



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

ALLYSON JÚLIO DA SILVA NASCIMENTO

**A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA OBTENÇÃO DE UM
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA MAIS SUSTENTÁVEL**

TERESINA

2024

ALLYSON JÚLIO DA SILVA NASCIMENTO

**A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA OBTENÇÃO DE UM
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA MAIS SUSTENTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central .

Orientador: Fábio Nascimento de Sousa

TERESINA

2024

A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA OBTENÇÃO DE UM CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA MAIS SUSTENTÁVEL

Allyson Júlio da Silva Nascimento¹
Fábio Nascimento de Sousa²

RESUMO

Este artigo tem como objetivo principal analisar a importância das energias renováveis, com foco na energia solar fotovoltaica no Brasil, demonstrando o potencial de uso da energia solar como fonte de energia alternativa, suas características e o funcionamento do sistema fotovoltaico através dos equipamentos que o compõe esse sistema. O procedimento metodológico realizado na pesquisa ocorreu através de uma revisão bibliográfica, no qual foram consultados artigos científicos de autores que contribuíram com seus conhecimentos para melhor entendimento relacionado ao assunto. Diante do cenário que o planeta vem passando, desde impactos ambientais com o aumento do uso de energia elétrica, é necessário a busca por outras fontes de energia alternativa. Nesse contexto, destacamos a energia solar, que vem se tornando uma excelente fonte de energia alternativa limpa, pois trata-se de uma fonte de energia com grande potencial autosustentável, onde o interesse pelo uso dessa energia vem crescendo cada vez mais com o passar dos anos.

Palavras-chave: energia solar; sistema fotovoltaico; fonte de energia limpa.

ABSTRACT

This article's main objective is to analyze the importance of renewable energy, focusing on photovoltaic solar energy in Brazil, demonstrating the potential for using solar energy as an alternative energy source, its characteristics and the functioning of the photovoltaic system through the equipment that makes it up. this system. The methodological procedure carried out in the research took place through a bibliographical review, in which scientific articles from authors who contributed their knowledge to a better understanding related to the subject were consulted. Given the scenario that the planet is going through, from environmental impacts to the increased use of electrical energy, it is necessary to search for other alternative energy sources. In this context, we highlight solar energy, which has become an excellent source of clean alternative energy, with great self-sustainable potential, increasing interest in the use and application of this energy, where it has been growing more and more over the years.

Keywords: solar energy; photovoltaic system; clean energy source.

Data de aprovação: 11/04/2024

¹ Aluno graduado em Licenciatura em Física. IFPI. allysonjulio@hotmail.com.

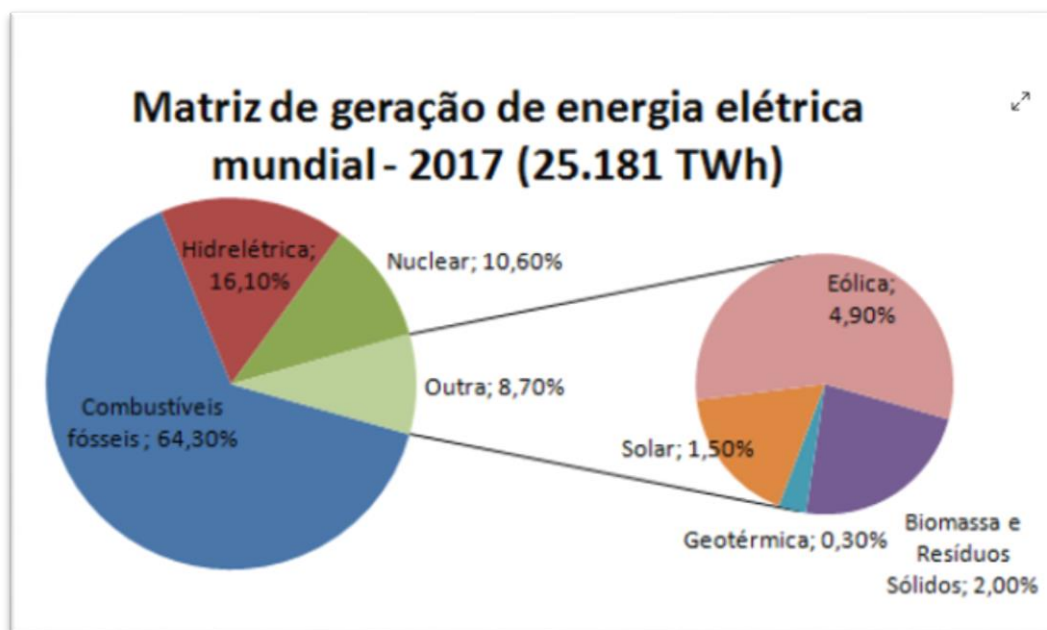
² Professor Me. Fábio Nascimento Sousa. IFPI. fabio.nascimento@ifpi.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Os recursos renováveis têm sido o foco principal de pesquisas na sociedade contemporânea, devido aos riscos ambientais que a geração de energia elétrica pelas hidroelétricas e/ou termoeletricas provocam ao meio ambiente. Atualmente, surgem várias razões para implementar fontes renováveis de energia. De acordo com Freitas e Dathein (2013), essa grande preocupação com questões voltadas para os cuidados com o meio ambiente e conscientização mundial, proporcionam o aumento de bases mais sustentáveis, estimulando a realização de pesquisas com apelo tecnológico, onde apontam para inclusão da aprendizagem e a diminuição de custos para uso e aplicação de energia limpa.

