

Vol 7 Issue 1 Oct. 2017

ISSN No : 2249-894X

*Monthly Multidisciplinary
Research Journal*

*Review Of
Research Journal*

Chief Editors

Ashok Yakkaldevi
A R Burla College, India

Ecaterina Patrascu
Spiru Haret University, Bucharest

Kamani Perera
Regional Centre For Strategic Studies,
Sri Lanka

Review Of Research Journal is a multidisciplinary research journal, published monthly in English, Hindi & Marathi Language. All research papers submitted to the journal will be double - blind peer reviewed referred by members of the editorial Board readers will include investigator in universities, research institutes government and industry with research interest in the general subjects.

Regional Editor

Dr. T. Manichander

Advisory Board

Kamani Perera Regional Centre For Strategic Studies, Sri Lanka	Delia Serbescu Spiru Haret University, Bucharest, Romania	Mabel Miao Center for China and Globalization, China
Ecaterina Patrascu Spiru Haret University, Bucharest	Xiaohua Yang University of San Francisco, San Francisco	Ruth Wolf University Walla, Israel
Fabricio Moraes de Almeida Federal University of Rondonia, Brazil	Karina Xavier Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA	Jie Hao University of Sydney, Australia
Anna Maria Constantinovici AL. I. Cuza University, Romania	May Hongmei Gao Kennesaw State University, USA	Pei-Shan Kao Andrea University of Essex, United Kingdom
Romona Mihaila Spiru Haret University, Romania	Marc Fetscherin Rollins College, USA	Loredana Bosca Spiru Haret University, Romania
	Liu Chen Beijing Foreign Studies University, China	Ilie Pinteau Spiru Haret University, Romania
Mahdi Moharrampour Islamic Azad University buinzahra Branch, Qazvin, Iran	Nimita Khanna Director, Isara Institute of Management, New Delhi	Govind P. Shinde Bharati Vidyapeeth School of Distance Education Center, Navi Mumbai
Titus Pop PhD, Partium Christian University, Oradea, Romania	Salve R. N. Department of Sociology, Shivaji University, Kolhapur	Sonal Singh Vikram University, Ujjain
J. K. VIJAYAKUMAR King Abdullah University of Science & Technology, Saudi Arabia.	P. Malyadri Government Degree College, Tandur, A.P.	Jayashree Patil-Dake MBA Department of Badruka College Commerce and Arts Post Graduate Centre (BCCAPGC), Kachiguda, Hyderabad
George - Calin SERITAN Postdoctoral Researcher Faculty of Philosophy and Socio-Political Sciences Al. I. Cuza University, Iasi	S. D. Sindkhedkar PSGVP Mandal's Arts, Science and Commerce College, Shahada [M.S.]	Maj. Dr. S. Bakhtiar Choudhary Director, Hyderabad AP India.
REZA KAFIPOUR Shiraz University of Medical Sciences Shiraz, Iran	Anurag Misra DBS College, Kanpur	AR. SARAVANAKUMAR LAGAPPA UNIVERSITY, KARAIKUDI, TN
Rajendra Shendge Director, B.C.U.D. Solapur University, Solapur	C. D. Balaji Panimalar Engineering College, Chennai	V. MAHALAKSHMI Dean, Panimalar Engineering College
Awadhesh Kumar Shirotriya	Bhavana vivek patole PhD, Elphinstone college mumbai-32	S. KANNAN Ph.D , Annamalai University
	Awadhesh Kumar Shirotriya Secretary, Play India Play (Trust), Meerut (U.P.)	Kanwar Dinesh Singh Dept. English, Government Postgraduate College , solan

More.....



ANÁLISE DE VIABILIDADE E APLICAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL

Aline dos Santos Pedraça ¹

Djalma Bentes Costa ²

Rarys Coelho da Silva ³

Aristides Rivera Torres ⁴

Thales Ruano Barros de Souza ⁵

¹ Discente do Curso de Engenharia Elétrica, pelo UNINORTE.

² Mestre em Engenharia Elétrica, pela UFAM.

³ Engenheira Eletricista, pelo UNINORTE.

⁴ Doutor em Engenharia Mecânica, pelo Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría.

⁵ Mestre em Engenharia Elétrica, pela UFAM.

RESUMO

Com as preocupações voltadas para sistemas sustentáveis, o volume de pesquisas envolvendo o desenvolvimento de projetos com fontes alternativas de geração de energia, vem crescendo consideravelmente, sejam através de prêmios de desenvolvimento, cursos de novas tecnologias, etc. Pode-se perceber que, uma fonte renovável e que apresenta grande capacidade de aproveitamento é justamente a energia solar. Esta energia tem a capacidade, quando adequadamente captada, de se transformar em energia elétrica. Esta transformação é necessária, devido ao fato de os

equipamentos que necessitam de energia para seu funcionamento, serem abastecidos de eletricidade. Então é justamente para isto que acontecem os investimentos neste tipo de energia renovável. Mas para que se tenha um maior investimento nas pesquisas das fontes alternativas de energia, deve-se na obtenção de parâmetros que provem que a energia solar é vantajosa. Para isto, estudos comparativos econômicos devem ser feitos, para que possa ser tomada a decisão, de um retorno de investimento, a curto, médio e longo prazo. Com base nestes fatos, é realizado projeto de estudo para elaboração de sistemas eficientes de geração de energia, através da captação solar. A pesquisa feita neste trabalho apresenta características de análise e identificação para um projeto de implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de energia elétrica em uma edificação comercial no centro urbano de Manaus.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar; Eficiência energética; Comparativo de custos.

INTRODUÇÃO

Atualmente, devido à necessidade de investimentos em tecnologia e na obtenção de novos recursos para pesquisas de técnicas viáveis de produção de energia, existem diversos estudos que corroboram com a eficiência da produção energética a partir da energia solar. É fato que este tipo de energia é limpa, utilizando insumos provenientes da natureza. Estudos realizados em diversas áreas demonstram que a utilização da energia solar proporciona uma economia de energia elétrica da ordem de 35%. De acordo com o Conceito Arquitetura (2012), este sistema quase não requer manutenção. Apenas a limpeza semestral das placas: ela é feita com água e sabão no início ou fim do dia e não necessita de mão-de-obra especializada.

O Instituto Blue Sol (2010), defende que existem, basicamente, dois usos dos raios solares como fonte de energia: o térmico e o elétrico. O primeiro pode ser feito de forma passiva, através de técnicas modernas de arquitetura e construção que permitem maior iluminação natural aos ambientes, ou

com o auxílio de coletores ou concentradores solares – nestes casos, porém, a função da energia gerada é basicamente aquecer a água. Sabe-se, entretanto que, o investimento inicial é alto, quando comparado às atuais hidroelétricas, mas, em longo prazo, o sistema apresenta características muito mais vantajosas, tendo em vista que, a poluição causada e o impacto gerado são menores. A vida útil também é algo a se considerar. É fato que os sistemas que utilizam energia solar possuem uma vida útil muito maior, levando-se em consideração o alto valor empregado para realizar a manutenção e a sua periodicidade. Outro ponto importante que deve ser analisado diz respeito à viabilidade econômica da implantação de sistemas sustentáveis de geração de energia. Para que isto possa ser concluído, diversos fatores devem ser verificados, como por exemplo: a incidência de radiação solar, área a ser instalado o sistema, disponibilidade de material de captação etc.

Com os combustíveis utilizados para geração de energia atualmente tornando-se escassos, a instabilidade política, as questões ambientais, preocupação com as gerações futuras, a questão do abastecimento de energia a preços acessíveis, energia limpa e segura, traz à tona a questão das energias renováveis. Mais e mais pessoas vêem que os combustíveis fósseis têm um impacto negativo sobre o clima do mundo, na economia e na vida cotidiana. As energias renováveis e a eficiência energética podem cobrir as necessidades energéticas do futuro, sendo vistos tais pontos já nos dias atuais. A energia solar é uma excelente escolha em desenvolver uma fonte viável acessível e global de energia, que podem substituir os combustíveis fósseis em vários países do mundo. A radiação solar que atinge a superfície da Terra em um ano está fornecendo mais de 10.000 vezes as necessidades anuais em todo o mundo. Considerando as grandes instalações de energia solar térmica, pode-se escolher grandes centros desérticos como locais de captação. Um ponto importante que deve ser observado também é com relação a vida útil do sistema, que gira em torno de 35 anos (BLUE SOL, 2010). Estes pontos serão abordados, visando entendimento e norteamento da eficiência da produção energética a partir da energia solar, comparando-se custos, prazo de execução e necessidade.

Com a necessidade de investimento em fontes renováveis de energia, várias pesquisas têm sido feitas, a fim de encontrar a maior eficiência, dentro de custos possíveis e que atendam a necessidade de uso e finalidade. Para que isto seja possível, a interação entre diversos setores precisa ocorrer, e então, com um estudo profundo, consegue-se determinar a melhor escolha de sistema alternativo de geração de energia. Sabe-se que as fontes renováveis remetem a sustentabilidade, entretanto, precisam ser avaliados diversos fatores para que o sistema possa ser mais difundido na região Norte. As pesquisas de novas tecnologias, assim como o investimento na aquisição dos painéis fotovoltaicos, aumentou o interesse das empresas em querer desenvolver novas tecnologias de painéis. Com base nesta linha de pesquisa, é de extrema importância apresentar as diversas tecnologias de geração de energia fotovoltaica, assim como, apresentar as formas de execução e implantação em residência e pontos comerciais. Portanto, o presente artigo buscou-se propor a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de energia elétrica em edificações comerciais, como uma fonte alternativa de geração de energia descentralizada e não como substituição da atual fonte, mas como um complemento, bem como, apresentar conceitos de energia fotovoltaica e suas características e abordar como essa fonte pode beneficiar o consumidor na redução da despesa com energia elétrica e como o sistema pode contribuir para o meio ambiente.

