

# ANÁLISE DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Aline de Oliveira Cardoso<sup>1</sup>, Herivelton José de Paula<sup>1</sup>, Marcio da Costa Amorim<sup>1</sup>  
Debora de Souza Martins<sup>2</sup> Gabriel de Andrade Vieira<sup>2</sup>

- 1- Acadêmica(o) do curso de Engenharia elétrica Faculdade Multivix – Serra.
- 2- Engenheiro (a) eletricitista e– Professor (a) Faculdade Multivix – Serra.

## RESUMO

Visto o crescimento de estudos relacionados à eficiência energética, o presente trabalho tem como finalidade mostrar de forma geral a energia solar fotovoltaica, primeiramente foi mostrado a sua história, equipamentos, tipos de sistemas até vantagens e desvantagens desse sistema. O desenvolvimento deste trabalho baseia-se no levantamento de referências a partir de meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos e páginas da web, o presente trabalho apresenta diferentes autores, para avaliação de diferentes pontos de vistas. Por fim, depois de avaliar todos pros e contras, é feita uma conclusão da viabilidade do sistema de geração de energia fotovoltaica de maneira geral.

Palavras Chave: Energia solar. Fotovoltaica. Sol. Meio ambiente.

## 1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente tem sofrido grande deterioração devido a uma série de ações humanas que caracterizam uso inadequado dos recursos, além de, uma excessiva exploração de recursos naturais e conseqüentemente, o desequilíbrio do ecossistema terrestre gerando grandes problemas ambientais para as sociedades contemporâneas.

Com problemas ambientais impactando a vida humana e com o esgotamento dos recursos não renováveis, cresce a preocupação pelas questões ambientais. Com isso, são procuradas maneiras para a substituição de atividades que causem grandes impactos por outras ecologicamente corretas, buscando a utilização de recursos renováveis menos agressivos ao meio ambiente.

Desde a descoberta da geração de energia a partir do sol, muita tecnologia foi desenvolvida. O Brasil, por apresentar altos níveis de radiação solar, possui uma posição potencialmente privilegiada para obtenção da energia fotovoltaica. A irradiação média anual varia entre 1200 e 2400 KWh/m<sup>2</sup>/ano e, ainda assim, a capacidade de geração de energia por sistemas fotovoltaicos é estimada em 20 MW. Destes, 99% correspondem às áreas isoladas onde a rede de distribuição não consegue alcançar (MACHADO, MIRANDA, 2014).

Com base nesse contexto, no presente trabalho apresenta-se apanhado geral sobre o conhecimento atual em geração de energia por sistemas fotovoltaicos. No segundo capítulo será abordado os aspectos históricos dos sistemas fotovoltaicos, no terceiro capítulo, os elementos que constituem um sistema de geração solar fotovoltaica. A partir do quarto capítulo, têm-se os tipos possíveis de configuração, no quinto capítulo as etapas de desenvolvimento do projeto e, no sexto capítulo pros e contras desta tecnologia avaliando o contexto geral.

## **2. ASPECTOS HISTÓRICOS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

A origem da energia solar fotovoltaica ocorreu em 1839 por Edmond Becquerel, com a observação de que a luz solar atingindo certos materiais poderia gerar pequena diferença de potencial (VALLERA; BRITO, 2006).

Em 1883, Charles Fritts construiu uma bateria solar com eficiência de conversão elétrica de apenas 1%. Os estudos e experimentos científicos sobre a energia solar são antigos, entretanto, um dos motivos da energia solar não ser amplamente utilizada é o alto custo de um sistema que armazene energia (MACHADO, MIRANDA, 2014).

Em 1885, ao falar sobre o efeito fotovoltaico, o industrial alemão Werner von Siemens, que fundou a empresa de eletricidade e telecomunicações Siemens, também observou que a energia solar duraria inúmeras idades após o esgotamento do carvão. Embora demorasse muitas décadas para que a tecnologia energia solar fosse desenvolvida e usada para alimentar casas, edifícios e se integrar à rede, bem como para fornecimento de energia fora da rede, a base da tecnologia de energia fotovoltaica atual foi descoberta e construída durante séculos XIX e XX (TIDD, 2015).

