



IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO

IMPLANTATION OF PHOTOVOLTAIC PLATES IN RESIDENTIAL SYSTEMS: CASE STUDY

IMPLANTACIÓN DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EN SISTEMAS RESIDENCIALES: CASO DE ESTUDIO

Alan Apolinário Palma¹, Carmen Lucia Avelar Lessa¹

e3122374

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i12.2374>

PUBLICADO: 12/2022

RESUMO

A energia solar fotovoltaica já integra a matriz energética de vários países como Alemanha, Japão, EUA e Espanha. O Brasil caracteriza-se por suas dimensões continentais, localização geográfica privilegiada, com intenso recurso solar, bacias hidrográficas com diversidade hidrológica, uma vasta faixa litorânea e, ainda, abundância vegetal. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a implantação de placas fotovoltaicas em sistemas residenciais, mostrando como a utilização de energia fotovoltaica pode ser implementada para unidades de baixa tensão, uma vez que o sistema tem como tendência edificações devido ao custo-benefício característico do processo. Foi realizado um estudo de caso avaliando a implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência, buscando avaliar todos os benefícios e os desafios encontrados para tal instalação. O sistema ideal deve ser dimensionado para gerar um pouco mais que 8,34 kWh/dia devido às perdas de carga. O investimento inicial para a instalação do sistema, se paga em nove anos, e a partir do décimo ano, o sistema começa a ter rentabilidade considerável até os 25 anos de instalação. Como demonstrado no estudo de caso, a implantação desse sistema em residências se mostrou vantajoso economicamente ainda que seu investimento inicial seja consideravelmente alto, principalmente para famílias de baixa renda, pois a economia proveniente da instalação do sistema permitiu que ele se pague em 9 anos, restando 16 anos de grande rentabilidade, considerando que esse sistema praticamente não exige manutenção frequente.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar. Placas Fotovoltaicas. Residência.

ABSTRACT

Photovoltaic solar energy already integrates the energy matrix of several countries such as Germany, Japan, USA and Spain. Brazil is characterized by its continental dimensions, privileged geographical location, with intense solar resources, hydrographic basins with hydrological diversity, a vast coastal strip and also plant abundance. The present work aims to evaluate the implementation of photovoltaic plates in residential systems, showing how the use of photovoltaic energy can be implemented for low voltage units, since the system has as a trend buildings due to the characteristic cost-benefit of the process. A case study was conducted evaluating the implementation of a photovoltaic system in a residence, seeking to evaluate all the benefits and challenges encountered for such installation. The ideal system should be scaled to generate slightly more than 8.34 kWh/day due to load losses. The initial investment for the installation of the system, if paid in nine years, and from the tenth year, the system begins to have considerable profitability up to 25 years of installation. As shown in the case study, the implementation of this system in homes proved economically advantageous even though its initial investment is considerably high, especially for low-income families, because the savings from the installation of the system allowed it to be paid in 9 years, leaving 16 years of great profitability, considering that this system practically does not require frequent maintenance.

KEYWORDS: Solar Energy. Photovoltaic plates. Residence.

RESUMEN

La energía solar fotovoltaica ya integra la matriz energética de varios países como Alemania, Japón, EEUU y España. Brasil se caracteriza por sus dimensiones continentales, ubicación geográfica

¹ Universidade de Araraquara - UNIARA



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

privilegiada, con intensos recursos solares, cuencas hidrográficas con diversidad hidrológica, una vasta franja costera y también abundancia de plantas. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la implementación de placas fotovoltaicas en sistemas residenciales, mostrando cómo se puede implementar el uso de energía fotovoltaica para unidades de baja tensión, ya que el sistema tiene como tendencia edificios debido a la característica costo-beneficio del proceso. Se realizó un estudio de caso evaluando la implementación de un sistema fotovoltaico en una residencia, buscando evaluar todos los beneficios y desafíos encontrados para dicha instalación. El sistema ideal debe escalarse para generar un poco más de 8.34 kWh / día debido a las pérdidas de carga. La inversión inicial para la instalación del sistema, si se paga en nueve años, y a partir del décimo año, el sistema comienza a tener una rentabilidad considerable hasta 25 años de instalación. Como se muestra en el estudio de caso, la implementación de este sistema en hogares resultó económicamente ventajosa a pesar de que su inversión inicial es considerablemente alta, especialmente para las familias de bajos ingresos, porque los ahorros de la instalación del sistema permitieron pagarlo en 9 años, dejando 16 años de gran rentabilidad, considerando que este sistema prácticamente no requiere mantenimiento frecuente.

PALABRAS CLAVE: *Energía solar. Placas fotovoltaicas. Residencia.*

INTRODUÇÃO

A economia mundial passa por grandes e rápidas transformações atualmente. Muitos são os fatores determinantes para o crescimento econômico. Nesse sentido as inovações técnico-científicas têm papel relevante, de modo que não há como entender o funcionamento das economias capitalistas sem considerar o progresso técnico (BARRETTO, 2018). De acordo com Carvalho, Carvalho e Castro (2022), o entendimento de como a tecnologia afeta a economia é vital para a compreensão do crescimento da riqueza dos países e dinâmica das sociedades contemporâneas.

Atrelada ao exponencial progresso tecnológico, a economia mundial é abastecida, em sua grande maioria, por energias de natureza fóssil, como petróleo, gás natural e carvão mineral, das quais dependem quase todas as atividades da humanidade. A matriz energética mundial é composta, predominantemente, de fontes não renováveis. Apesar da natureza finita dos combustíveis fósseis, o consumo mundial de energia se baseia quase em sua totalidade nesse tipo de fonte primária (CÂMARA, 2011).

Diariamente incide sobre a superfície da terra mais energia vinda do sol do que a demanda total de todos os habitantes de nosso planeta em todo um ano. O aproveitamento da energia gerada pelo sol, inesgotável na escala terrestre de tempo (segundo os astrofísicos, o sistema solar ainda perdurará ao redor de quatro e meio bilhões de anos), tanto como fonte de calor quanto de luz, apresenta-se hoje como uma das alternativas energéticas mais promissoras para geração de energia “limpa” e desenvolvimento sustentável. 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 (FRACARI; SANTOS; SANCHEZ, 2015).