Do ponto de vista sustentável atualmente, com a preocupação com o meio ambiente, devido às mudanças climáticas, a preocupação com a escassez dos atuais recursos de geração de energia, implantar um sistema fotovoltaico conectado à rede suprirá a demanda de energia elétrica da edificação. Com informações obtidas através pesquisas bibliográficas mostra que os níveis de radiação solar no território brasileiro são os melhores se comparados com os líderes na utilização da tecnologia. O sistema se torna uma boa opção para agregar ao sistema brasileiro como forma de ajudar a suprir a crescente demanda de energia elétrica. Falta tornar a tecnologia fotovoltaica mais conhecida pela sociedade brasileira, saber suas vantagens e ser acessível do ponto de vista econômico, porque, infelizmente, a falta de incentivos para esta tecnologia ainda torna o sistema muito dispendioso. A metodologia escolhida para desenvolvimento deste trabalho e para alcançar os objetivos do mesmo, pode ser classificada como uma pesquisa descritiva do tipo estudo de caso. Pois o tipo estudo de caso se insere no método descritivo, que visa analisar e identificar características de uma pesquisa sem a interferência do pesquisador (PRODANOV, 2013, p. 58). É características de análise e identificação para um

projeto de implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de energia elétrica em uma edificação comercial no centro urbano de Manaus. O desenvolvimento desta pesquisa foi feito com levantamento bibliográfico sobre sistemas fotovoltaicos e suas tecnologias, pesquisas em livros, artigos, manuais e internet sobre assuntos relacionados ao tema escolhido. O método para desenvolvimento deste trabalho aborda assuntos relacionados a energia fotovoltaica, destacando a sustentabilidade ambiental, a contribuição do uso da tecnologia para os consumidores, atualmente como um complemento a matriz energética brasileira. Para validação do método desenvolvido neste trabalho, será feito um pré-projeto de um SFCE, com base em dados colhidos no local onde se pretende instalar o sistema, uma base dos dados e feitos alguns cálculos para se chegar ao valor e tamanho do sistema. Insere-se nesta pesquisa o método qualitativo/quantitativo, fazendo uso da bibliografia para comparações quanto à viabilidade e economia do sistema pelo mercado local.

1.1 O EFEITO FOTOVOLTAICO

O efeito fotovoltaico, primeiramente descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, implica no aparecimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção de luz. Em 1876 foi concebido o primeiro aparato fotovoltaico advindo dos estudos da física do estado sólido e, apenas em 1956, iniciou-se a produção industrial, seguindo o crescimento da área de eletrônica.

Inicialmente, o desenvolvimento da tecnologia apoiou-se na busca, por empresas do setor de telecomunicações, de fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas. O segundo agente impulsionador foi a chamada "corrida espacial". A célula fotovoltaica era, e continua sendo, o meio mais adequado (menor custo, peso e segurança) para fornecer a quantidade de energia necessária para longos períodos de alimentação de equipamentos eletroeletrônicos no espaço.

De acordo com Pinho (2014), o território brasileiro recebe elevados índices de irradiação solar, quando comparado com países europeus, onde a tecnologia fotovoltaica é disseminada para a produção de energia elétrica. Consta-se, entretanto, que o avanço tecnológico no Brasil tem passado por fases de crescimento, bem como por períodos de várias dificuldades.

Nos anos 1950, iniciou-se o desenvolvimento de módulos fotovoltaicos no Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e no Centro Tecnológico de Aeronáutica (CTA) – hoje Centro Técnico Aeroespacial, sendo realizado, em 1958, o Primeiro Simpósio Brasileiro de Energia Solar. O início do desenvolvimento de células fotovoltaicas de silício cristalino na Universidade de São Paulo (USP) teve por base o conhecimento em microeletrônica. As atividades foram focadas no desenvolvimento de lingotes de silício monocristalino (m-Si) com o método Czochralski (Si-Cz), que, utilizados para a fabricação de células fotovoltaicas, resultaram em dispositivos com eficiência da ordem de 12,5%.

O sol é uma fonte renovável de energia limpa e isso é um benefício cada vez mais valorizado. A energia solar fotovoltaica (FV) sistemas de produção de eletricidade sem emissões de poluição dos gases, gases de efeito estufa e partículas que são subprodutos da combustão ou queima de combustíveis.

O fornecimento de "Combustível" para sistemas solares fotovoltaicos - luz solar e calor solar – é infinita e gratuita. Isso não significa que a eletricidade é gratuita, mas pode haver economia monetária. Com os avanços contínuos em tecnologia de energia solar fotovoltaica, o custo da energia solar continua a cair e seu uso está em ascensão. Os sistemas solares fotovoltaicos são de longa duração e requerem pouca manutenção com custo de produção de eletricidade relativamente estável e previsível ao longo do tempo. Possuir um sistema de energia solar pode ser seguro contra o aumento dos custos da energia. Além disso, estudos em vários locais descobriram que as casas com sistemas fotovoltaicos, possuem valor mais elevado, mais do que casas sem energia solar instalada.

1.2 DEFINIÇÕES DE ENERGIA SOLAR

A Energia hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos, são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se

destacam o termoelétrico e o fotovoltaico (ANEEL, 2013).

Ainda de acordo com o manual da ANEEL, a conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, o fóton contido na luz solar é convertido em energia elétrica, por meio do uso de células solares.

Entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica. No Brasil, o primeiro é mais encontrado nas regiões Sul e Sudeste, devido a características climáticas, e o segundo, nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas da rede de energia elétrica.

"Fotovoltaica" é uma união de duas palavras: "photo", que significa luz, e "voltaica", significando eletricidade. A tecnologia fotovoltaica é o termo científico usado para descrever o que usamos para converter energia solar em energia elétrica, ou seja, geração de eletricidade a partir da luz solar.

Um sistema fotovoltaico, por conseguinte, não necessita de luz solar intensa para o seu funcionamento. Também gera eletricidade nos dias nublados por um racionamento da energia de saída, que depende da densidade das nuvens. Devido à reflexão da luz solar, os dias nublados podem até resultar em rendimentos mais elevados de energia do que em dias com um céu completamente sem nuvens (HINRICHS et al., 2010).

A produção de energia através de energia solar fotovoltaica é bastante diferente de como um sistema solar térmico funciona, onde os raios do sol são usados para gerar calor, geralmente para água quente em uma casa, piscina etc.

Dentre as vantagens da implantação de sistemas fotovoltaicos de energia solar, tem-se:

- O combustível é gratuito;
- Não há partes móveis para desgastar, quebrar ou substituir;
- Apenas o mínimo de manutenção é necessário para manter o sistema funcionando;
- Os sistemas são modulares e podem ser rapidamente instalados em qualquer lugar;
- Não produz ruído, emissões nocivas ou gases poluentes.

Sistemas de energia fotovoltaica oferecem muitos benefícios exclusivos, além do fornecimento de energia simples. É por isso que as comparações com a geração de eletricidade convencional - e mais particularmente comparação com os custos de energia na unidade de produção convencional - nem sempre são válidos.

Se o valor de utilidade do serviço de energia que fornece, ou outros benefícios não energéticos, poderiam ser relacionados aos preços, a economia global de geração seria melhorada dramaticamente em inúmeras aplicações, mesmo em algumas situações de ligação à rede.

É uma tecnologia simples e de baixo risco que pode ser instalada em praticamente qualquer lugar onde há luz disponível.

Isto significa que existe um grande potencial para a utilização de telhados ou fachadas de edifícios públicos, industriais e particulares. Módulos fotovoltaicos podem ser utilizados como parte do envelope de um edifício, proporcionando proteção contra o vento e chuva, ou servindo de sombra para o interior da edificação.

Estes sistemas em pleno funcionamento também podem diminuir o calor dentro das edificações.

A energia solar não envolve emissões poluentes ou preocupações ambientais associadas com as tecnologias convencionais. Não há poluição na forma de gases de escape ou ruído durante a operação.

A crescente ameaça da mudança climática global resultante do acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera da Terra tem forçado órgãos nacionais e internacionais a agir. A partir da Conferência realizada em 1992, uma série de metas foram definidas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e aumentando a aceitação de energia renovável, incluindo a energia solar. (GREENPEACE, 2006).

1.3 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas fotovoltaicos mais utilizados podem ser divididos em três tipos: em sistemas autônomos, aquecedores de água e sistema conectados à rede. No último caso, o aproveitamento da energia solar precisa de ser ajustado à procura energética. Uma vez que a energia produzida não corresponde (na maior parte das vezes) à procura pontual de energia de um consumidor concreto, torna-se obrigatório considerar um sistema de armazenamento (baterias) e meios de apoio complementares de produção de energia (sistemas híbridos) (PORTAL-ENERGIA, 2004).

