

FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA: Sustentabilidade Energética Residencial

Anderson Silveira Buono

Graduando em Engenharia Elétrica,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Daniel da Silva Dias

Graduando em Engenharia Elétrica,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Gleiciane Martins de Oliveira

Graduanda em Engenharia Elétrica,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Suelen Santos Dias

Graduanda em Engenharia Elétrica,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Andreyson Bicudo Jambersi

Engenheiro Mecânico – UNIOESTE; Mestre em Engenharia Mecânica – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a comparação e simulação de implementação de painéis fotovoltaicos em residências na cidade de Três Lagoas – MS, a metodologia se baseou em pesquisa bibliográfica, solicitações de orçamento, simulações computacionais e comparação dos resultados obtidos. Por meio da análise de comparação dos dados obtidos foi possível concluir que em longo prazo é possível ter retorno do investimento

PALAVRAS-CHAVE: energia solar; placas fotovoltaicas; eficiência energética.

INTRODUÇÃO

A partir da necessidade do homem em facilitar o seu trabalho e as tarefas diárias, surgiram os pensadores, aqueles que questionam o mundo a sua volta. Eles sempre estavam buscando métodos e soluções para o ser humano em geral, ou seja, facilitar não só atividades unitárias, mas também em conjunto. Os pensadores tinham a capacidade de racionalizar, refletir e criticar as ideias, conseguindo assim produzir seus métodos sempre visando todos uns ângulos gerais, pontos positivos e negativos.

A geração de energia elétrica e o aquecimento solar de água são as duas principais formas de aproveitamento da energia solar. Hoje, ouvimos

constantemente falar em economia de energia, já que o custo do fornecimento de energia parece sempre está crescendo. Devido a este aumento constante do consumo, o qual supera o que supera a capacidade de geração das atuais fontes energéticas, cientistas buscam formas de energias que não se esgotem, denominadas fontes de energias renováveis.

A energia solar foi descoberta ainda no século XIX pelo físico francês Edmund Becquerel, quando este fazia experimentos com eletrodos. Desde que surgiu e durante muitas décadas, a energia proveniente do Sol foi vista como uma tecnologia do futuro e cujo uso ficaria restrito às pesquisas científicas. Devido ao seu elevado custo inicial, entendia-se que esta não chegaria a ser utilizada amplamente pela população. No entanto, os avanços fotovoltaicos não apenas fizeram Einstein ganhar seu primeiro Prêmio Nobel, em 1923, mas foram responsáveis pela consolidação da energia solar como uma possibilidade cada vez mais real de geração de energia limpa. Nos últimos anos, as vantagens econômicas passaram a figurar entre os pontos positivos dessa fonte além dos benefícios socioambientais. O setor solar tem experimentado acentuadas quedas de preço de equipamentos, o que resultou na instalação de 39.700 MW em sistemas solares no mundo em 2011 (GREANPEACE, 2016).

Japão, Estados Unidos e Alemanha são os países que mais produzem energia solar. O território brasileiro, por possuir um vasto território com grande incidência dos raios do sol, é considerado um país com maior potência do mundo se tratando da geração de energia proveniente dos raios solares. Conforme dados de 2014, a energia térmica corresponde a 1% da matriz energética brasileira.

2 FONTES DE ENERGIA

Quando falamos em energia solar é necessário que esteja bem fundamentado o conceito de energia, esta palavra de origem grega tem como significado “trabalho”, que está relacionado a capacidade de algum corpo em realizar um trabalho, seja ele mecânico, químico, entre outros.

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. Já a conversão da energia solar em elétrica pode ocorrer por processo termoeletrico ou fotoeletrico. O termoeletrico é conseguido através da junção de dois materiais semicondutores que, quando aquecidos pelo sol, provocam uma diferença de potencial entre as extremidades, gerando corrente elétrica; mas seu rendimento é baixo e o custo do material, muito elevado, o que inviabiliza o uso comercial. O processo fotoeletrico, por sua vez, converte os fótons contidos na luz solar

em energia elétrica, através do uso dos painéis fotovoltaicos, formados por células solares (BLUE, 2016).

Existem diversas fontes de energia, sendo estas classificadas como: primárias e secundárias. As fontes de energia que encontramos na natureza como: sol, água, vento, mares, gás natural, petróleo, vegetais, são chamadas de fontes primárias, já as fontes secundárias são derivadas das fontes primárias tais como: gasolina, diesel, álcool, energia elétrica.

As fontes primárias podem ser divididas em dois grupos: renováveis e não renováveis. Energia renovável é proveniente de fontes que se renovam naturalmente, ou seja, pode se considerar que não acabam. Já as fontes não renováveis são fontes de energia que com o passar do tempo acabarão.