Em 1954, foi desenvolvida a primeira célula solar a base de silício com eficiência de 6% por cientistas da BELL Labs. O jornal americano "*The New York Times*" em 26 de abril de 1954 anunciou que as células fotovoltaicas de silício poderiam ser a possibilidade do futuro para uma fonte de energia ilimitada (MACHADO, MIRANDA, 2014).

Existiram alguns avanços até chegar em 2019 onde a conversão de energia solar foi amplamente usada para gerar calor e produzir eletricidade. Um estudo comparativo sobre o consumo mundial de energia, divulgado pela Agência

Internacional de Energia (AIE) mostra que, em 2050, as instalações de painéis solares fornecerão cerca de 45% da demanda de energia no mundo. Verificou-se que a energia solar térmica está obtendo notável popularidade em aplicações industriais (TIDD, 2015).

De acordo com o Relatório de Status Global Renováveis 2017, da REN21 - a rede de políticas globais de energia renovável (RE), que trabalha para uma rápida transição global para energia renovável - pelo quinto ano consecutivo, investimento em nova capacidade de energia renovável (incluindo todas as hidrelétricas) foi aproximadamente o dobro do investimento em capacidade de geração de combustíveis fósseis, atingindo US \$ 249,8 bilhões (BORGER, 2015).

Entretanto, ainda há um longo caminho a percorrer, e o petróleo continua sendo o principal combustível do mundo, respondendo por um terço do consumo global, de acordo com a BP *Statistical Review of World Energy June 2017*. No entanto, a energia global está em transição para fontes de energia mais verdes, limpas e sustentáveis, a fim de proteger o meio ambiente (TIDD, 2015).

### **3. ELEMENTOS QUE CONSTITUEM UM SISTEMA DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICO**

Este capítulo trata dos elementos que constituem um sistema de geração solar fotovoltaico apresentando características gerais de cada um deles.

#### **3.1. MÓDULO FOTOVOLTAICO**

O módulo fotovoltaico é responsável pela transformação da energia proveniente do sol em eletricidade por corrente contínua. Composto por um conjunto de células fotovoltaicas ligadas eletricamente entre si, os módulos mais indicados são os que possuem maior tensão de máxima potência. Para isso, é necessária maior capacidade e maior número de células em série e, com isso, geram menor custo (ELETROBRAS, 2016).

#### **3.2. BATERIA**

Com a bateria será feito o armazenamento de energia elétrica a partir dos módulos fotovoltaicos durante o dia, para ser usado em dias que a geração é nula ou de baixo nível de irradiância solar (PINHO et al., 2014).

### **3.3. CONTROLADORES DE CARGA**

O controlador de carga tem como função proteger as baterias, aumentando sua vida útil. O que causa a diminuição da vida útil da bateria é o seu carregamento excessivo, que acarreta elevação da temperatura. Alguns modelos de controlador são capazes de monitorar e apresentar o estado das baterias, as condições de carga, entre outros indicadores úteis para a avaliação de desempenho, mostrando para os usuários a condição que o sistema se encontra (ELETROBRAS, 2016).

### **3.4. INVERSOR**

O inversor converte a energia gerada a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua que pode ser baterias, células a combustível ou módulo fotovoltaicos, em energia elétrica em corrente alternada (PINHO et al., 2014).

A partir dos elementos apresentados é possível realizar diferentes tipos de configurações que serão vistos no próximo capítulo.

## **4. TIPOS POSSÍVEIS DE CONFIGURAÇÃO**

Para os sistemas de geração de energia fotovoltaicos, existem duas configurações básicas principais: os sistemas ilhados e os sistemas conectados à rede. O primeiro deles, também chamado de *off-grid* ou “sistema fotovoltaico puro”, consiste na geração de energia através apenas dos painéis solares ou células fotovoltaicas para obter essa energia. Este método, apesar de sua configuração ser mais simples, pode apresentar custo elevado, dependendo do local onde será instalado e sua expectativa de uso. Isso acontece devido à necessidade de se utilizar baterias para armazenamento da energia gerada e não consumida. Já os sistemas conectados à rede, também chamados de *grid-tie* ou sistemas mistos, são sistemas com um custo menor de implantação, porém com um nível de complexidade mais elevado.