Alves (2019) relata que grande parte dos sistemas fotovoltaicos instalados no mundo decorreu de programas governamentais específicos desenvolvidos por cada país para estimular o uso da energia solar fotovoltaica. Tais programas vêm fomentando os sistemas fotovoltaicos através de incentivos fiscais e/ou financeiros para a população e auxiliando, de certa forma, as indústrias locais de equipamentos e serviços a se desenvolverem mais rapidamente.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

Segundo Souza (2021), a energia solar fotovoltaica já integra a matriz energética de vários países como Alemanha, Japão, EUA e Espanha. O Brasil caracteriza-se por suas dimensões continentais, localização geográfica privilegiada, com intenso recurso solar, bacias hidrográficas com diversidade hidrológica, uma vasta faixa litorânea e, ainda, abundância vegetal. Estas condições naturais propiciam o aproveitamento das fontes renováveis de energia em quase todas as suas regiões.

Mediante o cenário energético brasileiro atual, que tem sua maior parte geradora centralizada em usinas hidroelétricas e que devido a interferências climáticas, vem sofrendo constantes baixas em seus reservatórios devido a poucas chuvas, com isso recentemente o país utilizou diversas usinas termoelétricas, cujo custo de geração de energia é mais elevado (SOUZA, 2021).

Com base nas informações acima, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a implantação de placas fotovoltaicas em sistemas residenciais, mostrando como a utilização de energia fotovoltaica pode ser implementada para unidades de baixa tensão, uma vez que o sistema entre como tendência em edificações devido ao custo-benefício característico do processo.

O trabalho se justifica, pois, a busca pela utilização de fontes alternativas de energia se tornou algo necessário, uma vez que depender em sua grande parte das gerações hidroelétricas e termoelétricas podem trazer riscos a geração, pois dependem de condições climáticas e elementos naturais, sendo que na falta ou diminuição deste meio gerador, traz sérios problemas na matriz energética nacional. Atualmente existem diversas fontes de geração alternativas conhecidas e disponíveis, cada fonte tem sua particularidade, sendo que constantemente estão sendo pesquisadas e aperfeiçoadas, tornando-se a cada dia mais eficientes e com custos de implantação e manutenção menores. Uma fonte que tem um grande poder de geração é a utilização da energia solar, pois sua fonte está presente em quase toda parte do planeta e em toda a extensão nacional.

Com base nestas informações, o problema de pesquisa gerado é: Quais os benefícios de se usar um sistema solar fotovoltaico nas residências e quais desafios enfrentados no sistema de energia brasileiro?

O método utilizado para realizar o trabalho foi o método do estudo de caso. Yin (2010) define o estudo de caso como uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

O método do estudo de caso, é tido como um exemplo de análise qualitativa (GOODE; HATT, 1969) e as pesquisas que usam esse método são precisas, objetivas e tem rigor insuficiente.

Para tanto, foi realizado um estudo de caso avaliando a implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência, buscando avaliar todos os benefícios e os desafios encontrados para tal instalação.

Dessa forma, este trabalho é relevante, pois contribui para a disseminação de informações referentes a utilização do sistema fotovoltaico em unidades de baixa tensão, do qual contribui para suprir a demanda energética do país com uma solução que possui baixo impacto ambiental.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

O trabalho servirá como fonte de pesquisas futuras para a comunidade acadêmica uma vez que irá dispor as etapas para dimensionamento de um sistema fotovoltaico junto a unidades de baixa tensão, bem como apresentar a análise crítica dos resultados obtidos a fim de ilustrar a viabilidade financeira da utilização dos módulos de energia solar.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Presencia-se um rápido desenvolvimento das tecnologias de informação, da engenharia e da medicina. Essas tecnologias têm revolucionado o modo de vida da sociedade. O esforço tecnológico possui várias dimensões críticas e, ao analisar a origem e a natureza das inovações, muitos autores concluem que as inovações transformam não apenas a economia, mas afetam profundamente toda a sociedade. Elas modificam a realidade econômica e social, além de aumentarem a capacidade de acumulação de riqueza e geração de renda (ALVES, 2019).

O crescimento contínuo da população e do consumo de energia à escala mundial, associado à natureza finita dos combustíveis fósseis e à poluição gerada pela sua queima, questiona o modelo energético. A procura de um modelo baseado no desenvolvimento sustentável a longo prazo tem um interesse crescente por formas de energia mais limpas e renováveis, de modo a permitir a satisfação das necessidades energéticas, sem alterar de maneira acentuada as condições de vida no planeta (SOUSA, 2021). É nesse contexto que se insere a energia solar fotovoltaica, que é uma forma de geração de energia capaz de suprir, com inúmeras vantagens sobre as formas tradicionais de geração, determinadas necessidades.

A forma mais usada de se produzir energia elétrica pelo homem, até o final do século XX, era a partir da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás natural) e/ou por meio da energia nuclear. Sendo formas de gerar energia elétrica chamadas de energias não renováveis, porque os recursos utilizados são limitados e geram muita poluição, mesmo tendo rendimentos altos (FIRMINO; SOUSA, 2014).

Com os estudos avançando nos últimos tempos, percebeu-se que é possível gerar energia de forma sustentável e que utilizam de bens naturais renováveis, como a energia que vem: do Sol (energia solar), da água (energia hídrica e das ondas e marés), do vento (energia eólica), do centro da Terra (energia geotérmica) e a biomassa, entre outras (FIRMINO; SOUSA, 2014).

Firmino e Sousa (2014) ainda relatam que essas novas tecnologias podem ser chamadas de técnicas ativas ou técnicas passivas e o uso de painéis fotovoltaicos e os coletores solares térmicos são consideradas técnicas ativas para aproveitar a energia solar. Já as técnicas passivas são: a orientação de um edifício para o Sol, a seleção de materiais com massa térmica favorável ou propriedades translúcidas e projetar espaços que façam o ar circular naturalmente.

A alta demanda de energia nos setores industrial e de transporte, demonstra a crítica situação do modelo energético. Vivencia-se um período de redução dos recursos energéticos, principalmente os de combustíveis fósseis que são originados do petróleo (MATOS, 2016).

Diante desses fatos, esforços têm sido feitos na busca por novas alternativas de fontes de geração de energia sustentável e de longo prazo. É nesse contexto que se insere a energia solar

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

fotovoltaica, que é capaz de suprir a demanda de energia com muitas vantagens em relação à forma tradicional de geração, e ainda para variados fins de consumo (MATOS, 2016).