No cenário atual brasileiro, o uso racional da energia vem se tornando cada vez mais importante, devido aos gastos excessivos pela sociedade e por uso abusivo em construções de novas hidroelétricas, bem como de termoeletricas, fazendo com que eleve o custo da produção de insumos (combustíveis fósseis) e como consequência, eleve o custo final, onde será repassado para os consumidores. Diante desses fatos, a solução encontrada por muitos gerenciadores de empresa é implantar um sistema de energia limpa, o sistema fotovoltaico.

Figura 1 – Matriz de geração de energia elétrica



Fonte: Adaptado de Resenha Energética Brasileira 2018. (BRASIL, 2018)

Dessa forma, com os impactos que o sistema convencional de energia elétrica ocasiona ao ambiente e os valores dos investimentos que são repassados ao consumidor final, foi visto que o uso de energia renovável, seria um bom investimento, pois há um crescimento considerável na aplicação dessa tecnologia (fotovoltaica), na qual não afeta de forma direta e gravemente o meio ambiente. Com os avanços tecnológicos e campanhas para uso consciente de energia elétrica, as energias limpas passaram a ser mais acessíveis, principalmente no que diz respeito o uso de energia solar fotovoltaica.

Toda essa questão gera debates sobre a utilização e geração de energia limpa por se tratar de um tema muito relevante, que valoriza e justifica as pesquisas que incentivam e demonstram a aplicação dos sistemas de geração de energia fotovoltaica, como também os investimentos e retorno após aplicação do uso da energia solar. De acordo com (GONÇALVES; CUNHA; RHEINGANTZ, 2017), pensando em novas soluções, surgiu o sistema fotovoltaico que vem ganhando espaço no país, mas que devido a questão do custo-

benefício e com um alto investimento para aquisição do conjunto, passa ainda ser uma aposta que num futuro próximo venha ser uma realidade.

É nesse contexto que o presente artigo busca responder se a instalação do sistema de energia solar fotovoltaica é viável econômica e financeiramente. O estudo tem como objetivos analisar a importância das energias renováveis, mais especificamente a energia fotovoltaica no Brasil e abordando como sendo a principal fonte energia que estamos/estaremos utilizando no nosso cotidiano. A metodologia utilizada é pela realização de uma pesquisa bibliográfica, através da análise de artigos e textos que abordam o tema da energia solar fotovoltaica atualmente.

Contudo, a sociedade ainda não está preparada economicamente para essa nova realidade de aquisição do sistema fotovoltaico, onde cabe uma análise das empresas deste segmento, com a visão de relação do desenvolvimento socioambiental, onde deveria focar o desenvolvimento sustentável, visando não só o crescimento financeiro (lucro), mas também a preocupação com os aspectos sócioeconômicos e os impactos ambientais nos próximos anos para as futuras gerações.

2 A ENERGIA SOLAR COMO FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA

Atualmente, de acordo com as fontes de energia renováveis, a que vem se destacando mundialmente é a energia solar. Com o passar dos anos e com os estudos realizados, o sistema de energia solar, passou por melhorias tecnológicas que possibilitaram uma maior captação energética com equipamentos mais compactados e eficientes. Para *Teske et al.* (2010), a energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável, com impactos infinitamente menores causados no meio ambiente, do que as fontes de energia hidrelétrica, nuclear ou termelétrica, conhecidas como as mais responsáveis pelas emissões de gases na atmosfera. Além de todos esses benefícios, entra a questão visual dos equipamentos, com o passar dos anos os kits fotovoltaicos, passaram por modificações tornando-se mais compactos e com maior capacidade de geração e captação de radiação. Na tabela 1, demonstra a evolução de fontes de energia renováveis nos anos 2016 e 2017.

Tabela 1. Comparativo da produção de energia por fonte renovável entre 2016 e 2017 (GWh).

Fonte	2016	2017	Δ GWh	$\Delta\%$
Hidráulica	380.911	370.906	-10.005	-3%
Eólica	33.489	42.373	8.884	27%
Solar	85	832	747	879%

Fonte: BEN, 2016, 2017.

Mas para que a utilização da energia fotovoltaica vire realidade e essa geração de energia elétrica consiga atingir o topo, Silva (2015) acredita que algumas barreiras precisam ser superadas, e que os resultados obtidos através das políticas públicas sejam alcançados, ou seja, que as barreiras econômicas para as classes mais desprovidas financeiramente sejam quebradas e que o principal objetivo não seja o lucro e sim, uma melhor condição para todos que vivem no país. Para tudo isso acontecer demanda tempo, mas o país tem plena condição de se desenvolver e passar a ser uma potência mundial em geração de energia fotovoltaica.

Segundo *Kemerich et al.* (2016), a fonte solar conta com recursos inesgotáveis de energia, tornando-se uma das matrizes energéticas mais abundantes da terra. No Brasil, por sermos um país tropical temos todas as condições necessárias para se confirmar como um grande gerador de energia, contudo, barramos na questão financeira, que de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2015), em se tratando da expansão dessa fonte

renovável, mesmo devido ao custo elevado da geração, se comparado a outras fontes de energia, a solar demonstra perspectivas de maior competitividade, como por exemplo através da exploração fotovoltaica no Brasil.