Em locais de difícil acesso, os sistemas fotovoltaicos representam uma solução para atender pequenas demandas de energia. Em regiões do Brasil, como o interior do norte e nordeste, esse sistema tem sido introduzido para auxiliar o fornecimento de energia elétrica para escolas rurais, postos de saúde, sistemas de telecomunicação entre outras necessidades que dependem desse recurso (TEIXEIRA. et. al., 2011).

Na Figura 1 pode-se observar de forma ilustrativa como ficaria uma instalação de um sistema *off-grid*. Nota-se que não há rede de fornecimento de energia convencional no entorno da casa e seus elementos principais são: painéis fotovoltaicos 1, controladores de carga 2, banco de baterias 3, inversor DC/AC e no interior da residência nota-se os aparelhos conectados à instalação elétrica.

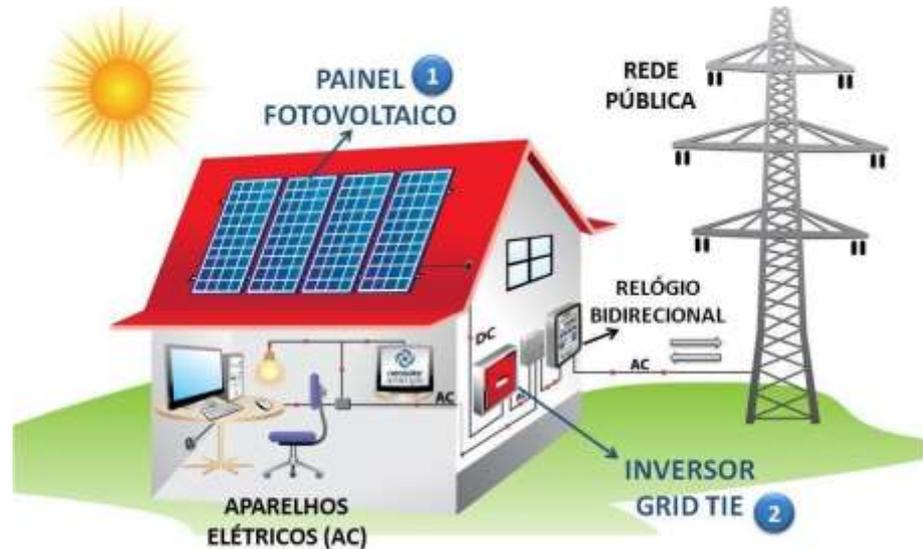
Figura 1: Sistema fotovoltaico (*off-grid*)



Fonte: NEO SOLAR, [21--?]

No sistema misto, o excedente de energia gerado, em sua maioria, é convertido em créditos para o consumidor devido à devolução desse excedente para a rede elétrica convencional. Na Figura 2 observa-se a presença da rede convencional interagindo com o sistema de geração fotovoltaico. Nota-se que não há banco de baterias e, por outro lado, tem-se a presença de um relógio bidirecional, responsável pela interação com a rede pública.

Figura 2 – Sistema Fotovoltaico (*grid-tie*)



Fonte: NEO SOLAR, [21--?]

Os dois métodos de instalação possuem seus pros e contras, a principal vantagem do uso do sistema *off-grid* é sua utilização em locais remotos. Fazendas em áreas isoladas e populações ribeirinhas são bons exemplos de consumidores deste tipo de sistema. Além disso, por ser independente da rede de distribuição de energia, não gera custos mensais com tarifas de energia.

Na Tabela 1 verifica se as principais vantagens e desvantagens dos sistemas *off-grid*:

Tabela 1: Vantagens e desvantagens <i>off-grid</i>	
Vantagens	Desvantagens
Pode ser utilizado em regiões remotas	Custo mais elevado
Possui sistema de armazenagem de energia	Menos eficiente
Não há custo de disponibilidade	Depende de baterias e sistemas de carga

FONTE: Energia Solarion, 2020.