Na década de 70 muitos países começaram a implantar sistemas fotovoltaicos em aplicações terrestres em zonas remotas. Os sistemas fotovoltaicos autônomos foram instalados em postos de saúde no meio rural para refrigeração, bombeamento de água, telecomunicações, eletrificação rural e o restante atendia ao mercado mundial de produtos fotovoltaicos. O início da década de 90 ficou marcado pelo crescimento das aplicações dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica para uso residencial e comercial nos países desenvolvidos (BARRETTO, 2018).

Com a crescente demanda por energia elétrica principalmente para o avanço industrial, essa instabilidade do setor energético brasileiro é um fator preocupante, pois afeta diretamente os custos de produção das indústrias. Sendo necessária não apenas uma solução rápida, mas uma solução que atenda ao crescimento industrial e que seja uma energia o mais limpa possível, a fim de atender a um crescente avanço da consciência ambiental (BARRETTO, 2018).

A eletricidade solar fotovoltaica é considerada uma tecnologia energética promissora. As células solares convertem diretamente a energia solar - a mais abundante fonte de energia renovável - em eletricidade. O processo de geração, executado por dispositivos semicondutores, não tem partes móveis, não produz cinzas nem outros resíduos e, por não liberar calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera. Como não envolve queima de combustíveis, evita por completo o efeito estufa (BRAGA, 2008).

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta de luz em eletricidade através do efeito fotovoltaico, sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão, sendo o silício o material mais utilizado na confecção das células (CRESESB, 2008).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2005), o aproveitamento da energia solar pode ser realizado diretamente para iluminação, aquecimento de fluidos e ambientes ou ainda para geração de potência mecânica ou elétrica, como fonte de energia térmica. A energia solar pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica por meio de efeitos sobre materiais, como o termoelétrico e o fotovoltaico. O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares.

A utilização da fonte solar para gerar energia elétrica proporciona diversos benefícios, a diversificação do suprimento elétrico do país (que são dependentes de hidrelétricas e termelétricas fósseis) contribuindo para o alívio dos reservatórios hídricos) e a redução de poluentes e impactos ambientais (ABSOLAR, 2016).

Anualmente, o sol fornece para a atmosfera terrestre, $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia. Trata-se de um valor de 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período. Dessa forma, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, com enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outras formas de energia, como a energia térmica, elétrica etc. 2ª (CRESESB, 2008).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2008), a energia solar chega em planeta de duas formas: a forma térmica e a forma luminosa. Passando pela atmosfera terrestre, sua maior parte se encontra em forma de luz visível, são os raios infravermelhos e os raios ultravioleta. Com isso, é possível recolher essa luz e gerar energia elétrica, por meio dos painéis fotovoltaicos.

Toda irradiação solar sobre a superfície terrestre por ano, é capaz de atender milhares de vezes o consumo de energia mundial. Mas essa radiação não chega de forma uniforme em todos os cantos do planeta, ela depende da: latitude, estações do ano, nebulosidade e umidade relativa do ar. Mesmo não chegando de forma uniforme, ela radiação é capaz de ser captada e gerar energia para que o homem possa utilizá-la. Essa energia gerada pode ser térmica ou elétrica, os equipamentos que irão captar a radiação solar que irá determinar qual o tipo de energia a ser gerada (CRUZ, 2012).

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz em eletricidade, através do efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico dá-se em materiais denominados semicondutores, isto é, um material com características intermediárias entre um condutor e um isolante. O semicondutor mais utilizado é o silício. Os átomos do silício se ligam aos átomos vizinhos, formando uma rede cristalina. Adicionando o fósforo, que é um dopante do tipo n que possui átomos com cinco elétrons de ligação, haverá um elétron em excesso que ficará sobrando e que estará fracamente ligado ao seu átomo de origem. Isto faz com que, com pouca energia térmica, este elétron se livre, indo para a banda de condução (RENOVASOL, 2015).

Segundo Cruz (2012), no sistema solar fotovoltaico, a transformação da radiação solar em eletricidade é direta. Para tanto, é necessário um material semicondutor (geralmente o silício) para que, na medida em que é estimulado pela radiação, permita o fluxo eletrônico (partículas positivas e negativas).

Todas as células fotovoltaicas têm, pelo menos, duas camadas de semicondutores: uma positivamente carregada e outra negativamente carregada, formando uma junção eletrônica. Quando a luz do sol atinge o semicondutor na região dessa junção, o campo elétrico existente permite o estabelecimento do fluxo eletrônico, antes bloqueado, e dá início ao fluxo de energia na forma de corrente contínua (CRUZ, 2012).

A energia solar fotovoltaica tem inúmeras vantagens, pois exerce um papel complementar às hidrelétricas e outras fontes, alivia o aumento do pico da demanda de energia durante o dia, é isenta de emissões durante a geração de energia elétrica e dispensa o uso de combustíveis, o que reduz o custo de geração. Adicionalmente, como a geração pode ser realizada localmente, também reduz a necessidade de novas linhas de transmissão e aumenta a segurança energética (CAMARGO; RIBEIRO; NAHUR, 2015).

Para Braga (2008), o Brasil é um dos países de maior índice de radiação solar do mundo. Os baixos rendimentos das tecnologias para sua conversão em calor ou eletricidade e os elevados investimentos iniciais constituem, no entanto, obstáculos importantes para seu aproveitamento aqui no país. Em alguns casos, porém, em particular no meio rural, se atingem as condições de viabilidade econômica para sua utilização na secagem de produtos agrícolas, no bombeamento de água e na geração de eletricidade em pequena escala.

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

De acordo com Santos *et al.* (2017), um dos principais entraves para popularização da energia solar fotovoltaica no Brasil são os custos associados a essa tecnologia, quando comparada as formas convencionais de energia. O custo do investimento dos sistemas fotovoltaicos vem reduzindo desde o ano 2000, e acentuou essa tendência a partir de 2006, devido a significativa redução nos custos dos módulos fotovoltaicos.

No que se refere à energia solar, leis e programas de incentivo ainda são escassos perante a seriedade do problema com o meio ambiente. Portanto, políticas de incentivo a aquisição de produtos relacionados a produção de energia solar tornam-se as principais aliadas contra a degradação do meio ambiente, entretanto vale citar que, um dos gargalos que encarecem os produtos relacionados à energia solar no Brasil, é a alta carga tributária para importação de produtos fotovoltaicos (TORRICELLI, 2019).