Para que essa mudança ocorra de forma eficiente, é necessário que o país aproveite ao máximo os seus recursos disponíveis que provoquem o menor impacto ambiental, onde além de analisar seus custos de produção, seja compatíveis com a realidade econômica do país (MAGALHÃES, 2009).

Para isso, a sustentabilidade entra novamente na pauta das discussões em todo o mundo, pois o estudo de temas como políticas energética e ambiental, fontes renováveis de energia e diversificação de matrizes energéticas torna-se cada vez mais importante para a evolução do desenvolvimento sustentável, por meio da conservação e manutenção dos recursos naturais.

2.1 A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Assim como é tendência pelo mundo, o Brasil também busca seguir com o uso de fontes limpas e renováveis na produção de sua energia elétrica, como é o caso do crescimento das energias solar e eólica. De acordo com Jardim (2007) nosso país possui uma extensa área territorial com incidência solar e de ventos, que propiciam investimentos nestas fontes, podendo serem utilizados isolados ou interligados à rede elétrica da concessionária. Na tabela 2 mostra os equipamentos que atualmente possuem convênio nº 101 do Confaz, isentos da cobrança de ICMS destinados à geração de energia elétrica por células fotovoltaicas.

Tabela 2. Lista de equipamentos fotovoltaicos isentos de ICMS

Equipamento	NCM/SH
Gerador foto volático de potência não superior a 750W	8501.31.20
Gerador foto volático de potência superior a 750W mas não superior a 75 kW	8501.32.20
Gerador fotovoltaico de potência superior a 75kW mas não superior a 375kW	8501.33.20
Gerador fotovoltaico de potência superior a 375KW	8501.34.20
Células solares não montadas	8541.40.16
Células solares em módulos ou painéis	8541.40.32

Fonte: Confaz, 1997

Segundo o Greenpeace (2013) a energia solar utilizada no Brasil permite ao cidadão produzir em sua residência a própria energia sendo ela interligada a rede ou não. Esta fonte de energia renovável que se utiliza apenas da radiação solar, tem mínimo impacto no meio ambiente, quando comparamos com os efeitos das usinas hidrelétricas, nucleares ou termelétricas.

Os sistemas interligados a rede conforme informações divulgadas pela Aneel (2012), através dos painéis solares instalados nas residências em telhados ou quintais permitem a produção local de energia através da captação da radiação solar. A energia através do sistema interligado, é inserida na rede da concessionária e os valores não utilizados na geração retornam em Kw/h em forma de créditos. Este é um vasto campo potencial energético a ser explorado e aproveitado pela população e pelos governantes, podendo, inclusive, suprir toda a necessidade de energia elétrica no Brasil.

Produzir eletricidade em seu próprio domicílio é uma das vantagens da instalação de energia solar, além de representar mais independência para cada consumidor, pois não

depende dos custos de distribuição e nem dos altos encargos do governo. Com isso, o brasileiro entenderá melhor sua conta de luz ao final de cada mês e o potencial de utilização desse tipo de energia.

Com o sistema de compensação estabelecido pela Aneel (2012) em dezembro de 2012, através da RN nº 482, é possível injetar a energia produzida por placas solares na rede elétrica pública e ganhar em troca *kWh* de sua distribuidora de energia, ou seja, a nova conta de luz seria o consumo da rede elétrica menos a energia gerada pelas placas solares. Além disso é uma maneira de estimular o uso das energias renováveis, uma vez que a compensação é prevista para geração renovável de pequeno porte e se a geração de energia for maior que o consumido no mês, o excedente será usado para diminuir o consumo nos meses seguintes.

Assim, devemos buscar investimentos para promover a ampliação do setor solar onde é de fundamental importância para que se caminhe em direção a independência da energia de origem fóssil e também proporcione um desenvolvimento econômico maior e alinhado à visão de sustentabilidade ambiental, inserido na matriz brasileira.

2.2 PERSPECTIVAS DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

Em 1839, o físico francês *Edmond Becquerel* constatou uma diferença de potencial no extremo de uma estrutura semicondutora exposta à luz. Em 1876 foi montado o primeiro aparato fotovoltaico a base de selênio, porém, o primeiro dispositivo viável foi desenvolvido no ano de 1953, nos Laboratórios *Bell*, nos Estados Unidos, em um substrato de silício.

Em 1956 iniciou a produção inicial, uma aplicação, que se iniciou em programas espaciais, onde proporcionou um grande avanço na tecnologia, melhorando a eficiência das células e na quantidade do peso por painel fotovoltaico (SAUER et al., 2006).

Essa tecnologia ficou limitada à aplicação aeroespacial até o início da década de 1970, quando, em razão da primeira crise do petróleo, iniciaram-se novas investigação mais detalhadas para sua aplicação. Os autores mencionam também que uma das alternativas propostas na época foi o desenvolvimento de células em silício policristalino, que reduzia o custo e proporcionava maior viabilidade econômica da tecnologia. Todavia, ressaltaram que esse avanço ainda não foi suficiente para impulsionar os investimentos em células desse tipo, onde estimulou a permanência de alguns grupos de pesquisa nessa área (SAUER et al., 2006).