De acordo com o site Energia Solarion as principais vantagens e desvantagens dos sistemas *grid-tie* são observadas na Tabela 2:

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens <i>grid-tie</i>	
Custo reduzido	Não é completamente Independente

Dispensa a utilização de baterias e sistema de carga	Pagamento do custo de disponibilidade (o mínimo pelo uso da rede)
Mais eficiência	
Projeto mais equilibrado	
Sistema de compensação de créditos	
Possibilidade de utilizar os créditos em outra unidade Consumidora do mesmo proprietário	
Tem os riscos técnicos reduzidos por contar com a rede da distribuição	

FONTE: Energia Solarion, 2020.

## 5. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema abrange o projeto, fabricação, transporte, instalação e manutenção e teste do equipamento usando as normas internacionais da IEC. Assim, a certificação IECRE tranquiliza investidores, fabricantes e usuários de tecnologias de ER que os equipamentos e sistemas complexos são seguros, protegidos e interoperáveis e funcionam corretamente onde quer que estejam no mundo.

Em um projeto de instalação de sistema de geração fotovoltaico, algumas etapas importantes devem ser seguidas: orçamento, suporte com financiamento, assinatura do contrato, visita técnica, aprovação do projeto e análise de rede, instalação, acompanhamento, vistoria e conclusão do projeto (OLIVEIRA, 2020).

O primeiro passo é a obtenção do consumo médio da residência ao longo de pelo menos 1 ano, com essa análise é possível saber o valor do investimento e a economia com a instalação do sistema (OLIVEIRA, 2020).

Na tabela 1 encontra-se um exemplo da média de consumo e valores pagos por uma residência na região de Serra-ES durante 1 ano.

Tabela 1: Média de kWh

Média de kWh/Valor da conta de energia 2019/2020		
Mês	kWh	Valor R\$
Out	238	251,22
Nov	270	268,93
Dez	252	250,89
Jan	272	254,39
Fev	358	338,68
Mar	341	325,58
Abr	307	292,24
Mai	359	322,76
Jun	250	240,16

Jul	275	261,42
Ago	233	221,1
Set	283	270,01
<b>Média</b>	<b>286,5</b>	<b>274,79</b>

Fonte: Produzido pelo autor

O segundo passo será a orientação em relação a financiamento para instalação do sistema. O terceiro passo será a assinatura do contrato. O quarto passo será a visita técnica ao local de instalação para garantir excelência no projeto dentro das normas. O quinto passo será a aprovação do projeto junto à concessionária local. O sexto passo será a instalação do projeto, o sistema possui 25 anos de garantia e é possível ver a economia desde a primeira conta. O sétimo passo é o acompanhamento do sistema instalado. O oitavo passo é a vistoria da concessionária local, feita por técnicos que verificam se a instalação do sistema está conforme o projeto executivo. O nono passo é a conclusão do projeto, que é quando o técnico liga o sistema e realiza a última vistoria, verificando se a geração está dentro do esperado e caso seja necessário, realiza a configuração do monitoramento do inversor (OLIVEIRA, 2020).

Outro ponto importante para verificar a viabilidade da instalação é o valor da irradiação solar média diária da região onde será instalado o sistema de geração fotovoltaica, na tabela 2 é possível observar a identificação do ponto analisado, a longitude e latitude deste ponto, bem como os valores de media anual e uma referencia mês a mês, valores referentes a uma determinada região da cidade de Serra-ES.

Tabela 2: Média de irradiação

<b>Medias do total diário de irradiação normal direta para cidade de Serra-ES (Wh/m2.dia)</b>	
<b>ID</b>	11144
<b>Lon</b>	-40,149
<b>Lat</b>	-20,1005
<b>Anual</b>	5042
<b>Jan</b>	5761

<b>Fev</b>	6900
<b>Mar</b>	5457
<b>Abr</b>	4929
<b>Mai</b>	4764
<b>Jun</b>	4772
<b>Jul</b>	4690
<b>Ago</b>	5231
<b>Set</b>	4749
<b>Out</b>	4164
<b>Nov</b>	3858
<b>Dez</b>	5229

Fonte: LABREN, 2017

## **6. PRÓS E CONTRAS AVALIANDO NO CONTEXTO GERAL**

A utilização da energia solar está relacionada com os seus benefícios ambientais. Dentre os principais pontos, pode-se destacar:

### **6.1. RECURSOS RENOVÁVEIS**

A luz do sol é uma fonte de energia constante, consistente e pode ser considerada inesgotável. Dos recursos renováveis usuais, a energia solar é a mais consistente e previsível. Com a localização correta das usinas solares, faz com que ocorra o máximo aproveitamento. O armazenamento de calor durante certo tempo é possível em tecnologias atuais, ou seja, a produção de eletricidade não é prejudicada. (MUNDO EDUCAÇÃO, [21]).