Há vários projetos, em curso ou em operação, para o aproveitamento da energia solar no Brasil, particularmente por meio de sistemas fotovoltaicos de geração de eletricidade, visando ao atendimento de comunidades isoladas da rede de energia elétrica e ao desenvolvimento regional (BRAGA, 2008).

Alguns governos e especialistas especulam que a energia solar fotovoltaica será a mais significativa fonte de energia renovável antes do ano de 2040 (CRUZ, 2012). Um dos fatores que justificam essa afirmativa é que cada ano os custos das células solares fotovoltaicas decrescem mais acentuadamente que as demais fontes renováveis (MERTENS, 2008).

De acordo com Camargo, Ribeiro e Nahur (2015), o Brasil tem a oportunidade de fomentar a inclusão da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica nacional e estruturar uma cadeia produtiva nacional, incluindo a fabricação de insumos, componentes, equipamentos e prestação de serviços, contribuindo assim para fixar, em território nacional, a tecnologia e os empregos gerados pelo setor. Para que esta oportunidade se torne uma realidade serão necessários envolvimento e comprometimento dos tomadores de decisão do país e da sociedade brasileira.

A energia solar é a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente num país como o Brasil onde se encontram bons índices de insolação em quaisquer partes do território. De acordo com Braga (2008), soma características vantajosamente positivas para sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão, irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem.

Uma fonte que tem um grande poder de geração é a utilização da energia solar, pois sua fonte está presente em quase toda parte do planeta e em toda a extensão nacional e que atualmente sofreu importantes mudanças em suas regras o que deve impulsionar o uso mais abrangente do então criado Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), que estimula a geração de energia elétrica por consumidores e visa principalmente a geração da energia solar fotovoltaica (BARRETTO, 2018).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

O marco teórico para o presente trabalho apresentado a seguir, determina as vantagens da utilização da geração distribuída e o crescimento do setor para o futuro.

A geração distribuída traz benefícios para o consumidor e para o setor elétrico: está no centro de consumo, o que reduz a necessidade de estrutura de transmissão elétrica e evita perdas. Até 2030, 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão ter energia gerada por elas mesmas, entre residências, comércios, indústrias e no setor agrícola, o que pode resultar em 23.500 MW (48 TWh produzidos) de energia limpa e renovável, o equivalente à metade da geração da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Com isso, o Brasil pode evitar que sejam emitidos 29 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera. (BRASIL, 2015, p.1).

A grande quantidade de radiação solar que o país recebe durante todo o ano, faz com que a utilização da energia fotovoltaica seja uma alternativa interessante para auxiliar na demanda da população. A produção de energia junto ao consumidor final pode apresentar diversas economias para o setor como, por exemplo, a redução de gastos quanto à transmissão e distribuição de energia elétrica. Além disso, pode apresentar uma menor perda de energia, que ocorre também nesses dois processos (SÁ, 2016).

O grande diferencial do sistema é a possibilidade de isenção de praticamente toda tarifa cobrada pela concessionária de energia, e isso acontece, por meio de regras de geração própria de energia. Estima-se economias de até 95% na conta de luz com a utilização dos painéis fotovoltaicos (FONTES, 2018).

Esse fator pode ser atribuído ao fato que o sistema fotovoltaico quando instalado em uma rede de baixa tensão é de fácil instalação, possui um custo baixo de implantação, requer pouca manutenção e apresenta um baixo impacto ambiental (CEPEL SÉRGIO BRITO, 2014).

Uma vez que a geração de energia elétrica no Brasil ainda depende de recursos hídricos. Dessa forma, busca-se por segurança energética e diversificação da matriz de geração do país (TIEPOLO; URBANETZ; CANGIOLIERI JÚNIOR, 2013). Uma vez que a necessidade de soluções energéticas demanda uma solução a curto prazo, o emprego do sistema fotovoltaico passa a ser relevante por ser um recurso inesgotável, onde o custo do kWh é menor que os apresentados por termoelétricas (VILLALVA; GRADELLA; GAZOLI, 2015).

De acordo com Pena (2018), cada vez mais os países estão buscando formas eficientes para captar e transformar essa energia solar fotovoltaica em energia elétrica, pois, com isso será bem mais fácil suprir suas necessidades energéticas. A energia solar é uma das principais fontes para o futuro, porque, além de ser abundante e renovável, outro ponto importante é que a mesma não carece de grandes linhas de transmissão para atender o consumidor final (os grandes centros), principalmente, pois, a mesma, na sua quase maioria das vezes, se encontra próxima do público-alvo, evitando assim maiores problemas ambientais, custos excessivos com manutenção da malha elétrica, entre outros benefícios

A geração distribuída tem uma conformação estrutural distinta do modelo vertical, que se assemelha ao modelo de competição de varejo esquematizado em Mello (2012). Ainda de acordo com Mello (2012), na geração distribuída há maior liberdade para o consumidor escolher o fornecedor



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

da energia, quer seja de distribuidoras tradicionais ou diretamente de grandes geradores, quer seja gerando sua própria energia em sistema de geração de pequena escala, instalado fisicamente próximo ao local de consumo.

Tais estímulos podem trazer grandes benefícios para o setor elétrico, tendo em vista que tal modalidade evita ao médio prazo investimentos mais grandiosos nas áreas de transmissão e distribuição elétrica, uma vez que na sua maioria as gerações são feitas nos telhados e até mesmo em seus respectivos quintais, reduzindo assim a necessidade para investir se em tais estruturas. Outro ponto muito importante é a minimização quanto às perdas sobre o efeito Joule (CRUZ, 2013).

Os estímulos à geração distribuída justificam-se pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico, entre eles estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição; o baixo impacto ambiental; a redução no carregamento das redes, com a melhoria do nível de tensão no período de carga pesada; a minimização das perdas; e a diversificação da matriz energética (SOUZA; MACHADO, 2016).

Segundo Januzzi (2000), algumas dessas questões técnicas estão relacionadas à interface da conexão com o sistema elétrico e a problemas de ordem operacional devido à intermitência natural do processo de geração per se. Isso pode levar à necessidade de compensar a imprevisibilidade produtiva de curto prazo com reservas energéticas adicionais para manter a integridade do sistema.