A energia solar, da qual abordamos neste trabalho, se classifica como uma fonte de energia renovável, pois sabemos que a irradiação solar é constante e abundante durante o dia, e tem como produto secundário a energia térmica, elétrica e química.

A irradiação solar trata-se da energia emitida pelo sol em uma determinada área, através da propagação de ondas eletromagnéticas, a qual pelo SI é medida em W/m^2 , e tem como componentes a radiação direta, difusa e radiação de albedo. A radiação direta é a componente recebida em uma superfície sem sofrer nenhuma interferência atmosférica. A componente difusa é proveniente da radiação emitida pelo sol a qual sofre interferência de fatores atmosféricos e não incide em sua totalidade na superfície, pois sofre perdas e mudanças de curso. Por fim a radiação devido ao albedo trata-se da radiação recebida pela superfície que é refletida devido a refletância do solo ou de materiais que compõem a superfície ao redor. A potência irradiada pelo sol, formada pelas componentes difusa, direta e de albedo em uma determinada área, é chamada irradiação total.

Para implementação de um sistema eficiente, é necessário antes de tudo uma análise do local de instalação, das condições climáticas, como temperatura média, umidade, irradiação média, a melhor posição e direção para a instalação e tipo de placa desejado.

No mercado podemos encontrar no mínimo, quatro tipos de módulos fotovoltaicos, como os descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Tipos de Módulos Fotovoltaicos.

Material da Célula	Eficiência da Célula	Eficiência do Módulo	Área necessária para produção de 1 Kw
Silício Monocristalino	24%	13-18 %	7 -9 m ²
Silício Policristalino	18%	11-16 %	8-11 m ²
Filme fino: disseleneto de cobre e índio (CIS)	18%	10-12 %	11-13m ²
Filme fino: silício amorfo	11-12%	5-8 %	16-20 m ²

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como podemos perceber, existem vários tipos de painéis fotovoltaicos, abordaremos a seguir o funcionamento de um painel fotovoltaico a base de silício. Sabemos que a luz solar quando atinge um painel fotovoltaico gera uma corrente elétrica. Agora como isso acontece? E por quê? Primeiramente, o silício é composto de átomos muito pequenos, que é onde os elétrons são carregados.

Para obterem-se dois tipos de cargas (positivas e negativas) em uma placa fotovoltaica de silício, deve-se combinar o silício com boro, assim obtemos uma carga negativa, e se combinarmos silício com fósforo obtemos carga positiva.

A placa de silício que é carregada positivamente é fixada de modo que exerça uma pressão sobre a placa de silício carregada negativamente, permitindo que aja uma reação quando exposta ao sol, gerando a energia elétrica.

O sol emite partículas de luz em direção à terra a uma velocidade muito grande, essas partículas são chamadas de fótons, esses fótons chegam a terra em aproximadamente 8 minutos e 20 segundos, que quando atingem as placas fotovoltaicas fazem com que os elétrons que circundam os átomos se soltem.

Através da corrente elétrica, esses elétrons livres vão migrar para onde há ausência de elétrons na placa de silício. Onde esse espaço vazio é preenchido por um novo elétron e o processo de migração dos elétrons ocorre novamente. Durante o tempo que a placa fotovoltaica ficar exposta ao sol, esses elétrons irão fluir em um processo constante, elétrons de átomos migrando para lacunas em átomos

diferentes, esses movimento ordenado de elétrons gera uma corrente elétrica, que é chamado de energia solar fotovoltaica.

Um fator importante para obtermos uma melhor eficiência no módulo fotovoltaico é sua direção, no caso do Brasil é a direção Norte, pois com esse posicionamento podemos aproveitar energia fornecida pelo sol durante a todo o ano como ilustra a figura abaixo:

O ângulo de inclinação das placas também é de extrema importância para garantir a eficiência energética, pois os módulos fotovoltaicos são sensíveis a irradiação direta e difusa. Quando aumentamos o ângulo da placa em relação a horizontal, aumentamos a quantidade de irradiação atingindo a superfície do arranjo e, portanto aumentamos a potência de saída. O ângulo ideal de inclinação das placas deve ser perpendicular à incidência dos raios solares, mas como ocorre uma grande variação no decorrer do ano e durante o dia é necessário utilizar softwares ou cálculos analíticos para determinar uma inclinação mais apropriada. Existem sistemas rastreadores que buscam posicionar de forma ideal os módulos, através de movimentos mecânicos, aumentado assim entre 30-40% a produção anual do sistema.