Devido à crise de energia em 1973/74 houve uma preocupação de estudar novas tecnologias viabilizando também as células fotovoltaicas no meio terrestre para suprir o fornecimento de energia, porém as células fotovoltaicas tinham um custo ainda muito elevado, onde impossibilitava a sua aplicação/produção em larga escala.

Com o passar do tempo e à ampliação dos mercados e já com várias empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço tem reduzido consideravelmente ao longo dos anos podendo, ser adquirido com valores mais acessíveis em grandes escalas (CRESESB, 2006).

No ano 1990, após vários teste realizado nas células de silício com o intuito de melhorar a eficiência de absorção e conversão de energia, foi identificado que após avaliação, que o resultado proveniente de uma célula (em escala laboratorial) obteve-se uma eficiência de conversão de energia de 35% (em áreas de 5 mm²), foi quando a tecnologia de fabricação de células em silício policristalino passou de um futuro promissor para um presente interessante. Neste período, houve uma retomada dos investimentos em pesquisas para a obtenção de silício policristalino de baixo custo. Porém, apesar da energia solar ser a mais abundante entre

as fontes renováveis, ainda assim, tinha os custos por kW mais caros, em decorrência altos valores dos insumos e pelo próprio processo de fabricação de painéis fotovoltaicos, mesmo que ainda seja um mercado em franca expansão (SAUER et al., 2006).

Para Shayani, Oliveira e Camargo (2006, p.2) o custo proveniente da instalação do sistema de geração solar chega a custar 50 vezes o custo de instalação de uma pequena usina hidrelétrica, mas, por outro lado, o custo da energia gerada durante a vida útil do sistema implantado, mostra-se 10 vezes mais eficiente para sistemas isolados e 3 vezes mais eficiente para geração interligada à rede elétrica. Deste modo, os autores mencionam que, com a redução anual do custo dos sistemas solares e a valoração dos custos ambientais e sociais da geração centralizada, o sistema solar pode se tornar economicamente mais competitivo a curto prazo. Na tabela 3, temos as características técnicas e custos para instalação com potência de geração 3,24 kWh.

Tabela 3 Características técnicas e custos para instalação com potência de 3,24 kWh

Parâmetros	Itens avaliados	Valores
Características técnicas do painel fotovoltaico	Eficiência solar no Piauí	~23%
	Potência máxima de geração	3,24 kWh
	Tipo de Painel	KD140SX-UPU
	Fabricante	Kyocera Solar do Brasil Ltda.
	Desempenho (Pote-STC/Pote-800W/m ²)	72,14%
	Potência da unidade do painel	140W
Custo em R\$	Custo unitário do painel	853
	Custo do inversor	2.999,56
	Custos de Instalação – Cenário 1	1.857,39
	Custos de Instalação – Cenário 2	533,83
	Custo de inscrição no serviço de manutenção	200
Impostos (%)	Cofins – Fatura Normal	3,82
	PIS – Fatura Normal	0,83
	ICMS – Fatura Normal	24h00
	PIS – Geração Distribuída	1,65
	Cofins – Geração Distribuída	7,6
	ICMS - Geração Distribuída	24h00

Fonte: BATER. Revista de Administração Mackenzie

Para Rodrigues e Ortiz (2006) já é possível encontrar sistemas fotovoltaicos instalados em áreas rurais brasileiras, utilizados para construção de cercas eletrificadas em práticas agropecuárias, refrigeração de medicamentos e vacinas em postos de saúde, sendo empregados também no bombeamento de água, iluminação pública e irrigação na agricultura.

Segundo Mauricio Tolmasquim, presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a energia solar já é competitiva e viável na distribuição da geração pelo Brasil, por meio de tarifas cobradas em diversas áreas de concessão de distribuidora, essa viabilidade já foi comprovada através dos resultados preliminares de um estudo elaborado pela EPE que, com a entrada em vigência da regulamentação da geração distribuída, a fonte fotovoltaica é viável (GRANDIN, 2012).

De acordo com Braga (2008), o Brasil é um dos países com maior índice de radiação solar do mundo e considerado o país mais avançado no desenvolvimento de energias renováveis da América do Sul, ressaltamos que a grande maioria dos investimentos fotovoltaicos cadastrados e habilitados no país, estão localizados na região Nordeste, mais precisamente na Bahia, onde contempla até o momento, 34% de todos os projetos cadastrados. Em seguida os estados do Piauí e Rio Grande do Norte também abrangem uma quantidade significativa dos empreendimentos (ALENCAR; URBANETZ JUNIOR, 2016).

Rodrigues e Ortiz (2006) acrescentam que embora os custos para a utilização da energia solar ainda sejam elevados, principalmente em áreas isoladas, ainda assim a energia fotovoltaica se torna economicamente viável e conveniente, quando comparada aos altos custos de expansão da rede elétrica convencional para essas localidades.