A geração distribuída é um novo paradigma para o setor elétrico, resultando em oportunidades e desafios. Oportunidades no sentido de viabilizar alternativas de negócio e de autossuficiência energética para o consumidor residencial. Desafio, porque há problemas de ordem técnica decorrentes desse novo arranjo estrutural no sistema elétrico, exigindo mudanças nos modos da sua operação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho busca apresentar uma visão ampla e clara sobre a implantação de um sistema de geração de energia elétrica através de radiação solar, estabelecendo uma proposta de implantação de um sistema *on grid* em uma residência familiar.

O trabalho foi dividido em duas etapas:

1ª etapa – Revisão Bibliográfica: foi realizada uma abordagem sobre efeito fotovoltaico, a célula fotovoltaica e seus principais materiais de fabricação, os diferentes tipos de sistemas que podem ser empregados para a geração de energia fotovoltaica, as vantagens e desvantagens deste modelo de produção de energia e um breve histórico do desenvolvimento da energia fotovoltaica no Brasil. Os materiais utilizados para sua elaboração foram: livros, artigos científicos, documentos sobre o tema, artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

2ª etapa – Estudo de Caso: foi realizado um estudo de caso, com base nas informações encontradas na pesquisa bibliográfica e consultas aos órgãos responsáveis pela regulamentação para implementação de sistemas fotovoltaicos residenciais, tais como: Prefeitura Municipal de Araraquara/SP, ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), CPFL Energia (empresa distribuidora de energia na cidade de Araraquara/SP. Apresentando então, um esquema de implantação de um

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

sistema de geração de energia por meio de células solares para uma residência familiar, buscando mostrar os benefícios para tal implantação e também os desafios encontrados ainda para esse tipo de geração de energia.

3 RESULTADOS

O estudo de caso foi realizado para uma residência familiar que tem as seguintes características:

- Área do terreno: 300,00 m²
- Área construída: 100,00 m²
- Local: Araraquara/SP
- Estima-se que a casa produzirá sua própria energia, sendo responsável por 90% do consumo mensal;
- Para que fosse gerado tal percentagem, um dimensionamento foi feito, levando em conta os potenciais de geração de módulos fotovoltaicos, a média de horas de sol anual do local, inclinação e orientação ideal dos módulos.

Para começar o projeto, foi realizado o cálculo da média de consumo da energia da habitação e conhecida a irradiação solar local da unidade consumidora, através de dados fornecidos por órgãos governamentais. A média será calculada considerando os meses de janeiro a julho de 2022 de consumo de energia do local, esses dados foram retirados da conta de Energia elétrica (Figura 1).

Figura 1. Conta do mês de julho de 2022 de energia do proprietário.

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA														
					CLASSIFICAÇÃO: Convencional B1 Residencial - Monofásico 127 V									
ATENDIMENTO		PN	SEU CÓDIGO		CONTA MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR							
0800 010 1010 www.cpf.com.br			INSTALAÇÃO		JUL/2022	08/08/2022	109,61							
DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO														
Cod.	Descrição da Operação	Mês Ref.	Quant. Faturada	Unid. Med.	Tarifa com Tributos R\$	Valor Total da Operação R\$	Base Cálculo ICMS R\$	Aliq. ICMS	ICMS	Base Cálculo PIS/COFINS	PIS 1,03%	COFINS 4,71%	Bandeiras Tarifárias (Dias)	
0605	Consumo Uso Sistema [KWh]-TUSD	JUL/22	129,000	KWh	0,39396349	50,82				50,82	0,52	2,39	Verde	
0601	Consumo - TE	JUL/22	129,000	KWh	0,36170543	46,66	46,66	12,00	5,60	41,06	0,42	1,93	06 Dias Verde	
Total Distribuidora													25 Dias	
DEBITOS DE OUTROS SERVIÇOS														
0807	Contrib. Custeio IP-CIP Municipal	JUL/22				12,13								
Total Consolidado						109,61	46,66	5,60	91,88	0,94	4,32			
HISTÓRICO DE CONSUMO			kWh Dias		TARIFA ANEEL		EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO / DATAS DE LEITURAS							
2022	JUL	129	31	Consumo	TUSD	TE	Nº	Energia	Leitura	Leitura	Fator	Consumo	Taxa de Perda	Leitura
	JUN	129	30	Consumo kWh	0,37147129	0,30015290	103220500	Ativa	1602	1473	1,00	129	[%]	Próximo Mês
	MAI	178	29											24/08/2022
	ABR	333	33											
	MAR	474	30											
	FEV	298	28											
	JAN	237	29											
2021	DEZ	445	32											
	NOV	290	30											
	OUT	234	32											
	SET	268	31											
	AGO	207	32											
	JUL	182	30											
INDICADORES DE CONTINUIDADE DE FORNECIMENTO DE ENERGIA														
Para consulta dos indicadores acesse nosso site www.cpf.com.br														
INFORMAÇÕES SOBRE A FATURA														

Fonte: arquivo pessoal do autor (2022)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

A irradiação solar foi obtida com base na localização latitude e longitude do local, isso é possível através do *Google Maps* ou *Google Earth*. É importante que nessa etapa seja identificado também qualquer situação que possa causar sombreamento na edificação, através da observação de presença de árvores que possam causar sombreamento, construções que apresentem altura maior, caixa d'água que possa sombrear parte do telhado em algum momento do dia. Da edificação do estudo encontramos os seguintes dados:

- 1) Sombreamento: não há nenhuma situação de sombreamento na edificação;
- 2) Latitude: 15° S, sendo assim, os módulos ficarão posicionados para o Norte com inclinação ideal de 15°;
- 3) Orientação do telhado: telhado está voltado para o norte.

Por meio dessas informações foi possível descobrir que há espaço suficiente no telhado da residência, não há sombreamento, com isso não haverá redução na eficiência do sistema e a inclinação dos módulos será de 15° com direção para o norte.

A Tabela 1 abaixo apresenta o índice de incidência de irradiação solar por região no Brasil.

Tabela 1. Índice de incidência de irradiação solar por região no Brasil.

Região	kW	kWh/m ²	kWh/mês
Sul	1,0	4,2	134
Norte	1,0	4,5	145
Centro Oeste	1,0	5,2	167
Sudeste	1,0	4,5	145
Nordeste	1,0	5,6	178

Fonte: CRESEB (2018)

Para realizar os demais cálculos, foram utilizados os seguintes dados extraídos da conta de energia do mês de julho de 2022 da residência em questão:

- 1) Média anual de consumo de energia: 280,33kWh;
- 2) Tipo de ligação: monofásico;
- 3) Valor da tarifa do kWh: R\$ 0,8496.

