNIVASF)

edgardo.palomino@univasf.edu.br

Leonardo Alves de Melo, (UNIVASF)

leonardoamelo@live.com

Liudson Rafael Pires Ribeiro, (UNIVASF)

liudsonrafael@gmail.com

Túlio Salomão de Sá Carvalho, (UNIVASF)

tulio.salomao@hotmail.com

Vítor Moreira de Oliveira, (UNIVASF)

vitor\_moreira12@hotmail.com

**Resumo**: Devido a situação global, onde as nações cada vez mais se preocupam com as condições do meio ambiente, está em alta a procura por fontes limpas de energia renováveis. Pois além de preservar o meio ambiente pode gerar um retorno financeiro.

O Brasil é um dos poucos países no mundo, que recebe uma insolação (número de horas de brilho do Sol) superior a 3000 horas por ano. E na região Nordeste conta com uma incidência média diária entre 4,5 a 6 kWh. Por si só estes números colocam o pais em destaque no que se refere ao potencial solar [1]. Assim, com a aprovação da Comissão de Trabalho, de Administração e Serviço Público (CTASP - 30/08/2017) do Projeto de Lei que incentiva a implantação de painéis para captação de energia solar em edifícios públicos e privados, e que obriga o uso dos painéis em prédios que pertencem à Administração Pública Federal e, Também em (04/12/2017) a Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados aprovou alíquota zero de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para coletores ou painéis solares usados no aquecimento de água e na geração de energia [2]. Assim, este artigo apresenta uma avaliação da utilização de módulos fotovoltaicos nas coberturas do Complexo Multieventos e nos blocos de aula-Campus Juazeiro/BA visando uma economia de R$21071,47, mensal, quando considerada a instalação proposta. Este trabalho também potencializaria os aspectos pedagógicos das instalações de sistemas de energia solar no campus universitário, que se tornam ferramentas para os estudos acadêmicos.

**Palavras-chave**: Energia solar, Células fotovoltaicas, módulos fotovoltaicos, Sistema fotovoltaicos On-Grid.

## 1. Introdução

## Com o aumento crescente da população mundial e da tecnologia cada vez mais moderna, a sociedade contemporânea se faz muito dependente da energia elétrica. Para atender a grande demanda energética necessária para alimentar as necessidades e os interesses da sociedade atual, é preciso de muita energia e consequentemente uma matriz energética eficiente. Além disso, sabe-se que o principal recurso da matriz energética no mundo é uma fonte não renovável e não mudou desde a Segunda Revolução Industrial (1850), o petróleo, mostrando desta forma a necessidade de se buscar outros tipos de fontes energéticas, principalmente fontes renováveis de energia. Assim, evidencia a oportunidade de se utilizar energia solar fotovoltaica como uma forma de amenizar e talvez em um futuro substituir as fontes de energia não renováveis.

## Em um determinado país, a matriz energética compreende as diferentes formas de energia disponíveis para o uso em várias atividades sociais. No cenário atual as nações discutem e buscam fontes renováveis limpas e baratas como alternativa sustentável as opções já existentes. É muito interessante o uso renovável de energia, pois além de ter um apelo econômico, com a utilização de recursos mais baratos para a produção de energia, tem o fato de estar contribuindo com meio ambiente, o preservando, pois, a maioria desses recursos utiliza meios naturais e abundantes. No Brasil a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) de 2017 83 % dos recursos renováveis tem participação na matriz energética. Entre as principais estão a biomassa, o etanol, os recursos hídricos, energia solar e eólica.

## O fato de o Brasil ser um país tropical, e por isso recebe muita irradiação do sol, deixa a energia solar ou energia fotovoltaica com um grande potencial no país, apesar de ser pouco explorado. O diretor da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), André Pepitone, afirma que o Brasil tem um potencial solar superior até de países onde esse tipo de fonte é bastante usado para gerar energia elétrica. Segundo ele a Alemanha, por exemplo, tem índice de irradiação que resulta em 900 e 1.250 quilowatts-hora (kWh) por metro quadrado (m²) por ano divididos por todo seu território, outro exemplo é a Espanha, o número varia de 1.200 a 1.850kWh m²/ano. Já no Brasil esse número é 1.500 e 2.400kWh m²/ano, isso só mostra o grande potencial desse recurso renovável no nosso país.

## Apesar disso, todo esse potencial não é aproveitado da melhor maneira por alguns motivos. No Nordeste, por exemplo, que é uma região com o um dos melhores índices de irradiação no país, e, por isso, ser um local de escolha para a construção de usinas solares, a falta de linhas de transmissão e outros problemas na infraestrutura são alguns dos problemas enfrentados na distribuição da energia gerada pelas usinas. Quando é o caso de a pessoa física gerar energia, o problema é financeiro, pois faltam linhas de créditos com juros mais baixos, atrapalhando bastante o investimento nesse setor, em um estado com grande parte da população de baixa renda.