3 INVERSORES

Existem duas classificações de inversores utilizados em sistemas fotovoltaicos, sendo os inversores que são conectados à rede elétrica conhecidos como inversores *on-grid*, e em sistemas isolados da rede elétrica inversores *off-grid*. Nesse artigo enfatizaremos os inversores *on-grid* por sua versatilidade e maior aplicabilidade em residências urbanas.

Os inversores *on-grid* são divididos em alguns tipos, como (i) inversores centrais, (ii) inversores *strings*, (iii) inversores *multi-strings* e (iv) micro-inversores.

Os inversores centrais são de grande porte que suportam altas potências, tem como princípio a topologia centralizada, onde as *strings*, que são arranjos entre as placas são ligadas em paralelo e conectadas a um único inversor.

Os inversores *strings* são utilizados para aplicações de menor porte que variam de 700-5 KW, utilizam a mesma topologia dos inversores centrais.

Os inversores *multi-strings* utilizam uma topologia descentralizada, onde cada *string* tem um conversor CC-CC que estabiliza a tensão, e esses inversores

são ligados em paralelo a um inversor CC-CA. Esse tipo de inversor tem como finalidade aumentar a eficiência de produção, e o monitoramento das *strings* de modo particular, facilitando assim o diagnóstico de possíveis melhorias e intervenções para aumento de eficiência. Outro benefício é que com a utilização de conversores CC-CC ocorre um melhor controle de ondulações na tensão que vem dos painéis fotovoltaicos, melhorando assim a qualidade da energia fornecida à carga.

Os micro-inversores são os que suportam apenas um painel fotovoltaico, e tem com potência que varia de 100-300 W.

Os inversores *on-grid* têm como função (i) converter a energia CC produzida pelo arranjo em energia CA, no nível de tensão e frequência compatíveis com a rede elétrica (127 V / 220 V / 60 Hz); (ii) operar de modo seguro e síncrono com a rede elétrica, de modo que siga as normas e regras da concessionária; (iii) corrigir e buscar sempre o equilíbrio de potência, rastreando o MPPT da curva $I \times V$ do arranjo e (iv) deve conter uma função que identifica situações de ilhamento onde ou seja, casos onde a rede não tem energia, o inversor nessa situação deve monitorar a rede e parar de fornecer energia para a mesma para que seja evitado acidentes e falsos diagnósticos em outros inversores conectados na rede.

Os módulos podem ser arranjados em série ou em paralelo.

No arranjo em série, a corrente é igual em todo o arranjo e a corrente resultante corresponde à corrente do módulo de menor corrente, já a tensão resultante é a soma das tensões de todos os módulos.

No arranjo em paralelo, a tensão resultante é a mesma dos módulos, porém a corrente é a soma das correntes de todos os módulos.

A tensão máxima da *string* de módulos deve ser menor que a tensão máxima de entrada do inversor. As conexões em série são mais comuns, pois facilitam a montagem e proporcionam um nível de tensão maior, favorecendo-se assim a utilização de cabos com seções menores, porém quando necessário podemos utilizar configurações em paralelo para otimizar o sistema evitando problemas de *mismatching*, quando se tem módulos com diferenças de corrente.

Para a otimização de custos em nosso projeto trabalharemos com um inversor *strings* com 2 KWp, módulos FV dimensionados para produzir aproximadamente 300KW por mês, totalizando 8 placas de 260 Wp.

Nos inversores *string* se mais de uma *string* for conectada nesse inversor, o cálculo para controle de potência vai ser feito em função da corrente e da tensão total produzida pelas *strings*, portanto caso haja alguma deficiência em alguma *string*, seja por sombreamento ou desgaste, o sistema não conseguirá identificar separadamente as strings, o que é um ponto negativo. A vida útil dos inversores deve ser considerada para fatores de viabilidade, sendo essa vida útil de 10 a 15 anos, dependendo do fabricante pode ser de até 20 anos, e em caso de falha ou problemas no inversor pode ser feito a troca por um novo.

Para que possamos determinar a potência que o inversor deve suportar (P_i) devemos considerar a potência de pico total, produzida pelo arranjo das placas, assim garantimos que, no momento em que a placa estiver produzindo sua máxima potência, o inversor consiga suportar essa demanda.

$$P_i = (\text{Quantidade de placas}) \times (\text{Potência de pico de cada placa})$$

$$P_i = 8 \times 260 = 2080W = 2KW$$

4 PROJETO RESIDENCIAL

Como plataforma para esse artigo, nos apoiaremos no projeto que será apresentado nessa seção, sendo este um projeto residencial levando-se em consideração um consumo médio mensal de 300 KW, os componentes elétricos de iluminação e TUG's são enquadrados nos requisitos de eficiência energética visando reduzir consumo e manter a eficiência.