Ainda que uma residência produza sua própria energia é obrigatório pagar uma taxa a concessionária local, um determinado valor referente à disponibilidade do serviço prestado e à disposição do sistema elétrico, chamado de Custo de Disponibilidade conhecida como taxa de iluminação pública rateada chamada de CIP. O valor para o Custo de Disponibilidade é determinado pela Aneel referente aos gastos que a concessionária tem para transmissão de energia e de manutenção do sistema e é cobrado de acordo com o Tipo de Ligação da Unidade Consumidora, conforme apresenta a Tabela 2.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

Tabela 2. Custo de disponibilidade (CD)

Tipo de ligação	Custo de disponibilidade (CD)
Monofásico	30 kWh/mês
Bifásico	50 kWh/mês
Trifásico	100 kWh/mês

Fonte: Portal Solar (2022)

Desta forma, o sistema fotovoltaico deve ser dimensionado para produzir o montante médio consumido em kW, subtraindo-se o CD, tendo em vista que o proprietário continuará pagando essa tarifa mínima. Desse modo, o cálculo do que o sistema deve gerar é calculado através da equação 1 abaixo.

$$\text{Geração Ideal} = \text{CMA} - \text{CD} \text{ (Eq. 1)}$$

Onde:

CMA = Consumo Médio Anual (kWh);

CD = custo de disponibilidade (Kwh/mês).

Neste presente estudo, a residência tem uma Ligação do Tipo Monofásica, tendo então um custo de disponibilidade (CD) de 30 kWh e o consumo médio anual (CMA) é de 280,33kWh. Com base nestas informações, o valor da geração ideal é:

$$\text{Geração Ideal} = 280,33 - 30$$

$$\text{Geração Ideal} = 250,33 \text{ kWh/mês}$$

A Geração Ideal é de 250,33 kWh. Isso significa que, no final dos 30 dias do mês (em média) o Sistema Fotovoltaico deverá gerar em torno de 250,33 kWh. Para o dimensionamento, é melhor trabalhar com o valor de geração diária. Aplica-se então a equação 2 abaixo, para determinar o valor da “Energia de Compensação em Média Diária”:

$$\text{ECD} = \text{Geração ideal do sistema mensal} / 30 \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

E_{CD} = energia de compensação em média diária (kWh/dia);

30 = Constante relativa à quantidade de dias do mês, em média.

Aplicando-se esta equação a esta unidade consumidora, tem-se:

$$E_{CD} = E_{CD} = 250,33\text{kWh/mês} / 30$$

$$E_{CD} = 8,34 \text{ kWh}$$



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

Assim, o sistema ideal deve ser dimensionado para gerar um pouco mais que 8,34 kWh/dia devido às perdas de carga.

O dimensionamento do gerador solar é complexo e depende de inúmeras variáveis, para tornar o dimensionamento conciso e seguro, os cálculos foram realizados em um simulador online, obtendo-se os seguintes dados:

- 1) Potência necessária de 2,00 kWp – Kilo-Watt-Pico;
- 2) Área ocupada pelo sistema no telhado de 13,3 m²;
- 3) Peso sobre o telhado de 210 kg;
- 4) Economia estimada de R\$ 2.200,00/ano.

O microgerador solar é constituído por inúmeros itens, e o local onde será fixado na cobertura da edificação é determinante para definição do modo pelo qual serão fixados e também para o valor de sua aquisição, os dados deste orçamento foram retirados do site da NEXTi Engenharia, empresa especializada em sistemas fotovoltaicos. Neste caso o telhado da residência é de telha galvanizada, sendo utilizados os seguintes itens:

- 1) 01 Inversor Fronius 4200013 galvo 2.5.1 wlan/lan/webserver.
- 2) 01 Painel solar Canadian cs6x-320p 72 células policristalino 6 polegadas 320w;
- 3) 25m Cabo solar Nexans energyflex br 0,6/1kv (1500 v dc) preto;
- 4) 25m Cabo solar Energyflex br 0,6/1kv (1500 vdc) vermelho;
- 5) 4 Conector mc4 Multi-contact 32.0016p0001-ur pvkbt4/6ii-ur acoplador fêmea;
- 6) 4 Conector mc4 Multi-contact 32.0017p0001-ur pvkst4/6ii-ur acoplador macho;
- 7) 2 Estruturas romagnole 410011 rs-136 solar p/telha ondulação zinco/fibrocimento 4 placas;
- 8) String box abb 1slm300101a0790 quadro 01 ou 02 entradas/1 saída 1tr 25a 1000v.

Segundo determinação a Aneel todos os módulos fotovoltaicos devem ser homologados pelo Inmetro.

Para compor o sistema neste estudo foi escolhido o Painel solar CANADIAN CS6X320P 72 células de policristalino 6 Polegadas 320W de 320W, o equipamento apresenta garantia de fábrica de 10 anos e vida útil de 25 anos que é quando atinge 80% de sua eficiência, já o inversor selecionado é o FRONIUS4200013 GALVO 2.5.1, tendo garantia de fábrica de até 5 anos.

A Tabela 3 apresenta o resumo do sistema a ser instalado na residência após todos os cálculos e dimensionamento:



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

Tabela 3. Resumo do sistema a ser instalado na residência

Potência do sistema	2,00 kWp
Área ocupada pelos módulos	13,3 m ²
Radiação solar do local	4,5 kWh/m ² /dia
Geração anual do sistema	3.002,4 kWh/ano
Economia anual	R\$ 2.200,00/ano
Valor do sistema	R\$ 12.500,00
Mão de obra (Instalação)	R\$ 3.000,00
Total do investimento	R\$ 15.500,00

Fonte: elaborado pelo próprio autor (2022).