**2. Condições regionais e viabilidade produtiva**

Sabe-se que a região onde está situada a Univasf - Campus Juazeiro-BA, possui uma média de insolação diária elevada em relação ao resto do país, devido a localização geográfica. Segundo dados do ATLAS SOLAMÉTRICO DO BRASIL, nossa região apresenta uma média de insolação diária de 7 horas, embora alguns meses, como: Agosto, Setembro, Outubro e Novembro, apresentam uma média de 8 a 9 horas de irradiação diária.

Em posse dessas informações tornou-se viável o estudo da implementação de um sistema de geração de energia fotovoltaica. Assim, na realização do estudo foi necessário obter as plantas do Campus a fim de observar as possíveis áreas adequadas para implantação. Verificou-se a existência de bons espaços nas lajes de dois prédios de aula, dos colegiados acadêmicos e do complexo multieventos.

Figura 01 - Imagens aéreas prédios de aulas e dos colegiados

Fonte: Adaptado de Google Earth (2015)

Figura 02 - Imagens aéreas do espaço Multieventos



Fonte: Adaptado de Google Earth (2015)

## 3. Projeto técnico

## Para o desenvolvimento deste trabalho são avaliadas as coberturas do Complexo Multieventos e dos prédios de aulas e dos colegiados do Campus Juazeiro/BA mostradas nas figuras 01 e 02. Sendo projetada o sistema fotovoltaico especificamente para cada bloco, de acordo com os espaços disponíveis, um arranjo específico para instalação do sistema fotovoltaico. Assim, apresenta-se a explanação acerca da metodologia adotada: Descrição geral do sistema, Arranjo fotovoltaico, Definição dos ângulos, Sombreamento, Manutenção e dimensionamentos são temas a serem abordados.

## 3.1. Descrição geral do sistema fotovoltaico

O sistema fotovoltaico está composto por 1344 placas AXITEC AC-330P/156-72S com especificações mostradas na Tabela 01 com dimensões de 1956 mm de comprimento, 992 mm de largura e 40 mm de espessura. Com uma potência nominal de 330 W cada uma, dos quais: 576 placas em cada um dos prédios de aulas e dos colegiados e 768 nas coberturas do Complexo Multieventos.

Tabela 01 – Características da placa fotovoltáica

|  |  |
| --- | --- |
| Fabricante | AXITEC SOLAR |
| Modelo | AC-330P/156-72S |
| Potência máxima (W) | 330 |
| Tensão de Circuito Aberto Voc (V) | 45,83 |
| Corrente de Curto Circuito Isc (A) | 9,27 |

Levou-se em consideração parâmetros como: inclinação, posicionamento e espaçamento entre as placas, e foi analisado também os espaços disponíveis e suas viabilidades.

A energia gerada pelo sistema fotovoltaico, é entregue a rede por meio de 28 inversores de frequência em conexão trifásica 380 V, 60 Hz, dos quais: 12 inversores em cada um dos prédios de aulas e dos colegiados e 16 inversores nas coberturas do Complexo Multieventos de especificações mostradas na Tabela 02.

Tabela 02 - Especificações do inversor PHB Solar

|  |  |
| --- | --- |
| Fabricante PHB Solar | |
| Modelo PHB20K-DT | |
| Tensão de entrada | 260-850 V |
| Tensão de saída | 60Hz; 380/220Vca |
| Eficiência | 98,4% |
| Potência | 20 KW |

## 3.2. Arranjo fotovoltaico

O sistema fotovoltaico foi dividido em módulos fotovoltaicos, os quais possuem 4 *strings* em paralelo, onde cada *string* possui 12 placas em série. A escolha foi feita de maneira a utilizar o maior espaço disponível, além de que cada módulo possa fornecer uma potência de placa de 15840 W e uma tensão de saída de aproximadamente 452V.

Com base nessas especificações e no número total de placas, foi dimensionada uma quantidade de 28 módulos que serão ligados a 28 inversores de 20,0 kW. Para atender às especificações do inversor, cada grupo formaria uma associação série-paralela de 4x12 módulos.

Tanto na cobertura do Complexo Multieventos e dos prédios de aulas e dos colegiados do Campus Juazeiro/BA, os módulos de quatro fileiras com 36 placas, estarão voltadas para o norte geográfico e com uma inclinação de 9.4°, separadas por um corredor de aproximadamente 2m de comprimento para respeitar o espaço mínimo evitando o sombreamento.

Somando os prédios de aulas, colegiados e multieventos obtive-se um total de 1344 placas, com um potencial nominal de 443,52 KWp.