O ambiente no qual se passa esse projeto é na cidade de Três Lagoas – MS, portanto serão apresentados dados climáticos e geográficos os quais influenciaram no dimensionamento do sistema, como fonte de dados climáticos utilizaremos o software criado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, esse *software* tem como fonte, para dados de irradiação solar, o Atlas Solar, INPE 2006, e para dados de umidade e temperatura mapas disponibilizados pelo INMET.

Os gráficos a seguir foram obtidos numa pesquisa realizada no software Radiasol, referente às coordenadas -20.8° , -50.89° que corresponde a região próxima ao local de instalação e através desses dados podemos ter uma base para cálculos de dimensionamento do nosso sistema, podemos ver que se trata de uma localidade com altos níveis de radiação o que otimiza nosso sistema, visto que

quanto mais radiação menos área, estrutura e placas fotovoltaicas para coleta dessa energia.

Os níveis de radiação inclinada sofrem leves variações durante as estações do ano, sendo os meses de menos irradiação os de dezembro e janeiro devido à grande quantidade de chuvas nessa época do ano, como vemos no gráfico de umidade que tem os maiores níveis entre os meses de novembro e fevereiro, os quais correspondem ao período do verão.

A orientação para a qual o sistema será instalado é o Norte, e a inclinação mais adequada é compreendida entre 20-30°, o sistema é instalado no telhado da residência, portanto a área do telhado é maior que a área necessária para instalação, e a estrutura do prédio é projetada para suportar o peso dos componentes do sistema, não temos problemas com sombras diretas na área utilizada para a instalação das placas durante todo o dia.

5 COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica, uma das saídas seria investir em um sistema de iluminação mais econômico, reduzindo custos, diminuindo os impactos ambientais e sociais através da utilização de recursos naturais. Visando esta minimização de custos faremos uma breve análise de sobre alguns tipos mais comuns de lâmpadas que são utilizadas em nossas residências e que estão disponíveis no mercado brasileiro.

Hoje, as lâmpadas mais comuns utilizadas nas residências são do tipo incandescente, halógena, fluorescente ou LED. Cada uma delas possui sua característica de consumo de energia, durabilidade e tipo de alimentação, e a principal diferença entre elas é a diferença de potência sem perder a eficiência na luminosidade. O Quadro 2 apresenta as potências dos diferentes tipos de lâmpadas.

Quadro 2. Potências dos diferentes tipos de lâmpadas.

TIPO	POTÊNCIA
INCANDESCENTE	60W
HALÓGENA	42W
FLUORESCENTE	15W
LED	10W

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores dos diferentes tipos de lâmpadas, levando em consideração o preço de R\$ 0,30 por KW/h, por um período de 50 mil horas, estão descritos a seguir.

A lâmpada incandescente (60 W) (preço médio R\$ 2,50) tem a vida útil de aproximadamente 1.000 horas, então irá utilizar 50 lâmpadas, que equivalem a 3.000 KW/h, obtendo um custo no consumo de R\$ 900,00, mais o custo de 50 lâmpadas, chegando a um valor de R\$ 1.025,00.

A lâmpada halógena (42 W) (preço médio R\$ 5 reais) tem a vida útil de aproximadamente 2.000 horas, então irá utilizar 25 lâmpadas, que equivalem a 2.100 KWh, obtendo um custo no consumo de R\$ 630,00, mais o custo de 25 lâmpadas, chegando a um valor de R\$ 755,00.

A lâmpada fluorescente (15 W) (preço médio R\$ 10 reais) tem a vida útil de aproximadamente 8.000 horas, então irá utilizar 6 lâmpadas, que equivalem a 750 KWh, obtendo um custo no consumo de R\$ 225,00, mais o custo de 6 lâmpadas, chegando a um valor de R\$ 285,00.

A lâmpada LED (10 W) (preço médio R\$ 50 reais) tem a vida útil de aproximadamente 25.000 horas, então irá utilizar 2 lâmpadas, que equivalem a 500 KWh, obtendo um custo no consumo de R\$ 150,00, mais o custo de 2 lâmpadas, chegando a um valor de R\$ 250,00. Então, ao se observar as características de cada lâmpada, pode-se definir que a lâmpada de LED é a que vai proporcionar mais durabilidade e economia, oferecendo um melhor custo benefício para o projeto.