Para a instalação do sistema fotovoltaico, são necessários os seguintes itens (CINTRA JUNIOR; SOUZA, 2018):

- a) Projeto Elétrico padronizado que defina o sistema de aterramento, apresente o layout da instalação e indique os dispositivos de proteção;
- b) A Anotação de Responsabilidade Técnica – ART deve acompanhar o projeto;
- c) Memorial Descritivo do projeto, que contempla a finalidade do projeto; a localização; especificações dos componentes; nome e assinatura do proprietário;
- d) Cronograma de Implantação;
- e) Diagrama Unifilar, apresentando seção e características de todo e qualquer condutor; dispositivos de proteção e suas características; indicação das cargas;
- f) Certificados dos Inversores;
- g) Formulário de informações para registro na ANEEL;
- h) Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (para o caso de geração compartilhada).

É importante ressaltar a instalação deve estar em conformidade com o proposto no projeto. O solicitante deve informar a concessionária o fim das instalações e solicitar uma vistoria, que deve ser realizada no prazo máximo de 120 dias após a emissão do parecer de acesso. Tendo a concessionária 7 dias úteis para vistoriar o projeto em questão (CINTRA JUNIOR; SOUZA, 2018).

Na solicitação de vistoria deve estar contido: a) Relatório de comissionamento indicando as condições finais do sistema instalado; b) ART de execução; c) ART de execução do comissionamento. É de responsabilidade da concessionária arcar com as responsabilidades técnicas e financeiras do sistema de medição.

Para finalizar o cálculo do sistema de geração fotovoltaico para a residência analisada, foi realizada uma análise de viabilidade econômica para este sistema. Foi realizado um estudo do Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno com base em um orçamento de equipamentos e mão de obra especializada.

A Tabela 4 mostra o detalhamento do microgerador solar.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

Tabela 4. Detalhamento do microgerador solar.

Descrição	Valor
Gerador solar fotovoltaico	R\$ 12.500,00
Materiais elétricos (projeção)	R\$ 1.000,00
Projeto e Solicitação na Concessionária	R\$ 800,00
Instalação e comissionamento	R\$ 3.000,00
Valor total do sistema instalado	R\$ 17.300,00

Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Para o cálculo do tempo de retorno do investimento, leva-se em conta a tarifa vigente de R\$ 0,8496/kWh, o valor do sistema instalado de R\$ 17.300,00 como já demonstrado uma economia anual de R\$ 2.212,08 no primeiro ano. Tendo em consideração que os módulos apresentam uma perda de rendimento de 0,7 % ao ano, tendo os equipamentos vida útil de 25 anos, tendo nesse período produzido 80% de potência. Considerou-se ainda um custo de capital de 6% ao ano.

A Tabela 5 apresenta o tempo de retorno do investimento e por meio dela é possível observar que o investimento inicial para a instalação do sistema, se paga após 9 anos da instalação, a partir do décimo ano, o sistema começa a ter rentabilidade considerável até os 25 anos de instalação.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

Tabela 5. Fluxo de caixa – tempo de retorno do investimento.

Ano índice	Energia gerada (MW)	Retorno (R\$)	Custos (R\$)	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa total
0	3,002	-	-R\$ 17.300,00	-R\$ 17.300,00	-R\$ 17.300,00
1	2,995	R\$ 2.200,00	-R\$ 854,25	R\$ 1.345,75	-R\$ 15.954,25
2	2,988	R\$ 2.332,00	-R\$ 743,81	R\$ 1.426,50	-R\$ 14.527,76
3	2,981	R\$ 2.471,92	-R\$ 626,37	R\$ 1.512,08	-R\$ 13.015,67
4	2,974	R\$ 2.620,24	-R\$ 502,75	R\$ 1.602,81	-R\$ 11.412,86
5	2,967	R\$ 2.777,45	-R\$ 372,64	R\$ 1.698,98	-R\$ 9.713,88
6	2,960	R\$ 2.944,10	-R\$ 235,68	R\$ 1.800,92	-R\$ 7.912,97
7	2,953	R\$ 3.120,74	-R\$ 91,52	R\$ 1.908,97	-R\$ 6.003,99
8	2,946	R\$ 3.307,99		R\$ 2.023,51	-R\$ 3.980,48
9	2,939	R\$ 3.506,47		R\$ 2.144,92	-R\$ 1.835,56
10	2,932	R\$ 3.716,85		R\$ 2.273,62	R\$ 438,05
11	2,925	R\$ 3.939,86		R\$ 2.410,03	R\$ 2.848,09
12	2,918	R\$ 4.176,26		R\$ 2.554,64	R\$ 5.402,72
13	2,911	R\$ 4.426,83		R\$ 2.707,91	R\$ 8.110,64
14	2,904	R\$ 4.692,44		R\$ 2.870,39	R\$ 10.981,02
15	2,897	R\$ 4.973,99		R\$ 3.042,61	R\$ 14.023,64
16	2,890	R\$ 5.272,43		R\$ 3.225,17	R\$ 17.248,80
17	2,883	R\$ 5.588,77		R\$ 3.418,68	R\$ 20.667,48
18	2,876	R\$ 5.924,10		R\$ 3.623,80	R\$ 24.291,28
19	2,869	R\$ 6.279,55		R\$ 3.841,23	R\$ 28.132,51
20	2,862	R\$ 6.656,32		R\$ 4.071,70	R\$ 32.204,21
21	2,855	R\$ 7.055,70		R\$ 4.316,00	R\$ 36.520,21
22	2,848	R\$ 7.479,04		R\$ 4.574,96	R\$ 41.095,17
23	2,841	R\$ 7.927,78		R\$ 4.849,46	R\$ 45.944,64
24	2,834	R\$ 8.403,45		R\$ 5.140,43	R\$ 51.085,06
25	2,827	R\$ 8.907,66		R\$ 5.448,85	R\$ 56.533,92

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente a sustentabilidade tem tomado proporções cada vez maiores devido aos trágicos episódios de desastres naturais que causam não apenas prejuízos financeiros extraordinários como também desabrigam inúmeras famílias e causam milhares de mortes. Todas essas questões fazem com que se busque formas cada vez menos agressivas à natureza, na construção civil os empreendimentos buscam o que chamamos de tripé fundamental: ambiental, financeiro e social. Embora os incentivos governamentais para o desenvolvimento de energias alternativas ainda sejam escassos, a geração de energia através de painéis fotovoltaicos atende ao tripé fundamental.

No presente trabalho foi realizada uma breve explanação sobre o desenvolvimento das células solares, no mundo e no Brasil, sendo esse equipamento fundamental para a geração de energia elétrica fotovoltaica, descreveu-se ainda sistemas *On-grid* e *Off-grid*, bem como suas vantagens e

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

desvantagens e por fim apresentou-se um projeto para implementação de um sistema on-grid de energia solar fotovoltaica em uma residência.