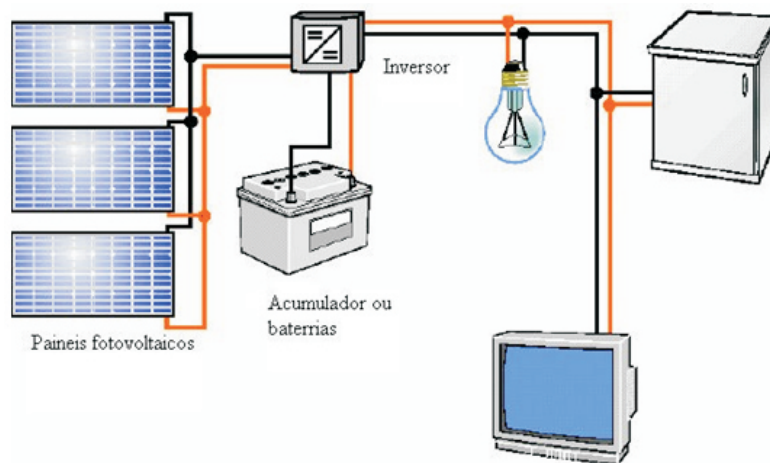
1.3.1 SISTEMAS AUTÔNOMOS OU ISOLADOS

Para que a produção de energia elétrica possa ser obtida, temos de levar em consideração diversos fatores. Um deles é justamente o acúmulo de energia gerada. Para que isto seja possível, é associado ao sistema um conjunto de baterias, que desempenham esta função, entretanto, para que não haja variação nos valores das tensões, reguladores devem ser aplicados, para que se tenha então a estabilidade desejada, a Figura 1 mostra o esquema de um sistema fotovoltaico autônomo (PINHO; GALDINO, 2014).

Logo, um sistema autônomo de geração de energia solar é composto de:

1. Gerador fotovoltaico;
2. Um ou vários módulos fotovoltaicos, majoritariamente dispostos em paralelo;
3. Regulador de carga;
4. Acumulador;
5. Consumidor.

Figura 1 - Esquema de sistema fotovoltaico autônomo.



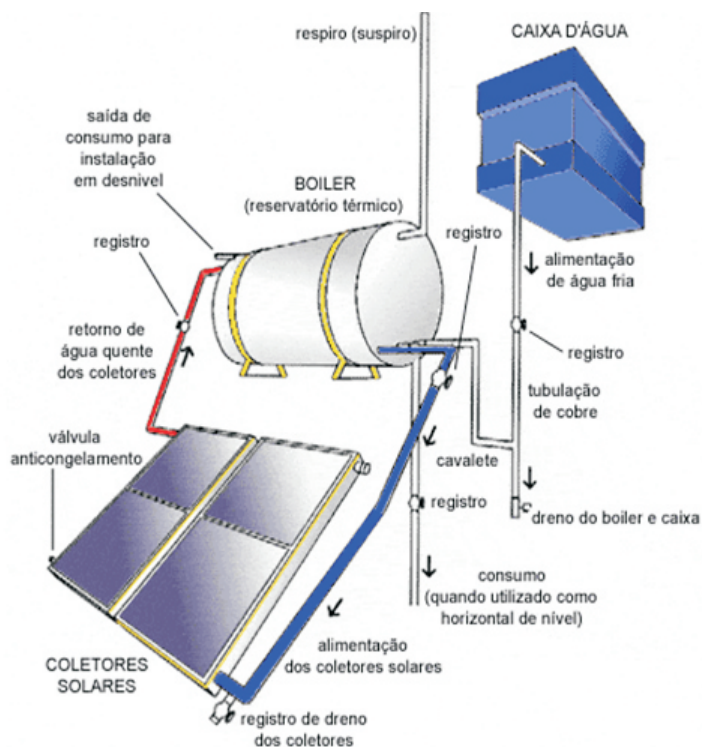
FONTE: VASCONCELOS, 2013.

1.3.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA

A radiação solar pode ser absorvida por coletores solares, principalmente para aquecimento de água, a temperaturas relativamente baixas (inferiores a 100°C). O uso dessa tecnologia ocorre predominantemente no setor residencial, mas há demanda significativa e aplicações em outros setores, como edifícios públicos e comerciais, hospitais, restaurantes, hotéis e similares. Esse sistema de aproveitamento térmico da energia solar, também denominado aquecimento solar ativo, envolve o uso de um coletor solar discreto. O coletor é instalado normalmente no teto das residências e edificações, a Figura 2 mostra o esquema de um sistema de aquecimento utilizando energia solar. Devido à baixa densidade da energia solar que incide sobre a superfície terrestre, o

atendimento de uma única residência pode requerer a instalação de vários metros quadrados de coletores. Para o suprimento de água quente de uma residência típica (três ou quatro moradores), são necessários cerca de 4 m² de coletor.

Figura 2 - Esquema de coletor solar.

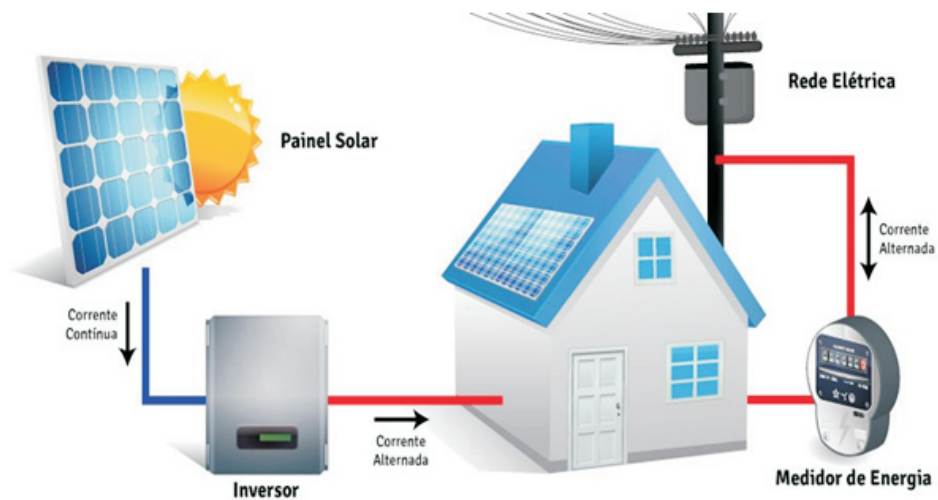


FONTE: PAINÉIS SOLARES, 2013.

1.3.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE

O Sistema Fotovoltaico conectado à rede (SFCR) também conhecido como sistema On Grid, sistema este escolhido para desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso, é um sistema que produz energia cuja carga é consumida diretamente pela edificação onde o sistema está instalado ou a energia que o sistema produz e não for consumida diretamente pela edificação é injetada à rede elétrica convencional de energia, gerando assim crédito para o consumidor, que quando tiver que utilizar a energia da rede elétrica convencional será abatido o valor da quantidade de energia elétrica que o SFCR dele injetou na rede anteriormente. Este tipo de utilização da energia solar nos centros urbanos tem como base a Resolução Normativa No. 482/2012, regulamentação que é considerado um grande avanço para utilização da Geração Distribuída no Brasil, não só de energia solar, mas na utilização de outras fontes limpas de energia (ANEEL, 2012). Um SFCR é composto basicamente de módulos Fotovoltaicos (FV), inversor de Corrente Contínua – Corrente Alternada (CC-CA) e medidor bidirecional, para que a energia gerada pelo sistema seja utilizada diretamente pela edificação e o excedente entregue à rede convencional de energia, a Figura 3 mostra um sistema fotovoltaico conectado à rede, este tipo de sistema já é bastante utilizado em diversos países como, Alemanha pioneiro na utilização da tecnologia, Estados Unidos, Japão, e recentemente passou a ser utilizada no Brasil com a REN 482/2012 permitindo esse avanço, sendo que o Brasil tem grande potencial FV em nível de radiação solar no território brasileiro que é muito superior que os dos grandes pioneiros da tecnologia FV (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 3 – Sistema Fotovoltaico conectado à rede.



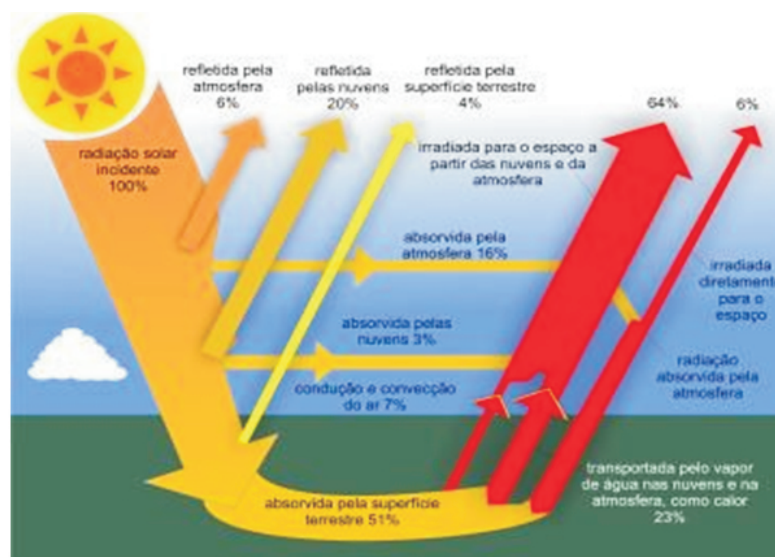
FONTE: www.real-solar.com.br

1.4 RADIAÇÃO SOLAR

O Sol fornece energia na forma de radiação, que é a base de toda a vida na Terra. No centro do Sol, a fusão transforma núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio. Durante este processo, parte da massa é transformada em energia. O Sol é assim um enorme reator de fusão.

Devido à grande distância existente entre o Sol e a Terra, apenas uma mínima parte (aproximadamente duas partes por milhão) da radiação solar emitida atinge a superfície da Terra. A Figura 4 mostra a porcentagem de energia solar absorvida no planeta. Esta radiação corresponde a uma quantidade de energia de 1×10^{18} kWh/ano (RUTHER, 2004).

Figura 4 - Energia solar absorvida.