## 3.1. Definição dos ângulos

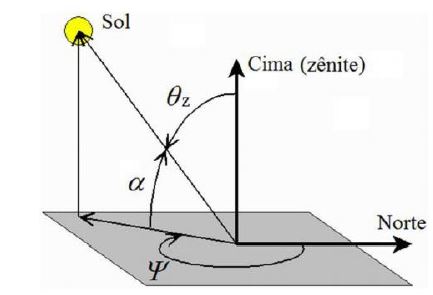
Para garantir o melhor funcionamento dos painéis fotovoltaicos fez-se necessário o estudo sobre a direção em que os raios solares chegam a superfície terrestre e o posicionamento dos painéis.

Sabendo que a maior eficiência está diretamente relacionada ao ângulo de incidência dos raios solares, onde os painéis devem estar alinhados perpendicularmente a esses raios incidentes. Contundo, esse alinhamento varia dependendo do local. Para conhecer o melhor posicionamento para a nossa região foram analisados os seguintes parâmetros:

* Ângulo azimutal:

O ângulo azimutal fornece a orientação dos raios solares em relação ao norte geográfico terrestre. A Figura 03 mostra o ângulo azimutal (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

Figura 03 – Demonstração do ângulo azimutal



Fonte: (VILLALVA e GAZOLI, 2012)

Quando o ângulo azimutal é nulo, o Sol está na metade do trajeto que percorre do instante que nasce até o instante que se põe. A instalação correta de um módulo solar fotovoltaico deve levar em conta o movimento diário do Sol (VILLALVA, 2015).

* Altura solar e declinação:

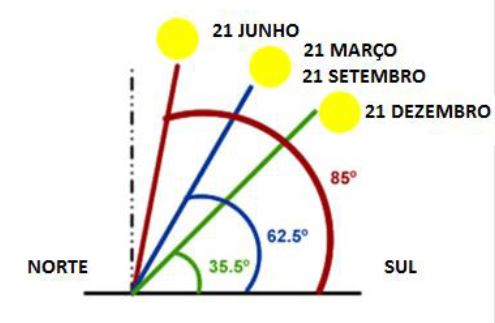
A altura solar é o ângulo de inclinação da trajetória do Sol com o plano horizontal depende tanto da posição geográfica do observador quanto do ângulo de declinação solar. Como mostra a Figura 04 a seguir.

Figura 04 – Demonstração da altura solar

Fonte: (VILLALVA e GAZOLI, 2012)

Nos dias de verão a altura do Sol no céu é maior do que nos dias de inverno, deste modo, um observador receberá os raios solares com um ângulo azimutal menor do que no inverno onde o Sol será visto mais próximo da linha do horizonte, portanto, com um ângulo azimutal maior. A altura solar depende também da localização geográfica do observador. Quanto mais próximo da linha do Equador maior será a altura solar ao se aproximar dos polos a altura solar diminui (VILLALVA, 2015).

O eixo de rotação terrestre está inclinado 23,5° em relação ao plano solar. O ângulo formado entre os raios solares e o plano do equador terrestre é chamado de declinação solar. Que devido a inclinação terrestre varia ao longo do ano.

Existem vários métodos para a escolha do ângulo incidente, entretanto, o método escolhido para a instalação do sistema na nossa região, está de acordo com a tabela 01 abaixo, que relaciona a escolha de tal ângulo apenas com o local onde será instalado o sistema. Como juazeiro tem uma latitude de aproximadamente 9.4 ° ao sul, seguindo a tabela, os painéis instalados na região devem ter uma inclinação α igual á 10° e deve estar virado para o norte geográfico.

Tabela 01 - Inclinação α recomendado de acordo com a latitude local

|  |  |
| --- | --- |
| Latitude Local | Ângulo θ recomendado |
| 0° a 10° | Θ = 10° |
| 11° a 20° | Θ = Latitude local |
| 21° a 30° | Θ = Latitude local + 5° |
| 31° a 40° | Θ = Latitude local + 10° |
| 40° ou mais | θ = Latitude local + 15° |

## 3.2. Sombreamento

Outro aspecto que deve ser levado em consideração na implementação de um módulo fotovoltaico é o sombreamento nas placas. Dessa forma para um desempenho ideal do sistema é necessário evitar que os módulos façam sombra uns aos outros e até mesmo que sejam colocados perto de possíveis causas de sombreamento (sombras de edifícios, de postes, casas e etc.).

Se uma parte do módulo está sombreada, é como se naquela parte fosse formada uma alta resistência, impedindo o fluxo de corrente. Como consequência, em vez de o módulo sombreado produzir energia, vai acabar provocando um aumento na temperatura e, em alguns casos mais críticos, esse aumento na temperatura pode causar o fogo das células fotovoltaicas ou dissolução de soldaduras.