O projeto está dimensionado para uma casa de aproximadamente 70 m² com dois moradores, incluindo um ar-condicionado, um chuveiro elétrico, uma máquina de lavar, um forno micro-ondas, uma geladeira, um ferro de passar, tomadas de uso geral e iluminação de LED, a mais viável, como apresentado acima.

Em solicitação de um *budget* a uma empresa de instalação elétrica, obteve-se uma proposta que inclui placas solares, inversor *on-grid*, mão de obra para instalação, estrutura metálica, frete e o medidor bidirecional, o custo para instalação do sistema de aproximadamente R\$ 23.132,00. Em simulação de consumo efetuada no sítio virtual oficial da concessionária local (Elektro) chegou-se ao valor mensal de R\$ 206,14 para o consumo de 300 KWh.

Levando em consideração a tarifação de acordo com a concessionária local, hoje se tem a relação de 1:1, ou seja, a cada 1 KWh gerado tem-se 1 KWh de

crédito, e desconsiderando reajustes tarifários anuais, seguem os cálculos de viabilidade.

Tempo de retorno do investimento = custo do investimento / custo mensal Elektro

Tempo de retorno do investimento = $20.132 / 206,14 \cong 113$ meses.

Considerando uma garantia de perfeito funcionamento do sistema num período de 300 meses pode-se concluir que o sistema é altamente viável em longo prazo, mas em contrapartida o investimento inicial é muito alto, outro aspecto que viabiliza mais ainda o projeto são os reajustes anuais nas tarifas de distribuição de energia, diminuindo assim mais ainda o tempo de retorno do investimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se sabe, a luz solar é uma fonte de energia renovável e limpa, e a encontramos em abundância em nosso meio, abordamos neste trabalho a conversão de luz solar em energia limpa através da utilização de placas fotovoltaicas. Foi apresentada inicialmente uma breve explanação de alguns conceitos básicos, como irradiação, tipos de radiação solar e também foram elencados quatro tipos de módulos fotovoltaicos e os tipos mais comuns de inversores.

A finalidade deste artigo é apresentar a implementação de um sistema fotovoltaico em uma residência de aproximadamente 70 m² com um consumo aproximado de 300 KWh, visando a atualização de uma energia limpa e com uma viabilidade em relação ao custo/benefício.

Como demonstrado anteriormente, a implantação deste projeto tem um valor aproximado de R\$ 23.132,00, levando em consideração as tarifas atuais da concessionária este projeto levaria aproximadamente 10 anos para se pagar, como as tarifas sofrem reajustes periodicamente este tempo necessário para pagar o equipamento e mão de obra utilizada seria reduzido consideravelmente, também temos outro ponto positivo, nos momentos em que a casa tiver um consumo menor que sua produção repassaremos essa energia excedente para a concessionária como uma forma de bônus, e nos períodos em que a residência extrapolar um consumo estipulado faremos a utilização dos bônus adquiridos anteriormente.

REFERÊNCIAS

BLUESOL EDUCACIONAL ENERGIA SOLAR. Perguntas frequentes sobre energia fotovoltaica. Disponível em: <<http://www.blue-sol.com/energia-solar/posso-ter-energia-convencional-e-paineis-sem-baterias-e-conectados-a-rede-eletrica-da-concessionaria-de-energia/>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

CARNEIRO, D. Programa Fontes Renováveis e Eficiência Energética (PROFREE) - Energia Solar Fotovoltaica. 2016.

DTABACH. Face norte. Disponível em: <<http://dtabach.com.br/arquitetura/artigo/face-norte-mitos-verdades>>. Acesso em: 25 jun. 16.

ENERGIAS DO MUNDO. Energia: fontes e tipos. Disponível em: <<http://www.energiasdomundo.com.br/educativo/energia-fontes-e-tipos/>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

ENERGIA SOLAR. Fap. Disponível em: <<http://engeletricafapslz.xpg.uol.com.br/>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

FCSOLAR GREEN ENERGY. Aprenda aqui. Disponível em: <<http://www.fcsolar.eco.br/aprenda-aqui/>>. Acesso em: 25 jun. 16.

GRADELLA, V. M., E GAZOLI, J. R. Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e aplicações - 2ª ed. 2015.editora Erica.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. 1 ed. Rio De Janeiro: CRESESB, 2014. 530 p.

GREENPEACE BRASIL. Energia solar. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/o-que-fazemos/clima-e-energia/juventude-solar/energia-solar/>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

PLANETA SUSTENTÁVEL. Energia. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/qual-melhor-lampada-incandescente-fluorescente-halogena-ou-led-770775.shtml>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

PORTAL SOLAR. Como funciona o painel solar fotovoltaico. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 23 jun. 2016.