### **6.2. ACESSÍVEL EM LUGARES REMOTOS**

Comunidades afastadas de grandes centros urbanos são beneficiadas com as usinas solares ou placas fotovoltaicas, não sendo necessária toda uma infraestrutura para os sistemas de transmissão (PORTAL SOLAR, [21]).

### **6.3. DEMANDA POUCO ESPAÇO**

“Diferente de sistemas convencionais como hidrelétricas, a produção de energia solar não demanda a ocupação de grandes áreas, com processos de indenizações e desocupação de regiões” (MUNDO EDUCAÇÃO, [21]).

### **6.4. NÃO HÁ EMISSÃO DE POLUENTES NA GERAÇÃO**

“Ao contrário de outras fontes produtoras de energia, como as termoelétricas, as usinas solares não emitem poluentes na atmosfera” (MUNDO EDUCAÇÃO, [21]).

### **6.5. POUCA MANUTENÇÃO**

O sistema fotovoltaico não possui peças móveis, portanto, quase não há desgaste mecânico (FONTES, 2019). Mesmo se tratando de uma tecnologia com alto custo, os painéis solares utilizados na produção de energia são bastante robustos e necessitam de pouca manutenção (MUNDO EDUCAÇÃO, [21--?]).

### **6.6. INCENTIVOS NA GERAÇÃO**

Quando devidamente contratado, no sistema *grid-tie* são instalados multimedidores que calculam o consumo e o excedente que foi devolvido a rede, gerando créditos a serem abatidos nas futuras contas de energia (COPEL, 2020).

Ainda a poucos atrativos, mais nos últimos anos com a crescente escassez dos recursos naturais, nota-se um aumento nos incentivos fiscais e créditos para empresas incentivando a geração de eletricidade a partir de sistemas solares, tanto grandes como pequenos consumidores (PERLOTTI et al., 2012).

### **6.7. MELHORIAS NA SEGURANÇA, CONFIABILIDADE E OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA**

A produção de energia por meio de fonte renovável é de considerável importância para suprir o setor energético durante períodos de baixa capacidade de produção das usinas hidroelétricas que, pelo Sistema Interligado Nacional, forneça energia para a região de implantação. A descentralização no fornecimento de energia elétrica pode configurar menor dependência das fontes convencionais, aumentando a confiabilidade e, por conseguinte, melhorando a oferta de energia local (O SETOR ELÉTRICO, 2016).

Em contra partida outros fatores devem ser avaliados como:

### **6.8. CUSTOS ELEVADOS**

Devido ao alto nível de complexidade na fabricação das placas fotovoltaicas o custo ainda tem sido muito elevado (BADRA, 2020).

A utilização da energia solar de forma distribuída é muito vantajosa para o meio ambiente, entretanto há uma grande incoerência no processo de distribuição de energia solar, pois o preço que a energia solar chega à casa do brasileiro é 5 vezes mais alto do que o preço cobrado pela outra forma de energia, o que faz com que a energia solar, não seja uma opção para a maior parte dos brasileiros (SHAYANI, 2006).

Machado, Miranda (2014) explicam:

Outro problema da energia solar é que ainda é caro ter um sistema desse tipo em casa. Segundo dados do CRESESB,7 no mercado internacional, o custo dos sistemas fotovoltaicos para o consumidor final varia de US\$ 8 / Wp a US\$ 10 / Wp, em que Wp (Wattpico) é a potência máxima que o painel fotovoltaico pode atingir. Já no Brasil, esse valor é estimado em R\$ 10 / Wp,8 logo um sistema instalado de 1 KWp custaria R\$10.000,00. Em média, no Brasil, o retorno financeiro se dá entre 6 a 10 anos, o que não é exatamente uma má notícia, visto que os módulos fotovoltaicos (parte mais cara do sistema).