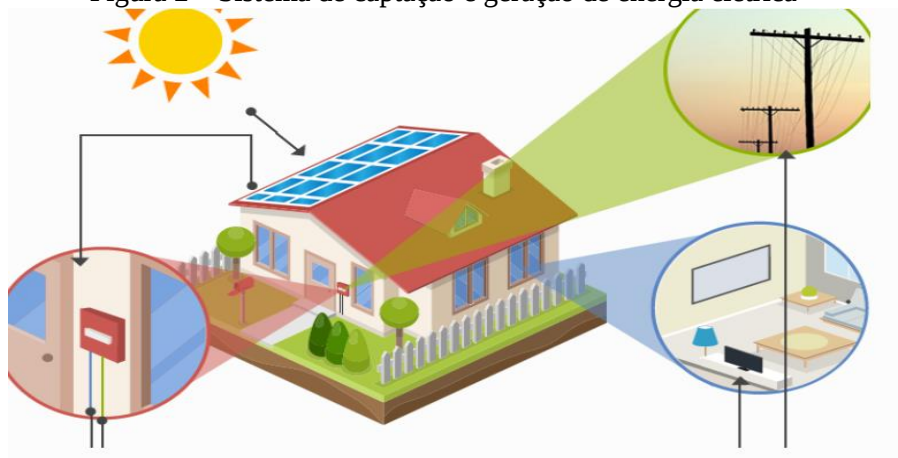
Levando em conta os privilégios de localização geográfica do Brasil e os índices de radiação solar em quase todo o ano, além das dificuldades de levar eletricidade para regiões mais afastadas como no interior e áreas rurais, o investimento em energia solar fotovoltaica é uma grande solução para levar energia elétrica a esses locais de difícil acesso. Essa informação é importante pelo fato de ser uma tecnologia que não necessita de uma rede de instalação e não carece de grandes investimentos em linhas de transmissão, por ainda não haver imposto sobre essa fonte, demanda pouca manutenção, além de ser uma fonte limpa, gratuita e renovável.

2.3 CARACTERÍSTICAS DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

A energia solar convertida em eletricidade é obtida através do sistema fotovoltaico, que segundo Rosa (2007) é constituído por um conjunto de painéis (ou módulos) fotovoltaicos, reguladores de tensão, sistemas de armazenamento (ou acumuladores) e por um inversor que converte corrente contínua em alternada.

O Brasil é um país beneficiado no contexto de energia fotovoltaica, pois apresenta altos níveis de radiação solar, contudo, o uso e aplicação dessa tecnologia ainda possui uma baixa procura, por ainda se tratar de altos valores dos equipamentos que compõe o sistema, dentre eles os módulos que ainda são importados, pois ainda não há indústrias desse segmento no Brasil (EPE, 2012).

Figura 2 – Sistema de captação e geração de energia elétrica



Fonte: Boreal Solar

A energia fotovoltaica, de acordo com Cunha (2006) é resultado da conversão da luz solar em corrente elétrica, através de módulos (ou placas) construídos com fotocélulas produzidas a partir de materiais semicondutores, como silício cristalino, silício amorfo hidrogenado, arsenieto de gálio, telureto de cádmio e células *CIGS* (Cobre-Índio-Gálio-Selênio), utilizados nesse processo.

O efeito fotovoltaico se dá através dos semicondutores. O semicondutor mais usado é o silício. Seus átomos se caracterizam por possuírem quatro elétrons que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Ao adicionarem-se átomos com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, por exemplo, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado e que ficará "sobrando", fracamente ligado a seu átomo de origem. Isto faz com que este elétron se livre, indo para a banda de condução (CRESESB, 2006).

Almeida (2002) argumenta que, “a base do desenvolvimento sustentável é um sistema de mercados abertos e competitivos em que os preços refletem nos custos, inclusive ambientais.”, com isso, acredita-se que a existência de um mercado mais competitivo incitará a queda nos preços dos sistemas de produção de energia solar fotovoltaica, de modo que sejam criadas tecnologias que tornam a produção energética mais eficiente, minimizando a poluição e os impactos ambientais.

Através de avanços tecnológicos e um mercado mais competitivo, os custos tendem a diminuir, visando um futuro sob o aspecto de que a energia solar possa concorrer com os preços de fontes de geração de energia que causam impacto ao meio ambiente, como as provenientes de combustíveis fósseis.

Entende-se que a energia solar possui grandes indicativos positivos para sua viabilidade na geração e distribuição de energia para o país. Devido à existência de uma fonte de energia em potencial de crescimento e desenvolvimento, é necessário um estudo e análise da sua aplicabilidade e capacidade para atender principalmente o consumo residencial brasileiro.

3 A VIABILIDADE ECONÔMICA DE REDUÇÃO DE CUSTOS NA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O interesse da sociedade pela energia solar fotovoltaica vem aumentando principalmente após a Resolução 482/12 e também devido ao potencial solar existente para geração no país, porém a implantação dos sistemas fotovoltaico ainda é baixa diante do potencial energético que representa, mas que devido aos altos valores dos equipamentos torna-se inviável sua aquisição. Importante apontar que, em novembro de 2015 estavam no Banco de Registros da Aneel 715 empreendimentos registrados, entre micro e minigeradores, enquanto que em dezembro de 2014, haviam apenas 219 empreendimentos (ANEEL, 2015).

O estudo da viabilidade de implantação da energia solar hoje é de extrema importância devido a necessidade de utilização de novas fontes de energia, pois as atuais são em sua grande maioria, não renováveis, contribuindo para futuras degradações e impactos ambientais. Ribeiro (2008) acredita que esse tipo de tecnologia precisa ser mais investido no Brasil, fazendo com que novas empresas do ramo se instalem, gerando oportunidades de empregos e pesquisa científica para melhorar o processo da transformação e captação solar.