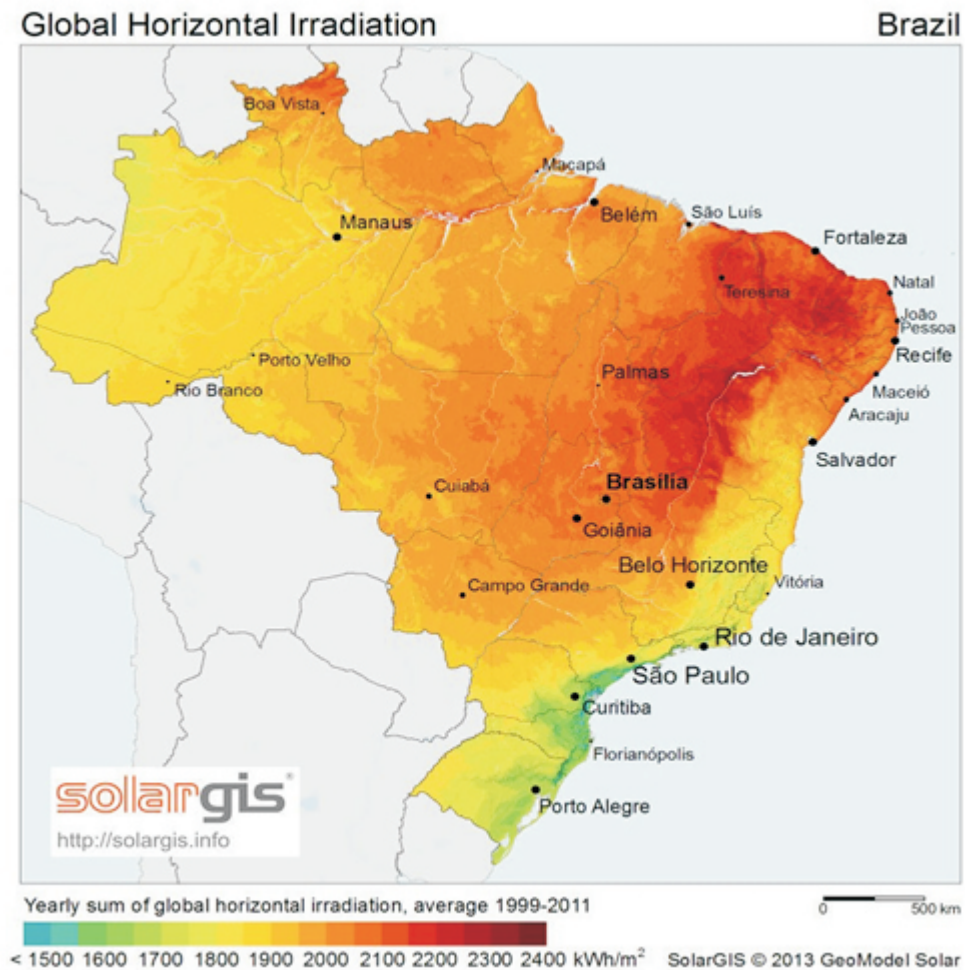


FONTE: www.s4solar.com.br

1.4.1 RADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL

A média da radiação solar no Brasil é relativamente alta se comparada com os países pioneiros no uso da tecnologia FV, em todo território brasileiro a radiação solar é bem distribuída, a Figura 5 apresenta a média anual do país no plano inclinado. Para se ter uma idéia a média anual de radiação solar no Brasil é bem uniforme e fica entre (1500 – 2500 kWh/m²), sendo que na Alemanha, por exemplo, a média anual é entorno de (900 – 1250 kWh/m²) que já utilizada a tecnologia FV há anos (PEREIRA et al., 2014).

Figura 5 - Radiação global horizontal.



FONTE: www.s4solar.com.br/mapasolarimetrico

1.5 TECNOLOGIAS AUTOMATIZADAS

Se um sistema seguir a posição do Sol, um sistema automatizado, a energia produzida será maior. Nos dias de maior radiação, em que existe uma grande proporção de radiação direta, podem obter-se ganhos relativamente elevados de radiação através deste movimento. Em dias sem nuvens, estes ganhos podem atingir 50 % no Verão e 300 % no Inverno, quando comparados com os ganhos de sistemas fotovoltaicos com uma área horizontal, a Figura 6, apresenta um sistema automatizado fazendo com que os painéis se movam de acordo com a posição do sol.

Figura 6 - Painel móvel.



FONTE: FAPESP, 2010.

A maior parte do aumento da produção de energia, devido ao movimento do equipamento que permite seguir a deslocação do Sol, pode ser obtida no Verão. Não só os ganhos absolutos são muito maiores do que no Inverno, mas também a proporção de dias nublados é significativamente maior no Inverno.

Há dois tipos de dispositivos, que permitem o movimento dos equipamentos de acordo com a deslocação do sol: os que têm dois eixos e os que têm apenas um eixo.

Na Europa Central, os sistemas fotovoltaicos com dispositivos de dois eixos, podem obter um aumento de produção de 30 %. Nos dispositivos de um eixo, este ganho situa-se nos 20 %. Nos locais de maior radiação, o aumento de energia produzida será ainda maior.

No entanto, seguir o Sol implica uma maior despesa. Este processo requer um mastro vertical regulável, que terá de resistir às grandes pressões do vento. Pode vir equipado com um sistema de controle elétrico, ou ser movido através de meios termohidráulico. Se utilizarmos um sistema de controle elétrico, será necessária a sua alimentação em energia elétrica, o que reduz a eficiência energética global do sistema. Os sistemas termohidráulicos são baseados no princípio de aquecimento de líquidos e nas diferenças resultantes de pressão (SALA DA ELÉTRICA, 2014). Caso o mecanismo deixe de funcionar, o sistema fotovoltaico pode ficar imobilizado numa posição desfavorável, o que conduz a uma diminuição considerável da radiação captada durante o período de imobilização.

Em geral, na Europa Central, a maior produção energética dos sistemas fotovoltaicos com estes dispositivos, não compensa o investimento nesse tipo de mecanismo (PORTAL ENERGIA, 2004). Atualmente vem sendo observada uma crescente pesquisa na área da energia solar e de fontes renováveis. A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão da energia solar em eletricidade.

Esta célula fotovoltaica é um dispositivo fabricado com material semicondutor, sendo, então, a peça fundamental para o processo de geração de energia.

São divididas em três gerações distintas:

- ✦ Silício monocristalino e silício policristalino;
- ✦ Silício amorfo, disseleneto de cobre e índio;
- ✦ Célula voltaica para concentração (CFV).

2.RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo pretende apresentar uma Análise de viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de energia elétrica em um estabelecimento comercial, visando à economia e contribuição para o meio ambiente. Para esta análise de viabilidade toma-se como base a Resolução Normativa No. 482/2012 e os dados bibliográficos pesquisados para a construção deste trabalho, o mesmo será realizado seguindo algumas etapas;

o Obter os dados do local onde se pretende instalar o sistema Fotovoltaico (FV);

- o Avaliação da média anual da irradiação solar na localização da edificação;
- o Levantamento da carga do sistema, considerando horas de utilização dos equipamentos e dias de funcionamento do local;
- o Potência do sistema fotovoltaico;

2.1 DADOS PARA REALIZAÇÃO DA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para esta simulação de um projeto de SFCR, serão seguidas algumas etapas, a primeira etapa será a coleta de dados do local, o qual se pretende instalar o sistema, dados de muita importância, pois será possível saber qual a potência necessária para suprir a demanda do local. O local escolhido para esta simulação foi, A Casa Dos Painéis Elétricos, área de 250m², estabelecimento comercial situado na Rua Silva Ramos, No. 822, Centro, 69025-030, Manaus – AM. O local tem disponível uma laje plana, aberta, livre de sombreamento, que no momento não é utilizada pelo proprietário. Após avaliação do local notou-se que as edificações próximas são todas da mesma altura, e que não existem árvores que possam fazer sombra, ou sinais de algo que possa obstruir a luz do sol na laje onde os painéis estão previstos para serem instalados.

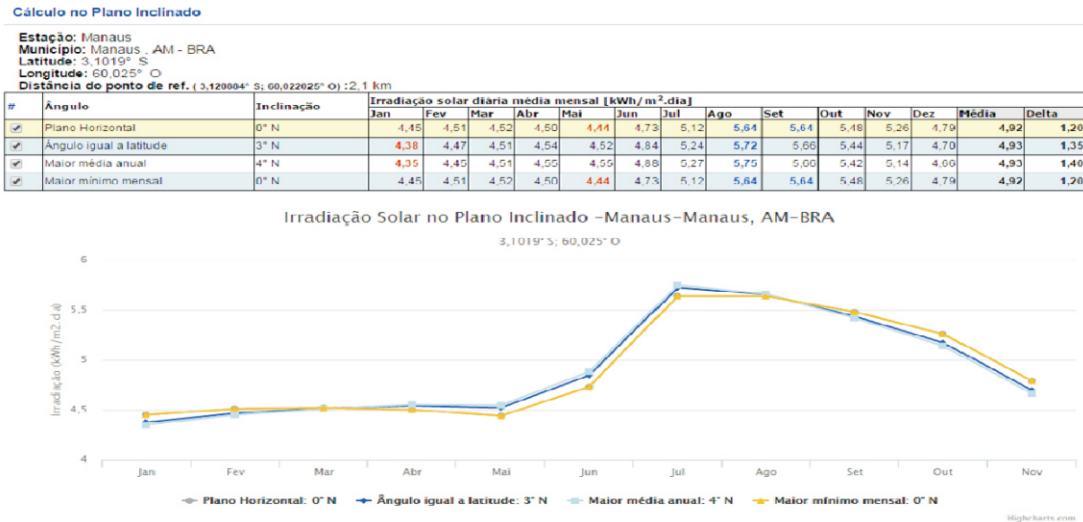
Figura 10 - Localização da edificação



FONTE: GOOGLE EARTH, 2016.