Dessa forma, para otimizar e evitar danos no sistema de módulos fotovoltaicos, é necessário calcular o espaçamento entre os módulos para não haver sombreamento. Assim, munido de informações sobre a posição solar, calcula-se a distância mínima entre as placas por meio de cálculos trigonométricos. Chegando assim, a uma distância mínima entre as placas de aproximadamente 2m para evitar sombreamento.

## 3.4. Manutenção

Um fator importante que deve ser lembrado após a implementação é a manutenção do sistema. Devendo ser limpo periodicamente utilizando flanela umedecida apenas com água, devendo evitar o uso de jatos de agua para a limpeza devido à grande sensibilidade das placas, tais medidas servem para evitar perdas na eficiência do sistema, pois os resíduos causados pela poluição e a sujeira causada por aves podem reduzir a eficiência.

**4. Avaliação do potencial energético**

Ao dimensionar as placas com uma potência nominal de 330Wp, esse valor é baseado na produção de energia medida em condições de laboratório, "Condições Padrão de Teste" (*STC - Standard Testing Conditions*) que não representam as condições reais da região. As condições de laboratório foram estabelecidas para manter a uniformidade nos padrões de medição dos painéis solares.

Nos laboratórios as placas são submetidas a uma fonte de luz (irradiante) medida a 1000W/m², o que equivale a exposição a um sol forte. Essa condição de irradiação não apresenta problemas na região em estudo, tendo em vista que esse valor de exposição é bastante comum.

A dificuldade encontrada consiste em não apresentarmos temperaturas semelhantes as submetidas em condições de teste (25⁰C), sendo aproximadamente 33⁰C a média de temperatura anual na região (NOAA, 2017).

Conhecer os dados de temperaturas da região é essencial, pois as placas apresentam uma variação no seu rendimento quando são submetidas a temperaturas maiores do que a padrão. Na prática um painel solar instalado na laje, ficará, em média, aproximadamente 20 °C mais quente do que a temperatura ambiente daquele dia, ou seja, a temperatura média de operação será aproximadamente 53°C.

Verificando na folha de dados do fabricante da placa escolhida, observa-se que a mesma possui uma redução na potência de 0,42%/°C, ou seja, a cada unidade de temperatura acima do valor de teste, a potência total será reduzida em 0,42%.

Assim, nas condições de temperatura de operação da região (53°) citadas acima, cada placa terá uma perca de 11,76% na sua potência nominal, o que acarretará em uma potência individual de 291,192 Wp. Logo a potência efetiva instalada do sistema será de 394,73 KWp.

Com base no valor efetivo da potência instalada pode-se calcular a quantidade diária de energia gerada. Considerando a média de insolação diária de 7 horas, teremos um valor de 2763,11 KWh de energia gerada, resultando em uma produção mensal de 82893,3KWh.

Em posse desses dados e baseado na tarifa vigente da concessionária de energia elétrica, a redução de custos mensais nas contas de energia seria de R$ 25696,92.

Considerando os dados referentes aos custos mensais do campus, podemos observar no gráfico a seguir um comparativo entre as despesas atuais (2017) e a estimativa de quanto seria esse gasto, caso, o sistema já estivesse em utilização.

Além disso, devemos considerar as perdas, que são inerentes do sistema fotovoltaico, como por exemplo, as perdas de conversão de potencia CC para CA. As perdas para sistemas conectados a rede tipicamente representam 18% (LARONDE, 2010). Logo, o valor final de redução de custo mensal será R$ 21071,47.

Com isso teremos os resultados de consumo mensal apresentados na figura 05.

Figura 05 – Gráfico do impacto financeiro

Fonte: COELBA

Contudo, considerando um período de dez meses, a economia total de gastos com a implantação do sistema solar fotovoltaico seria de R$ 210714,70. Conclui-se que nesse período o valor total economizado é equivalente ao valor de um dos meses de maior consumo energético do *Campus*.

**REFERÊNCIAS**

## Neto, A. D. S. Estudo e dimensionamento de sistemas fotovoltaicos isolado e conectado a rede de distribuição: Estudo de casos. 2016. 92 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia.

## Elétrica – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2016.SANTOS, L. P. G. Viabilidade da utilização de energia solar na UNIVASF – Campus Juazeiro-BA. 2017. 35 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção- Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2017.

OLIVEIRA, I. C. **Estudo de critérios para implementação de grandes parques de geração fotovoltaicas conectados à rede de transmissão:** Estudo de caso para um parque de 5 MWp. 2018. 69 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia da Computação – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2018.

Portal solar. Folhas de dados do painel solar – o que você precisa saber. 2011. Disponível em:

www.portalsolar.com.br/folha-de-dados-do-painel-solar- o-que-voce-precisa-saber.html.

Acesso em: 07 fev. 2017.