A utilização da energia elétrica sem dúvida foi algo importante pois tornou-se essencial para países em desenvolvimento, pois segundo Nadimi e Tokimatsu (2018), quanto maior a oferta de energia elétrica maior o crescimento da economia, sendo sua utilização também relacionada com questões sociais como: redução da pobreza, crescimento populacional e o grau de urbanização. A importância da energia elétrica tornou-se vital e seu uso indispensável para todas as classes sociais, até mesmo para os que dispõem de menos recursos financeiros.

Nadimi e Tokimatsu (2018) consideram que, para a população, energia elétrica significa qualidade de vida e está ligada às condições de saúde, trabalho, habitação, etc. A quantidade de energia que cada família utiliza influencia na renda e no nível de pobreza.

A geração de energia a partir da radiação solar em sistemas fotovoltaicos é dividida em três grupos principais: geração centralizada, isolada e distribuída. A geração centralizada é definida pela produção de energia de larga escala e é inserida no sistema elétrico através de linhas de transmissão.

A geração isolada ou sistema isolado é definida pela geração de energia local e serve para abastecimento para locais remotos, já a geração distribuída o sistema está conectado à rede de distribuição da concessionária, juntamente com a unidade consumidora, onde disponibiliza a energia gerada em excedente à rede, sendo

integrantes os sistemas de micro e minigeradores distribuídos (ROSA; GASPARIN, 2016).

Assim, para que possamos utilizar a energia solar na geração de energia elétrica normalmente no cotidiano, deve-se diminuir os obstáculos superando o principal item, os altos valores que ainda são cobrados para instalação e uso. Para isso, Silva (2015) considera que o ponto de partida é que os efeitos buscados através das políticas públicas já existentes sejam alcançados, com o intuito de amenizar o risco do mercado interno brasileiro em perder os bens e capitais para a energia solar, como também as oportunidades de desenvolvimento do uso das energias renováveis.

Um dos passos que se pode citar é a ampliação do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores e *Displays* (PADIS), instituído na Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007, que objetiva fomentar a implantação e a manutenção no País de pessoas jurídicas que exerçam as atividades de concepção, desenvolvimento, projeto e fabricação de dispositivos semicondutores ou *displays* e que contempla a inclusão de fornecedores para produção de semicondutores, isto pode reduzir o custo de produção da energia elétrica advinda da geração dos painéis fotovoltaicos (BRASIL, 2007).

Uma parte da sociedade com poder aquisitivo elevado hesita em investir neste tipo de geração de energia, pois, segundo Montenegro (2014), fica na dúvida sobre qual o investimento fazer, quando comparamos o sistema fotovoltaico a uma outra aplicação financeira, reforçando a necessidade de financiamentos com juros menores aos que são aplicados pelo mercado financeiro. O BNDES está alinhado em auxiliar no investimento inicial, e que pode destinar recursos para financiar distribuidoras e demais empresas que tiverem interesse em implantar sistemas que auxiliem na promoção da microgeração distribuída, fato que poderá trazer benefícios à energia solar (BRASIL, 2007).

Uma outra modalidade de investimento que pode ajudar na instalação de um sistema solar é a modalidade leasing, que não possui custo relevante de instalação. O contratante paga apenas um valor, de maneira geral mensal, para a empresa que possui a responsabilidade de instalar e dar manutenção ao sistema (ROSA; GASPARIN, 2016). Essa instalação tem como principal obstáculo o prazo de recuperação do investimento. A recuperação financeira para sistemas fotovoltaicos está no médio prazo, porém, os recursos para dar início a implantação ainda são um grande entrave para a popularização da energia solar fotovoltaica na sociedade.

Um novo cenário demonstra as perspectivas de competitividade da energia fotovoltaica no Brasil, motivado por diversos fatores tais como rápida redução dos custos e, principalmente, questões relacionadas a mudanças climáticas. Em função da interligação entre a maior parte do país, os aproveitamentos mais baratos tendem a ser priorizados e complementados por soluções que garantam a segurança. Assim, com a quantidade de equipamentos interligados ao sistema de potência, atrelada ao uso da rede de distribuição, mais encargos e tributos, faz com que a eletricidade represente cerca de 1/3 do valor pago pelo consumidor final em suas contas mensais (DALFOVO et al., 2019). Diante dos recentes avanços tecnológicos vêm possibilitando a geração distribuída a custos competitivos para o consumidor final, que também passou a exercer o papel de produtor de sua própria energia.

Para a viabilidade econômica de redução de custos na utilização do sistema fotovoltaico devem ser realizadas análises técnicas dos sistemas propostos pelos possíveis fornecedores, incluindo os painéis solares, inversores de frequência, entre outros itens necessários ao processo de construção de uma central de minigeração distribuída de energia elétrica. Em seguida, devem ser calculados a geração de energia com base nas informações coletadas em cada residência (DASSI, et al., 2015), quais sejam:

- Localização no qual a instalação se encontra;
- Radiação solar no local (horas de sol equivalente/dia), de acordo com a localização da edificação;

- Perdas/ganhos por inclinação dos painéis solares;
- Perdas por sombreamento;
- Temperatura ambiente ao longo do ano;
- Número total de painéis solares, de acordo com a área total do telhado disponível para instalação dos equipamentos;
- Potência e tensão elétrica dos painéis solares;
- Rendimento dos painéis solares.