A avaliação do local onde se pretende instalar um Sistema Fotovoltaico é muito importante. Avaliar todo local vizinho, pois, qualquer objeto que possa causar sombras sobre as placas resultará em perdas para o sistema, por tanto para um projeto real esta avaliação deve ser minuciosa, pois as edificações podem ser modificadas com o tempo. Um profissional qualificado na área tem conhecimento do que pode ser feito para ter perdas mínimas no projeto. Com os dados da localização obtemos a latitude, sendo assim possível saber qual o melhor ângulo de inclinação das placas solares, que, o Amazonas a inclinação ótima é de 10º seguindo a literatura, evitando o acumulo das águas da chuva. A irradiação anual do local será baseada também na localização; é utilizado o software SunData, disponibilizado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB), onde se obtém uma base da radiação solar anual no local, para fins de cálculos de quantidade de energia elétrica que as placas solares poderão gerar na sua máxima eficiência. A Figura 11 mostra o índice de irradiação solar anual no local escolhido para o projeto, onde pode-se notar que em meados de Julho é quando o índice de irradiação atinge seu pico chegando a quase 6 kWh/m².dia, base de dados do SunData.

Figura 11 - Irradiação solar no plano inclinado Manaus



FONTE: SunData, 2016.

Ao observar a Figura 11, nota-se que a maior média anual é de 4,93 kWh/m².dia, valor este considerado para o dimensionamento do sistema.

2.2 LEVANTAMENTO DA CARGA

Para obter a potência do sistema, com base nos equipamentos que são utilizados no local, foi feita uma coleta de dados de todos os equipamentos disponíveis no local em uso, e feito uma soma da média de energia utilizada por mês no local em kWh. Para obter o valor das cargas do estabelecimento, levou-se em consideração a potência média de cada equipamento, de acordo com seus respectivos manuais e para obter os valores médios mensais se fez uso da Equação (1), esta Equação é disponibilizada pelo site do PROCEL economia de energia, onde por meio desta se obtém a média mensal em kWh.

$$\text{KW/ mês} = \frac{\text{Potencia do equipamento (W)} \times \text{horas de uso} \times \text{Dias de uso}}{1000}$$

Tabela-2 Levantamento da carga do sistema

Potência do Sistema			
Equipamento	Potência média (W)	Quantidade	Média Mensal (kWh)
Computador	85	3	44,88
Ar Condicionado 12.000	1122		
Bebedouro	70	4	789,88
Impressora Multifuncional	20	1	9,24
Lâmpada	40	16	0,22
Lâmpada	32	6	133,76
Furadeira de bancada ½ CV	367,3	2	41,72
Esmeril de bancada IHP	746	1	14,92
Máq. Dobra e Corte 1.5 CV	1104	1	22,38
TOTAL	3586,3		1101,16

2.3 POTÊNCIA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Após obter os dados da potência do sistema, com base no consumo diário do local, são necessários também os dados da concessionária de energia do local, para saber o valor da tarifa, o tipo de ligação (monofásico, bifásico ou trifásico) esse dado sobre a ligação é importante, pois mesmo que você utilize 100% da eletricidade apenas da geração FV é necessário pagar uma taxa de disponibilidade para a concessionária local, este valor varia de acordo com o tipo de conexão para sistemas de microgeração de energia em baixa tensão 127 e 220 V, para que sua edificação continue com acesso a rede de distribuição de energia elétrica local, sendo assim quando você precisar da eletricidade da rede, a mesma estará disponível. O consumo mensal considerado será de 1.101,16 kWh, referente ao valor obtido através dos cálculos das somas das potências dos equipamentos locais, sendo consideradas 8 horas por dia e 22 dias do mês, como se trata de um estabelecimento comercial que não funciona aos fins de semana será considerado apenas 22 dias por mês, o tipo de conexão do local é trifásica, a irradiação solar que é baseada na localização da edificação, foi utilizado o software SunData para obter este dado, como explicado anteriormente, mas o mesmo também pode ser encontrado com auxílio do mapa simétrico que traz a irradiação solar em todo o território brasileiro. É necessário considerar o valor atual da tarifa paga a concessionária de energia local, para que se possa fazer a comparação de viabilidade quanto a economia monetária do sistema, o valor considerado neste trabalho, concessionária de distribuição de energia: Eletrobrás Amazonas Energia S.A., o custo aproximado após reajuste de 1 kWh é atualmente R\$: 0,59 (valor referente ao mês de março de 2016), baixa tensão (grupo B).

Como o valor da Carga da edificação está em kWh/mês, é necessário transformar este valor para Wh/dia, esta conversão é feita multiplicando o valor inicial de 1.101,16 kWh/mês por 1.000, como se pode ver na Equação (2) e (3):

$$\text{Média Mensal} = \frac{1.101,16 \text{ kWh/mês}}{1.000} = 1.101,16 \text{ Wh/mês} \quad (2)$$

$$\text{Média diária} = \frac{1.101,16 \text{ Wh/mês}}{22 \text{ dias}} = 50,052 \text{ Wh/dia} \quad (3)$$

Logo em um dia temos o consumo médio de 50,052 Wh, na posse deste valor já se pode calcular o número de placas necessário para o sistema FV em questão, para se obter o número de placas é necessário o valor do índice de radiação na localização, este valor já foi comentado no item 4.1 deste mesmo capítulo, faz-se uso do maior índice anual de irradiação no local 4,93 kWh/m²/dia, logo:

$$\text{Potência do sistema FV} = \frac{50.052 \text{ Wh/mês}}{4,93} = 10.152 \text{ W (4)}$$

Para este trabalho se fará uso da eficiência do projeto fotovoltaico (inferência padrão): 83% (Perdas na geração e transmissão de potência).

$$\text{Potência do sistema FV} = \frac{10.152 \text{ W}}{0,83} = 12.232,14 \text{ W (5)}$$

Potência do sistema FV já com a eficiência padrão do projeto 12.232,14 W ou 12,23 kWp, se o sistema for composto por placas de 255 Wp, então:

$$\text{Número de placas} = \frac{12.232,14 \text{ W}}{255 \text{ Wp}} = 48 \text{ Placas (6)}$$

As placas escolhidas para compor o sistema são painéis Canadian com potência de 255 Wp, compostos por 60 células FV de Silício Policristalino, ideais para sistemas On-Grid, com garantia de 25 anos, classificada pelo INMETRO como classe A. Atualmente é possível comprar Kits prontos para sistemas fotovoltaicos, dependendo do tamanho do seu sistema existem kits de vários tamanhos e para todos os tipos de projetos, mas o ideal é o auxílio de profissionais qualificados para que o projeto seja feito com segurança e máxima eficiência.

Quando se pretende implantar um sistema fotovoltaico ou qualquer outro tipo de sistema é necessário o conhecimento básico na área se possível e a contratação de empresas com profissionais habilitados no assunto, implantar um sistema FV conectado à rede não é tão simples, é necessário de toda uma documentação para enviar para a concessionária de energia elétrica local e o projeto, uma vez que o sistema é caro e vai está conectado à rede local, se for mal dimensionado pode trazer problemas para o cliente e para a concessionária uma vez que o sistema pode causar danos à rede elétrica. Atualmente é possível encontrar na internet vários softwares que auxiliam na simulação de sistemas FV, para quem tem o conhecimento básico em energia solar fica mais simples saber quais os benefícios do sistema, seus valores e etc., tendo posse da carga elétrica do local, é possível obter vários dados sobre um sistema fotovoltaico. Para isso neste trabalho se utilizou o Simulador Solar da América do sol é possível ter acesso ao simulador através do site: <http://www.americiadosol.org/simulador/>. Este software foi criado pelo Instituto Ideal com o apoio da cooperação Alemã, este software esta programado para simulação com base na Resolução Normativa NO 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) com potências até 1MWp que é limite para sistemas conectados à rede. Com base na carga elétrica do estabelecimento comercial que foi obtida anteriormente.

Tabela 3 mostra os dados obtidos através do Simulador Solar.

Tabela 3 - Resultado a Simulação

Área ocupada pelo sistema (Considerando uso de módulos de silício Policristalino)	De 58 a 72 m ²
Emissões de CO2 evitadas	3.033 kg/ano
Geração Fotovoltaica do sistema	10,37 MWh
Consumo da rede elétrica	2,84 MWh
Consumo total do sistema	13,21 MWh

Fonte: America do sol (2016)

Este resultado mostrou a área ocupada pelo sistema considerando os painéis de Silício Policristalino (58

a 72 m²), o que se torna viável lembrando que na equação 4 a potência do sistema foi de 10,15 kWp aproximadamente, sem a inferência padrão do projeto de 83%, e a área estimada de acordo com a literatura é cerca de 7m² para cada 1000Wp instalado, então com um cálculo simples $10,15 \text{ kWp} \times 7\text{m}^2 =$ aproximadamente uma área de 71,05m² para implantação do sistema desta capacidade, é claro que varia de acordo com o tipo de painel que será utilizado, mas se comparado com a área disponível na localização está dentro dos limites uma vez que se tem 250m² de área livre prevista para implantação do sistema. O simulador também disponibiliza o resultado da quantidade de emissão de CO₂ que deixará de ser emitida para a atmosfera pela edificação (3.033 kg/ano) uma grande contribuição para o planeta nestes tempos em que vários países lutam para reduzir as emissões de gases poluentes.

O mesmo simulador também disponibiliza de acordo com a latitude do local o cálculo mensal do índice de irradiação solar e a energia elétrica produzida mensalmente, uma vez que a radiação solar varia constantemente, ainda não é possível obter uma faixa fixa de produção de energia elétrica, a Tabela 4 contém os dados destes índices produzidos mensalmente.