Como demonstrado no estudo de caso, a implantação desse sistema em residências se mostrou vantajosa economicamente ainda que seu investimento inicial seja consideravelmente alto, principalmente para famílias de baixa renda, pois a economia proveniente da instalação do sistema permitiu que ele se pague em 9 anos, restando 16 anos de grande rentabilidade, considerando principalmente que esse sistema praticamente não exige manutenção frequente.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Geração Distribuída Solar Fotovoltaica. *In: Encontro Nacional dos Agentes do Setor Elétrico – ENASE*. Rio de Janeiro, 2016.

ALVES, M. O. L. **Energia solar**: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid. 2019. 75f. Monografia (Graduação) - Bacharel em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto, MG, 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. 2 ed. Brasília: ANEEL, 2005.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3 ed. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf> Acesso em: 09 jun. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e Minigeração Distribuídas**. Brasília: ANEEL, 2015. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/destaques-distribuicao/-/asset_publisher/zRFisxBAsbz9/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false. Acesso em: 09 jun. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2022.

BARRETTO, E. P. B. M. **Smart Grid**: Eficiência Energética e a Geração Distribuída a Partir das Redes Inteligentes. 2018. 61f. Monografia (Graduação) - Bacharel em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2018.

BRAGA, R. P. **Energia solar fotovoltaica**: fundamentos e aplicações. 2008. 80f. Monografia (Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2015. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/paginainicial/outrasnoticias//asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distri-buida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030. Acesso em: 20 maio 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro: MME, maio de 2012. Disponível em: http://antigo.epe.gov.br//geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf. Acesso em: 09 jun. 2022.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

CÂMARA, C. F. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 2011. 68f. Monografia (Pós-Graduação) - Especialista em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG, 2011.

CAMARGO, F.; RIBEIRO, L. P.; NAHUR, A. C. **Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil**: recomendações para políticas públicas. Brasília: WWF-Brasil – Fundo Mundial para a Natureza, 2015.

CARVALHO, A. C.; CARVALHO, D. F.; CASTRO, A. C. Análise sobre crescimento populacional e transição demográfica: limites e divergências. **Conjecturas**, v. 22, n. 2, p. 845–859, 2022.

CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA; CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ: CEPEL, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_20. Acesso em: 20 maio. 2022.

CRUZ, A. A. P. **Usina solar fotovoltaica de Juiz de Fora**. 2012. 58f. Monografia (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora, MG, 2012.

CRUZ, J. L. C. **Geração distribuída**. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/geracao-distribuida/>. Acesso em: 09 jun. 2022.

FIRMINO, M.; SOUSA, A. **Projeto FEUP 2014/2015**: energia solar. Porto, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014. 29p.

FONTES, R. Energia solar residencial: as razões e o caso real que comprovam a economia para esses consumidores. **Blog Bluesol**, 2018. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/caso-real-energia-solar-residencial/>. Acesso em: 20 maio. 2022.

FRACARI, F.; SANTOS, I.; SANCHEZ, G. Smart Grid: uma nova forma de controle de Energia Elétrica. **Rev. de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia**, v. 2, n. 1, p.15-22, 2015.

GOODE, W. J; HATT, P. K. **Métodos em pesquisa social**. 3. ed. São Paulo: Cia Editora Nacional, SP, 1969.

JANUZZI, G. M. **Política pública para eficiência energética e energia renovável no contexto de mercado**: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil. Campinas: Autores Associados, 2000.

MATOS, A. P. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa na geração de energia elétrica em uma embarcação**. 2016. 98f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Naval) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Joinville, SC, 2016.

MELLO, J. C. O. Mercados primeira geração: descrição e panorama internacional. *In*: NERY, E. (Coord.). **Mercados e regulação de energia elétrica**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

MERTENS, R. Trends in solar cell research. **Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits**, v. 15, p. 1-5, 2008.

PENA, R. F. A. Vantagens e desvantagens da energia solar. **UOL**, 2018. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/vantagens-desvantagens-energia-solar.htm>. Acesso em: 09 jun. 2022.

RENOVASOL. **A tecnologia fotovoltaica**. [S. l.]: Renovasol, 2015. Disponível em: <http://www.renovasolenergia.com.br/a-tecnologia-pv/>. Acesso em: 09 jun. 2022.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO
 Alan Apolinário Palma, Carmen Lucia Avelar Lessa

SÁ, V. S. **Estudo de viabilidade de utilização de sistema de geração fotovoltaica conectado à rede no Brasil**. 2016. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

SANTOS, D. R. C. G. dos et al. Energia solar fotovoltaica: um estudo de caso da aplicação no sistema de iluminação em uma instituição de ensino profissionalizante. **Revista GEINTEC**, v. 7, n. 2, p. 3859-3875, 2017.

SOUZA, A. C. G. de; MACHADO, B. G. de F. Sistemas fotovoltaicos de micro e minigeração distribuídas: mecanismos de incentivos e perspectivas de expansão à luz da resolução normativa nº 482/2012 da Aneel. Cad. Fin. Públ., Brasília, n. 16, p. 387-410, dez. 2016.

SOUZA, C. P. A. **Análise dos fatores críticos para a evolução da taxa de penetração da Energia Eólica - caso de estudo Português**. 2021. 135f. Dissertação (mestrado) - Pós-Graduação em Engenharia de Energias Renováveis, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2021.

TIEPOLO, G. M.; URBANETZ, J.; CANGIOLIERI JÚNIOR, O. Inserção da energia fotovoltaica na matriz elétrica do estado do paraná: análise do potencial produtivo. **Revista Sodebras**, v. 8, mar. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275951505_Insercao_da_Energia_Fotovoltaica_na_Matriz_Eletrica_do_Estado_do_Parana_Analise_do_Potencial_Produtivo. Acesso em: 20 maio 2022.

TORRICELLI. Faculdades Torricelli. **Oportunidades e desafios da energia solar no Brasil**. Guarulhos: Faculdades Torricelli, 15 jun. 2019. Disponível em: <https://faculdadetoricelli.com.br/oportunidades-e-desafios-da-energia-solar-no-brasil>. Acesso em: 09 jun. 2022.

VILLALVA, M.; GRADELLA, M.; GAZOLI, J. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.