Finalmente, deve ser realizado o cálculo do investimento imprescindível para instalação do sistema, com base em orçamento de equipamentos apresentados por fornecedores, um deles é responsável pela instalação e comissionamento da central de minigeração de energia elétrica.

As informações detalhadas da renda mensal domiciliar são importantes para que se possa verificar a relação de viabilidade econômica quando da implantação dos painéis fotovoltaicos em relação ao consumo de energia elétrica. Os domicílios são caracterizados por residencial bifásico e trifásico. Para dimensionar a potência necessária para suprir a demanda por energia elétrica alguns aspectos técnicos devem ser levados em consideração ao se instalar um sistema fotovoltaico, tais como o consumo médio em *kWh* e a irradiação solar média (DALFOVO et al., 2019). De acordo com essas informações será possível determinar o tamanho do sistema fotovoltaico para cada tipo de domicílio ter sua demanda por energia elétrica e para esse cálculo, considera-se a irradiação solar presente no lugar.

Conforme já mencionado, os sistemas fotovoltaicos propostos terão capacidade para suprir 100% da demanda dos domicílios. Situações de produção além da demanda necessária podem ocorrer a qualquer momento. Nesses casos, o excedente de energia é injetado à rede elétrica da concessionária e fica como crédito por um período de até 60 (sessenta) meses, podendo ser compartilhada dentro de uma mesma área de concessão ou permissão, ou deverá ser utilizada pela distribuidora local. Contudo, ressaltamos que mesmo que o sistema consiga suprir 100% da demanda, a conta de energia elétrica não terá o valor zerado, pois o consumidor tem de pagar a concessionária a taxa mínima de uso da rede elétrica existente (ANEEL, 2015).

Em síntese, com a análise de regressão, é possível verificar a relação entre variáveis escolhidas e observar o comportamento das mesmas para o período analisado. Assim, quanto maior a renda domiciliar, maior o consumo e, portanto, maior a despesa com energia elétrica, o que implica nas pessoas estarem mais propensas a investir em um sistema fotovoltaico de energia (DALFOVO et al., 2019).

Os incentivos fiscais era fundamental para melhorar as condições de compra do sistema fotovoltaico, principalmente através de abatimentos adquiridos pelo governo federal nas parcelas dos custos de implantação de sistemas fotovoltaicos e no cálculo de imposto de renda devido para pessoas físicas e jurídicas. Outro incentivo seria uma atuação dos estados e municípios para estabelecerem abatimento sobre o Imposto Sobre Serviço de Qualquer Natureza – ISSQN que possui incidência sobre as instalações desses sistemas e também no Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU de imóveis que investirem na geração de fonte solar (ROSA; GASPARIN, 2016).

Apesar de suas inúmeras vantagens, seu custo inicial ainda continua elevado, não sendo acessível a todas as classes sociais, fazendo com que poucos consumidores possam instalar um sistema em seu domicílio. No entanto esta tecnologia é cada vez mais promissora, pois enquanto a tarifa de energia tende a aumentar ao longo dos anos encarecendo os custos com energia elétrica tradicional, a energia solar fotovoltaica tende a ser mais barata como reflexo da curva de aprendizagem e dos ganhos de escala.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com o impacto ambiental e o uso da energia, em especial as emissões de gases e seus efeitos sobre o clima, ainda tem reforçado a necessidade de regulação e da definição de políticas mundiais orientadas para assegurar a sustentabilidade do planeta. Dentre os meios de energia renováveis capazes de se destacar como fonte de impacto econômico e ambiental, a Energia Solar pode ser considerada uma importante alternativa para superação desses desafios, pois busca a redução dos danos ao meio ambiente, além de diversificar a matriz energética, reduzindo os riscos em abastecimento e possíveis crises de energia.

O Brasil tem uma significativa irradiação solar e o desenvolvimento de tecnologias aliadas à utilização de sistemas fotovoltaicos em larga escala poderiam reduzir o investimento em usinas hidrelétricas e termelétricas que exigem um amplo aporte de recursos além de ter um forte impacto socioambiental. A construção de usinas fotovoltaicas teria como vantagem o curto prazo de implantação, o que permitiria um retorno rápido sobre a demanda por energia.

Diante disso, o presente trabalho de conclusão de curso teve o propósito de abordar a energia solar como uma fonte de energia complementar sustentável que diversifica a matriz energética brasileira, analisando principalmente as características da energia fotovoltaica, além de realizar um estudo de viabilidade econômica envolvendo a utilização de sistemas fotovoltaicos para a geração de energia elétrica em residências.

O estudo obteve êxito no atendimento dos objetivos propostos, porém, apesar de suas inúmeras vantagens, o custo inicial de implantação desse sistema continua elevado e a falta de políticas governamentais, subsídios e programas de incentivos dificultam a entrada desta fonte que é extremamente abundante no país.