Tabela 4 - Energia mensal produzida pelo Sistema

MÊS	N. De Dias	Irradiação Solar (kWh/m ² /dia)	Horas de Sol Pleno	Eletricidade consumida	Energia Elétrica Produzida (kWh)
Janeiro	31	4,48	138,88	1.101,16 kWh	798,38
Fevereiro	28	4,52	126,28	1.101,16 kWh	732,43
Março	31	4,83	149,73	1.101,16 kWh	862,06
Abril	30	4,90	15	1.101,16 kWh	863,25
Maió	31	4,89	150,59	1.101,16 kWh	871,33
Junho	30	4,39	131,7	1.101,16 kWh	756,92
Julho	31	5,04	156,24	1.101,16 kWh	899,16
Agosto	31	5,33	171,43	1.101,16 kWh	985,49
Setembro	30	5,69	170,07	1.101,16 kWh	982,35
Outubro	31	5,32	159,03	1.101,16 kWh	915,03
Novembro	30	5,13	153,9	1.101,16 kWh	885,52
Dezembro	31	4,61	142,91	1.101,16 kWh	823
Total anual		kWh/m ² /dia		13.212,00 kWh	10.374,9

Fonte: Dados baseados no índice de irradiação solar do Simulador (2016).

Os valores da Tabela 4 é uma estimativa da potência gerada mensalmente, uma vez que o índice de irradiação varia mensalmente, os valores de energia produzida pelo sistema também pode ser obtido através da Equação 6:

$$E_g = P \times \text{HSP} \times \text{cc/ca} \quad (6)$$

Onde:

E_g = Energia produzida pelo sistema FV; P = Potência Nominal do sistema em kWp;

HSP = Média diária de número de horas sol pleno (HSP) a uma intensidade de 1.000W/m², equivalente a energia total do incidente sobre a superfície do gerador FV em kWh/m²;

? cc/ca : Rendimento do inversor (inversor considerado com rendimento de 90%, valor padrão para fins de simulação).

2.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE DO SISTEMA

No item anterior se obteve a carga mensal de energia elétrica necessária para a edificação comercial e com este dado foi possível obter a potência do sistema FV e a quantidade de painéis. A análise em questão vai levar em consideração apenas os principais equipamentos como placas e inversores para obter o valor médio do sistema e seu retorno para o cliente, fazendo uso dos valores gerados anteriormente. O inversor utilizado para esta análise será um inversor de 12.500W, até 4 Strings, String é a quantidade de ligações que o inversor aceita em um arranjo fotovoltaico, uma vez que a potência do sistema é de 12,23kWp é aceitável um inversor de 12,5kW, rendimento de 90%, apenas para fins de simulação, lembrando que para um projeto real é necessário estudo detalhado do local e profissionais habilitados e qualificados na área para não ter problemas no futuro decorrente a problemas no dimensionamento do sistema e instalação do mesmo.

Atualmente no mercado existem diversos kits, em diversos valores, para todos os tipos de sistemas FV, que incluem:

- Painéis fotovoltaicos 255Wp (com garantia de 25 à 30 anos);
- Inversor on-grid (CC-CA), 12.500 W, 90% de rendimentos (com garantida de até 5 anos);
- Estruturas de alumínio para instalação dos painéis na área escolhida.

O projeto e instalação do sistema são pagos para empresa especializada na área. Para análise de valores também existem diversos softwares livres que com o dados de potência do sistema é possível saber uma média sobre quanto seria necessário para investimento inicial, neste trabalho a pesquisa de preço do valor de investimento inicial em um sistema FV, foi restritiva, devido à limitação de recursos para avaliação mais precisa, se fez uso de pesquisa na internet e base nos dados disponíveis na bibliografia da área. De acordo com dados do Instituto Ideal (2015), o preço médio cobrado para instalação de um sistema FV é feito por Watt pico instalado (Wp) e depende do tamanho do sistema, por exemplo, até 5kWp instaladores cobram R\$ = 5,9 Wp até R\$= 9,00 Wp, acima dessa potência foi possível encontrar valores de R\$= 8,00 Wp até R\$= 15,00 Wp, apesar desses valores estarem em queda devido ao sistema aos poucos esta se tornando acessível no mercado brasileiro, ainda é o maior valor praticado se comprado aos outros países que fazem uso da tecnologia.

Logo, uma empresa cobra aproximadamente fazendo uso de maior valor encontrado por Wp para projeto com os materiais e equipamentos inclusos, regularização junto a concessionária e instalação sistema cerca de R\$ = 12.000 x 15 reais = 180.000,00 (Cento e oitenta mil reais, aproximadamente). Fazendo os cálculos com valores separados, de acordo com os valores para o número de placas utilizadas para compor o sistema seriam 48 placas de 255Wp cada e cada placa dessa custa em média R\$=1.000,00 (Um mil reais), ou seja, total de R\$= 48.000,00 (quarenta e oito mil reais) de placas fotovoltaicas e um inversor on-grid trifásico próprio para sistemas conectados à rede, este tipo de inversor custa em média no mercado atual R\$=23.000,00 (Vinte dois mil reais), menor valor encontrado, claro se o arranjo pode ser feito de outras maneiras e fazendo uso de 2 ou mais inversores com menores potências, só de equipamentos como painéis e inversores o valor final seria de R\$= 71.000,00 (Setenta e um mil reais), sem dados de mão-de-obra, projeto e regularização junto a concessionária de energia local. Então levando em consideração o valor final da pesquisa por Wp instalado este projeto teria um custo inicial aproximado de R\$ = 180.000,00 (Cento e oitenta mil reais).

2.5 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO NO SISTEMA

Para este item, será utilizado dados baseados na atual tarifa praticada pela concessionária local, Eletrobrás Amazonas Energia, para edificações comerciais em baixa tensão, tipo B, com impostos já inclusos (R\$= 0,593746 kWh), mais o valor investido no sistema demonstrado no item anterior (R\$=180.000,00). A economia anual gerada pelo sistema baseada nos dados da Tabela 4, Energia produzida pelo Sistema é de R\$=6.160,06 (Seis mil cento e sessenta reais), referente à multiplicação entre geração de energia anual pelo sistema FV e a atual tarifa de energia elétrica (10.374,92 kWh x 0,593746).

Levando em consideração que um sistema FV tem vida útil de no mínimo 25 anos então se for feita um cálculo simples de retorno de investimento em 25 anos pelo valor economizado anualmente, logo: Retorno do investimento = 25 anos x 6.160,06 (economia anual em reais) = 154.001,68 (Cento e cinquenta e quatro mil) aproximadamente. Através destes dados nota-se que o sistema ainda não se pagou durante sua vida útil, é claro que nestes tipos de cálculos deve-se levar em consideração que o valor da tarifa muda ao longo do tempo e a diferença entre os valores pode ser maior.

Baseado nestes valores pode-se utilizar uma Equação de retorno de investimento simples, para saber quanto o tempo seria necessário para pagar o sistema de acordo com o valor de economia gerado anualmente, através da Equação (7) (LISITA, 2005), abaixo:

$$\text{RET} = \text{Investimento Inicial} / \text{economia anual (7)}$$

$$\text{RET} = 180.000,00 / 6.160,06 = 29 \text{ anos}$$

Onde:

RET = É o número de anos necessário para retorno do sistema; Investimento inicial = Valor pago para obtenção do sistema;

Economia anual = Valor economizado em reais anualmente fazendo uso do sistema FV.

De acordo com o cálculo anterior o sistema se pagaria completamente em aproximadamente 29 anos, sendo que a média de vida útil é de 25 anos, e claro que nestes cálculos não se levou em consideração gastos com manutenção e a troca do inversor que no momento tem vida útil de 5 anos, mas se o sistema for bem cuidado pode ter vida útil de até 10 anos, através destes dados nota-se que a economia monetária com energia elétrica é bem grande, mas o investimento no sistema é muito alto e o mesmo não se pagou em seu tempo de vida útil, claro que com o tempo a tecnologia fica mais avançada e com valores mais acessíveis, lembrando que os valores aqui utilizados são os mais altos praticados no mercado.

Outro modo que é possível ver o retorno do sistema seria aplicando na poupança mensalmente os valores anuais economizados com energia elétrica ao longo de 25 anos, os valores na Tabela 5 serão ajustados de acordo com o rendimento na poupança em 2016, valor da taxa referente a 2016 é de aproximadamente 7,56% ao ano (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2016). Se o cliente deixar de pagar R\$=6.160,06 anualmente para a concessionária de energia elétrica e investir este mesmo valor na poupança durante 25 anos:

Tabela 5 - Cálculo do rendimento na poupança com a economia anual de energia elétrica, durante 25 anos e taxa de 7,56% ao ano.

Ano	Quantidade de anos que o dinheiro renderia	Valor em 2040 (R\$)
2016	24	6.160,06
2017	23	6.625,76
2018	22	7.126,66
2019	21	7.665,43
2020	20	8.244,93
2021	19	8.868,24
2022	18	9.538,67
2023	17	10.259,79
2024	16	11.035,43
2025	15	11.869,70
2026	14	12.767,04
2027	13	13.732,22
2028	12	14.770,35
2029	11	15.886,98
2030	10	17.088,03
2031	9	18.379,88
2032	8	19.769,39
2033	7	13.534,15
2034	6	14.638,53
2035	5	15.833,03
2036	4	17.327,59
2037	3	18.637,55
2038	2	20.046,54
2039	1	21.562,05
2040	0	23.192,14
TOTAL		344.560,14

Fonte: PRÓPRIA (2016).

O sistema FV em questão foi para uma potência de 12,23 kWp para atender 100% da demanda da edificação comercial, teve seu investimento inicial de R\$= 180.000,00 (Cento e oitenta mil reais), ao investir o valor economizado com energia elétrica de R\$= 6.160,06 na caderneta de poupança com juros de 7,56% ao ano (2016), ao longo de 25 anos o valor gerado foi de R\$= 344.560,14 (Trezentos e quarenta e quatro mil, quinhentos e sessenta reais e quatorze centavos), este seria o valor obtido como retorno em implantação de um sistema fotovoltaico com as dimensões apresentadas neste trabalho, isso para o sistema funcionado em sua máxima eficiência e não levando em consideração os reajustes da tarifa e os reajuste nos valores para se obter um sistema FV. Nos cálculos anteriores pode-se notar que o sistema não se pagaria ao longo do seu tempo de vida útil, mas se este valor for investido em algo com rendimento tipo a caderneta de poupança por se tratar de um sistema de grandes capacidades seu retorno é bem alto, ou seja, se investiu R\$= 180.000,00 e teve retorno com a poupança de R\$= 344.560,14, então, subtraindo o valor do investimento pelo valor obtido ao longo de 25 anos então o consumidor teve um lucro de R\$= 164.560,14 (Cento e sessenta e quatro mil quinhentos e sessenta reais e quatorze centavos), de acordo com dados da Tabela 5, ao fazer o somatório nota-se que em 16 anos já se tem o retorno do valor inicial investido.

O sistema mostrasse economicamente viável se o valor economizado em energia elétrica for investido

em, por exemplo, na caderneta de poupança, mesmo que o valor não seja investido de um sistema for bem mantido os estudos atuais revelam que um sistema FV tem vida útil de até 30 anos, e no decorrer do tempo a tecnologia está ficando cada vez mais avançada e acessível. Lembrando que para esta análise não se levou em consideração gastos com manutenção, decréscimo da eficiência dos módulos FV devido às altas temperaturas e troca de inversores.

2.6 BENEFÍCIOS DA INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE ENERGIA SOLAR

Mesmo que a energia solar ofereça muitos benefícios, um telhado com sistema de energia solar não é o primeiro passo para a poupança de energia. Se a sua casa desperdiça energia, melhorar a sua eficiência energética deve ser sua primeira prioridade. Uma casa eficiente, em termos de energia, reduz a quantidade de energia de qualquer fonte, de modo que a eficiência da energia renovável possa ser benéfica para o meio ambiente, conservando recursos não-renováveis (RUMO SUSTENTAVÉL, 2013). Uma casa de alto desempenho também poderia fornecer muitas outras vantagens, tais como maior conforto, a qualidade, durabilidade e qualidade do ar interior. Investir em uma casa energeticamente eficaz significa atualizar normalmente, produzindo um maior retorno sobre o investimento e custando menos do que um sistema de energia solar para o mesmo, reduzindo o uso de energia elétrica (EPE, 2010).

Além disso, o aumento da eficiência energética de sua casa reduz o tamanho e custo do sistema solar necessário para suprir suas necessidades de energia. Isso deixaria margem para ainda aumentar a eficiência de uma residência até 50%, de modo que as melhorias de energia possam trazer benefícios de eficiência.

2.7 MATÉRIA - PRIMA DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Dentre os diversos tipos de sistemas de geração de energia através da solar temos tecnologias que vêm de encontro com as atuais necessidades.

A seguir serão relacionados alguns tipos de células fotovoltaicas:

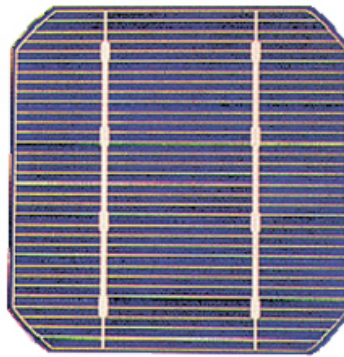
2.7.1 Células Solares Cristalinas (c-Si) – Compõem o sistema tradicional de geração de energia através da solar, é a primeira geração de tecnologia para construção das células FV. As células FV são classificadas de acordo com a matéria – prima das mesmas (PORTAL SOLAR, 2015).

A grande maioria dos painéis solares hoje existentes são da tecnologia de células solares cristalinas. Dentro da gama desta tecnologia temos ainda algumas subdivisões, que foram criadas para atender as mais variadas necessidades, dentre elas tem-se:

2.7.2 Painéis monocristalinos (m-Si): estes tipos de painéis são geralmente os mais eficientes, pois produzem uma quantidade maior de energia a partir de suas células de captação, a Figura 7 demonstra uma célula de monocristal.

Devido às qualidades e a sua eficiência, estes painéis possuem um valor agregado um tanto maior, com relação aos demais. Para se ter uma idéia da capacidade de conversão e rendimento destes painéis solares, para os monocristalinos, tem um rendimento de cerca de 20% ao longo de 25 a 35 anos (REICHEL, 2015).

Figura 7 - Célula de silício monocristalina.

FONTE: www.pt.solar-energia.net

2.7.3 Painéis Policristalinos (p-Si): são constituídos de células de captação menores. Estes tipos de painéis possuem uma vida útil muito parecida com as monocristalinos, entretanto, em longo prazo, seus rendimentos chegam, em termos de anos, a cerca de somente 15 anos.

Com estes tipos de painéis, uma superfície muito maior precisa ser coberta para que se tenha a mesma produção de energia e captação, a Figura 8 demonstra a imagem de uma célula de Policristal.

Entretanto, em comparação aos outros painéis, os que utilizam esta tecnologia possuem um valor muito menor, sendo mais acessível à população que opta por este tipo de sistema (PORTAL ENERGIA, 2011).

Figura 8 - Célula de Silício Policristalina

FONTE: www.pt.solar-energia.net

2.7.4 Células Solar Finas em filme: Esta já é uma tecnologia mais avançada, com relação as que foram expostas anteriormente.

São compostas por linhas de semicondutores que, são dispostos em uma forma a tornar flexível o seu uso, e com isso, percebe-se um aumento exponencial na utilização destes tipos de painéis semicondutores, a Figura 9 apresenta a estrutura de uma célula de película fina (SABER ELÉTRICA, 2014).

Com isto, devido a esta flexibilidade encontrada nestes tipos de painéis fotovoltaicos, podem ser usados sobre superfícies que não são tão rígidas.

Figura 9 - Diagrama de uma célula de película fina.



FONTE: Saber elétrica, 2014.

Outro ponto interessante é que, podem se adaptar as mais diversas formas, proporcionando áreas maiores a serem cobertas, apresentando desta forma um bom rendimento com relação às áreas cobertas.

Sendo considerada a vida útil dos painéis, temos parâmetros, especificados pelos fabricantes, que giram em torno de 20 anos.

A eficiência destas placas gira em torno de 10%, entretanto, de acordo com alguns estudos, formas mais eficientes estão sendo desenvolvidas, podendo chegar a um rendimento de 17%. (REICHEL, 2015).

2.8 INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para que haja um maior rendimento, os painéis solares devem ser apontados para o sul, quando for possível realizar tal orientação. Em casos onde não seja possível esta disposição, deve-se realizar a instalação em ângulos de 45°. A inclinação dos painéis é fundamental para que se tenha um bom rendimento da produção de energia fotovoltaica. Como temos hoje em dia uma quantidade muito grande de telhados já inclinados, desempenhando suas funções de drenagem etc., temos desta forma uma possibilidade de instalação dos painéis de tal modo que seja possível posicionar de forma paralela as placas fotovoltaicas, trazendo uma qualidade estética ao sistema como um todo. Pode-se então, desta forma, analisar que, a aplicação de painéis fotovoltaicos também é possível nas fachadas de edificações (PINHO; GALDINO, 2014).

Este tipo de instalação proporciona uma economia, visto que um dos componentes mais dispendiosos dentro da construção de uma edificação é a parte de acabamento. Este item dentro da execução seria substituído pelas placas fotovoltaicas, que neste caso, apresentam qualidade estética equivalente, quando comparados a, por exemplo, fachadas de vidro temperado, além de que, nestes sistemas, a energia térmica é dissipada através da reflexão, e nos sistemas de vidro convencional, esta energia é absorvida em forma de calor (PINHO; GALDINO, 2014). Temos também um ganho com relação ao conforto térmico. Em sistemas mais complexos temos sensores que identificam a quantidade de incidência solar e que, através de algoritmos, definem o ângulo que devem mudar, para que se tenha um maior rendimento e captação da energia para posterior transformação.

Outros painéis são programados para que, em determinadas horas do dia, possam se deslocar, acompanhando o movimento natural da incidência solar. Trata-se desta forma, da evolução dos sistemas, juntamente com os incentivos em pesquisas que proporcionem ainda mais conforto, eficiência e vida útil do conjunto como um todo (SABER ELÉTRICA, 2014).

Ao abordar o assunto sobre sistemas mais automatizados, nota-se a incidência de custos maiores com

relação aos sistemas convencionais, visto que, para esta concepção precisa-se de:

- mão de obra qualificada;
- projeto de automação;
- painéis de boa qualidade;
- banco de baterias de alta capacidade.

O efeito da sombra pode ser preocupante dentro de um sistema fotovoltaico. Para um efeito de comparação, alguns produtores de placas fotovoltaicas estimam que, se metade de uma área coberta por placas captoras for sombreada, pode-se ter uma diminuição total de cerca de 50% da eficiência. Este fato é preocupante, pois, o sistema em si, não apresenta rendimento de 100%. Considerando que o rendimento máximo obtido gira em torno de 35%, temos uma produtividade em dias sombreados de cerca de 17%. Isto gera grandes impactos no resultado final, devendo ser previstas formas de compensação destes efeitos dentro de um sistema como um todo. É importante, desta forma, analisar o sombreamento em toda a trajetória do sol. Torna-se importante, desta forma, dispor painéis em direções diferenciadas, para que sempre se tenha um rendimento uniforme. Deve-se também realizar um estudo com relação às edificações vizinhas, para que se tenha uma prospecção de em que altura as edificações adjacentes poderão chegar, visto que, estas vizinhanças produzem sombras sobre as placas de captação.