Esta tecnologia é cada vez mais promissora, pois enquanto a tarifa de energia tende a aumentar ao longo dos anos encarecendo os custos com energia elétrica tradicional, a energia solar fotovoltaica tende a ser mais barata como reflexo da curva de aprendizagem e dos ganhos de escala. No Brasil, essa tecnologia tem pouco incentivo para os interessados que pretendem participar do mercado de energia solar, devido há pouca política de incentivo direcionada à população, como uma linha de crédito para financiar a instalação desses sistemas.

Diante disso, a pesquisa conclui que, embora as tecnologias de geração de energia solar sejam caras, há a necessidade de maior investimento nesse setor, pois os benefícios socioambientais proporcionados por essa fonte de energia, como o alcance em áreas isoladas, geração de empregos, zero emissão de gases na atmosfera e a redução de impactos ambientais, compensam o seu custo.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, C. A. de; URBANETZ JUNIOR, J. **Usinas solares fotovoltaicas no Brasil: Panorama atual e perspectivas futuras**. Curitiba: Pós-Graduação em Sistemas de Energia – PPGSE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2016.
- ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. RJ: Nova Fronteira 2002.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasil, 2012.
- _____. **Registros de Micro e Minigeradores distribuídos efetivados na ANEEL**. 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp>. Acesso: 25 abr. 2022.
- BRAGA, R. P. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. UFRJ, 2008.
- BRASIL. **Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores e Displays** – PADIS. Instituído na Lei nº 11.484 de 31 de maio de 2007. Brasil: 2007.
- CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Solar, princípios e aplicações**. 2006. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf > Acesso em 15 set. 2021.
- CUNHA, J. L. P. A. **Eletrificação de Edificações Rurais Isoladas utilizando Energia Solar Fotovoltaica**. Universidade Federal de Lavras, 2006.
- DALFOVO, W.C.T.; ZILIO, P.C.; SORNBERGER, G.P.; REDIVO, A. A Viabilidade Econômica da implantação de Energia Solar Fotovoltaica para a redução dos custos com energia elétrica das famílias com diferentes níveis de renda: uma análise para a região norte de Mato Grosso. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, set/dez, 2019.
- DASSI, J. A. **Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil**. XXII Congresso Brasileiro de Custos – Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 11 a 13 de nov 2015.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Rio de Janeiro: EPE, 2012.
- FREITAS, G.C.; DATHEIN, R. **As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental**. Revista Nexos Econômicos, v. 7, n. 1, p. 71-94, 2013.
- GRANDIN, F. **Energia Hoje** – 08 de maio, 2012. Disponível em: http://energia.hoje.editorabrasilenergia.com/cadun/login?url_retorno=/news/eletrica/eolicasolar/2012/05/solar-e-viavel-diz-tolmasquim-449191.html. Acesso em: 25 de abr. 2022.

GREENPEACE. **Cartilha Solar**. 2013. Disponível em <http://www.greenpeace.org> Acesso em 07 de abr. 2022.

GONÇALVES, Isabel Piúma; CUNHA, Eduardo Grala da; RHEINGANTZ, Paulo Afonso. **Estudo da relação custo-benefício na implantação de diferentes sistemas fotovoltaicos em um edifício de escritórios na zb 2**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, v. 14, 2017.

JARDIM, C. S. **A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno**. 2007. 148 f. Tese Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

KEMERICH, P. DA C. et al. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 20, n. 1, p. 241–247, 2016.

MAGALHÃES, M. V. **Estudo de utilização da energia eólica como fonte geradora de energia no Brasil**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

MONTENEGRO, S. **BNDES pode emprestar para distribuidoras e instaladoras para projetos de microgeração**. Canal Energia. Rio de Janeiro, 10 abr. 2014. Investimentos e Finanças. Disponível em: <http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp?id=100611#>. Acesso em 23 de abril de 2022.

NADIMI, R.; TOKIMATSU, K. **Energy use analysis in the presence of quality of life, poverty, health, and carbon dioxide emissions**. Energy, v. 153, p. 671–684, 2018.

RIBEIRO, José S. F. **Construção e levantamento de desempenho de um concentrador cilíndrico parabólico com mecanismo automático de rastreamento solar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade do Rio Grande do Norte, 2008.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil**. São Paulo: 2006.

ROSA, Antonio R. O. da; GASPARIN, Fabiano P. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar** Ano 7 Volume VII Número 02 de dezembro de 2016.

ROSA, V. H. S. **Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil: em busca de um modelo sustentável**. 2007. 440 f. Tese Doutorado – Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SAUER, I. L.; QUEIROZ, M. S.; MIRAGAYA, J. C. G.; MASCARENHAS, R. C.; JÚNIOR, A. R. Q. **Energias renováveis: ações e perspectivas na Petrobrás**. Bahia Análise & Dados, v. 16, n. 1, p. 9-22, 2006.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M.; CAMARGO, I. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. In: **Congresso Brasileiro De Planejamento Energético (CBPE)**, 5, 2006, Brasília, Anais... 2006.

SILVA, Rutelly Marques da. **Energia Solar no Brasil:** dos incentivos aos desafios. 2015. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>. Acesso em: 26 set. 2021.

TESKE, S. et al. **Revolução Energética:** a caminho do desenvolvimento limpo. São Paulo: 2010. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/archive-brasil/Global/brasil/report/2010/11/revolucaoenergeticadeslimpo.PDF>>. Acesso em: 21 maio 2021.