2.9 VANTAGENS ECONÔMICAS DO SISTEMA

Os sistemas instalados em uma residência possuem um custo que, dependendo da capacidade financeira, pode ser considerado elevado, entretanto, a análise deve ser considerada a médio e longo prazo. Como tem-se uma fonte gratuita de energia, no caso o sol, que não é tarifado, pode-se considerar da seguinte forma: o investimento inicial é elevado, entretanto, os custos dispensados com o decorrer dos meses, viabiliza a instalação.

Mesclando isto à vida útil de cada painel fotovoltaico, pode-se perceber que, os sistemas alternativos são uma boa escolha, para quem pretende eliminar os custos de taxas de fornecimento de energia pública, visto que, para estes casos, principalmente no Brasil, estes valores estão crescendo exponencialmente, tornando-se praticamente inviável para algumas famílias, manter seu padrão (ABINEE, 2012).

Entretanto seria interessante recorrer a recursos governamentais para tais instalações. Hoje em dia, podemos perceber que, alguns programas sociais de construção de habitações populares já dispõem tanto de placas fotovoltaicas para captação da energia solar, como também em fontes alternativas para aquecimento de águas para utilização residencial.

Estas soluções alternativas acabam por retirar a sobrecarga do sistema convencional.

3-CONCLUSÃO

O sistema fotovoltaico conectado à rede dimensionado para esta edificação foi pré-projetado para suprir apenas a demanda base do local, ou seja, não se levou em consideração as mudanças que podem ocorrer no uso da eletricidade do local, como, por exemplo, o modo como os colaboradores trabalham seus horários e adição ou subtração de equipamentos. Mesmo assim edificações comerciais são mais simples de serem trabalhadas para sistemas fotovoltaicos, diante da complexidade do estudo na utilização de sistemas FV e as incertezas quanto ao comportamento do cliente, uma vez que seu consumo será simultâneo à geração de eletricidade pelo SFCR, para isso acredita-se que potenciais consumidores adotarão a tecnologia no momento em que a mesma ser tornar viável, tudo levando em consideração custo com investimento e meio ambiente.

Como observado no item 4.5 do capítulo anterior deste trabalho, pôde-se notar que o sistema em questão teria um valor estimado de capital investimento inicialmente de R\$= 180.000,00 (Cento e oitenta mil reais), com retorno simples deste investimento em 29 anos, sendo que um sistema fotovoltaico atualmente tem vida útil de 25 anos, mas se bem cuidado, com boas manutenções e troca de peças necessárias pode o sistema FV pode ter vida útil de até 30 anos, claro que o cálculo de capital investido inicial não levou em consideração o valor com investimentos em manutenção e troca de inversores necessários para manter um sistema em seu pleno

funcionamento, nem com reajustes da tarifa de energia no decorrer do tempo. Se for levado em consideração esse tempo de retorno, pode-se dizer que não o sistema não gerou um saldo positivo para o consumidor que optou por instalar um sistema dessas proporções, no atual valor de investimento do sistema. Mas como base comparativa a Tabela 5 do capítulo anterior mostrou um investimento do valor anual economizado com energia elétrica, se o consumidor deixasse de pagar para a concessionária anualmente o valor gerado por seu sistema FV e consumido pela edificação, o consumidor investiu na caderneta de poupança e durante os 25 anos de vida útil do sistema foi capaz de ter acumulado R\$= 344.560,14 (Trezentos e quarenta e quatro mil quinhentos e sessenta reais e quatorze centavos), ao notar os dados da tabela nota-se que em 16 anos o consumidor já tem seu retorno com o investimento, fazendo com que o restante tempo seja seu saldo positivo, ou seja, R\$= 164.560,14 (Cento e sessenta e quatro mil, quinhentos e sessenta reais e quatorze centavos) de saldo positivo para o proprietário do sistema. Comparando os dois cálculos anteriores nota-se que pelo retorno de investimento simples é praticamente de saldo negativo e por isso se fez necessário o investimento em alguma coisa para que se possa ver um saldo de investimento positivo, que incentive o investimento no sistema FV atualmente. Após várias pesquisas pode-se perceber que o sistema FV está se tornando cada vez mais acessível no Brasil, com os incentivos públicos e privados para investimento na fonte, com o passar do tempo a tecnologia também está se tornando cada vez mais barata e um dia será possível ter o retorno de investimento em menor tempo, no Brasil atualmente o retorno de investimento de um sistema médio chega a ser aproximadamente de 13 anos. Esperasse que também com a paridade tarifária para energia o sistema se torne cada vez mais popular, os impostos em energia elétrica são muito grande, o baixo nível dos reservatórios contribuem para este aumento da tarifa, uma vez que a paridade tarifária seja alcançada no Brasil como já é em outros países, é esperado que o preço para aquisição do sistema se torne mais acessível também.

A NR NO 482/2012, veio como um incentivo para tornar acessível as fontes de energia renovável terem seu espaço no território brasileiro, mas é necessário muito mais que apenas resolução é necessário investimentos maiores nas fontes, incentivos financeiros para que a população tenha mais acesso e conhecimentos dos sistemas. Incentivar o uso de fontes alternativas de energia não traz apenas benefícios para o consumidor que investe nos sistemas, como também para todo país que, uma vez que o sistema contribuirá para não sobrecarregar a rede elétrica e irá contribuir com a atual matriz energética brasileira e para o crescimento econômico do país gerando mais empregos na área de geração de energia.

4 – REFERÊNCIAS

- ABINEE Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Proposta para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira. São Paulo: SNAEES, 2012.
- ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa n. 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece condições gerais para acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.
- ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. PRODIST - Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional - Módulo 3: Acesso ao sistema de distribuição (Revisão 7) Distrito Federal, 2015.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Remuneração dos depósitos da poupança. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>>. Acesso em: 11 abr. 2016.
- CRESESB Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Potencial solar SunData. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso em: 04 mar. 2015.
- ELETROBRAS. Amazonas Energia. Demonstrativo de Tarifas e Alíquotas. 2015.
- EPE Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2010: Ano base 2009/2010. Nota técnica. Rio de Janeiro: EPE, 2010.
- HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. Energia e Meio ambiente. 4ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. ISBN 978-85-221-0714-8.
- Manual Greenpeace. Soluções Alternativas de Geração de Energia. 2006.
- PEREIRA, Enio et al. Atlas Brasileiro de Energia solar. São José dos Campos: INPE, 2006.

- PINHO, João T.; GALDINO, Marco A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPTEL, 2014.
- PORTAL ENERGIA, Principais tipos de células fotovoltaicas constituintes de painéis solares. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/principais-tipos-de-celulas-fotovoltaicas-constituintes-de-paineis-solares/>>. Acesso em: 15 mai. 2016.
- PORTAL SOLAR, Tipos de painéis solares fotovoltaicos. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 12 fev. 2016.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: Métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RUTHER, Ricardo. Edifícios solares fotovoltaicos: Potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. 1ª ed. Florianópolis: UFSC / LABSOLAR, 2004.
- SOUZA, Ronilson di. Blue Sol: Energia solar. 2015. 114 p. Ribeirão Preto, SP. Disponível em: <<http://www.blue-sol.com/index.php/apostila-fotovoltaica>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

Sites Consultados:

- Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 05 mar. 2016.
- Disponível em: <<https://www.brasilsolar.com.br/potencial-solar-eolico>>. Acesso em: 23 mai. 2016.
- Disponível em: <<https://www.real-solar.com.br>>. Acesso em: 13 fev. 2016.
- Disponível em: <<https://www.s4solar.com.br/mapasolarimetrico>>. Acesso em: 17 mai. 2016.
- Disponível em: <<https://www.pt.solar-energia.net>>. Acesso em: 03 abr. 2016.
- Disponível em: <<https://mapas.ipea.gov.br/i3geo/>>. Acesso em: 03 abr. 2016.
- Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2010/08/10/capta%C3%A7%C3%A3o-solar-mais-eficiente/>>. Acesso em: 27 mai. 2016.
- Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/>>. Acesso em: 14 mai. 2016.
- Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/como-a-automacao-pode-auxiliar-a-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 27 mai. 2016.
- Disponível em: <<https://www.conceitoarquitectura.arq.br/>>. Disponível em: Acesso em: 12 fev. 2016.
- Disponível em: <<https://rumosustentavel.com.br/>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

Publish Research Article

International Level Multidisciplinary Research Journal For All Subjects

Dear Sir/Mam,

We invite unpublished Research Paper, Summary of Research Project, Theses, Books and Books Review for publication, you will be pleased to know that our journals are

Associated and Indexed, India

- ★ Directory Of Research Journal Indexing
- ★ International Scientific Journal Consortium Scientific
- ★ OPEN J-GATE

Associated and Indexed, USA

- ✦ DOAJ
- ✦ EBSCO
- ✦ Crossref DOI
- ✦ Index Copernicus
- ✦ Publication Index
- ✦ Academic Journal Database
- ✦ Contemporary Research Index
- ✦ Academic Paper Database
- ✦ Digital Journals Database
- ✦ Current Index to Scholarly Journals
- ✦ Elite Scientific Journal Archive
- ✦ Directory Of Academic Resources
- ✦ Scholar Journal Index
- ✦ Recent Science Index
- ✦ Scientific Resources Database

Review Of Research Journal
258/34 Raviwar Peth Solapur-
413005, Maharashtra
Contact-9595359435

E-Mail-ayisrj@yahoo.in/ayisrj2011@gmail.com