### **6.9. BAIXA EFICIÊNCIA DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS**

As placas fotovoltaicas em geral, possuem baixa eficiência. É possível ver que quanto mais eficiente for a placa solar mais cara será o preço dela. Comercialmente, a eficiência das placas atuais é de apenas 13 a 19% podendo chegar a 24% nos próximos anos (SEVERINO et al., 2010).

Outro fator importante é quanto à incidência do sol sobre as placas quando fixas. Isto implica em uma melhor eficiência apenas em determinados horários do dia devido sua posição em relação ao sol. Placas de absorção de energia solar que acompanha o sol durante todo o dia, baseado cálculos ligados ao movimento terrestre melhoram o resultado na captação de energia em cerca de 53% a mais do que o método convencional. (CHUN-SHENG, W. et al., 2008).

Isso implica em dispositivos mecânicos que aumentam o custo de instalação e manutenção.

### **6.10. DEPENDÊNCIA CLIMÁTICA**

As variações climáticas impactam na produção de energia e a ausência do sol por período prolongado interrompe a geração de eletricidade (MUNDO EDUCAÇÃO, [21--?]). A disponibilidade de energia solar em determinado local varia sazonalmente e é afetada por condições climáticas (SOUZA, [entre 2010 e 2020]).

### **6.11. BAIXA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO**

Apesar de existirem tecnologias avançadas em sistemas de armazenamento de energia solar, esse armazenamento em grande escala, comparando-se com outros métodos de fontes de energia, não acontece. Em períodos noturnos onde não há geração de energia e condições climáticas como dias nublados ou chuvosos, a eficiência é menor e em sistemas ilhados necessitam de baterias que são caras e possuem vida útil pequena, cerca de 4 a 6 anos (PORTAL SOLAR, [21--?]).

### **6.12. PREJUÍZOS AMBIENTAIS**

São necessárias inicialmente atividades de mineração para a produção das células fotovoltaicas, o que pode causar remoção de vegetação, contaminação das águas superficiais e contaminação do solo na área (SERMARINI, 2020).

Com o aumento da utilização dessas placas, a demanda por matérias-primas pode tornar-se ainda mais intensa, o que pode contribuir para políticas não sustentáveis na extração dos minerais, causando prejuízos ambientais. Portanto, o maior uso da energia solar requer também medidas de controle na geração das

matérias-primas, pois senão os impactos naturais poderão intensificar-se (SOARES, 2020).

Ao envolver a perda de metais escassos e preciosos (por exemplo, prata, cobre gálio, índio, germânio) e materiais convencionais (como alumínio e vidro) é outro fator que deve ser avaliado, pois envolvem importantes questões ambientais decorrentes da liberação de substâncias perigosas (SERMARINI, 2020).

A utilização de baterias pode gerar impactos ambientais significativos, pois são constituídas de elementos extremamente tóxicos (FONTES, 2019).

Com alterações na fauna, a região de instalação de uma usina fotovoltaica estará comprometida. Retirada de cobertura vegetal, terraplanagem e alteração dos níveis de lençol freático são outros riscos de degradação que devem ser avaliados. O ofuscamento em vista da reflexão da luz solar sobre as placas instaladas causa um impacto visual. Outras ações como terraplanagem, retirada da vegetação e mudanças dos níveis de lençóis freáticos, degradam a área. E suas instalações também impactam a paisagem local sendo que durante sua construção causam aumento da densidade demográfica do local e geração de resíduos sólidos e líquidos (PORTAL SOLAR, [21--?]).

### **6.13. ARQUITETURA DO IMÓVEL**

Outro ponto a ser levado em consideração é que com a instalação das placas solares nos telhados, a fachada e a aparência do imóvel podem sofrer mudanças. Por isso, é importante que o projeto fotovoltaico seja pensado junto com arquitetos, engenheiros e especialistas em energia solar.

### **6.14. INCENTIVOS NO BRASIL**

Uma das principais desvantagens da energia solar no Brasil, é que a falta de incentivo fiscal do governo que faz com que essa solução pareça pouco acessível. Entretanto para mitigar essas desvantagens o custo dessa tecnologia está em constante queda (PORTAL SOLAR, [21--?]).

Elaborada em 2012, a medida da Agencia Nacional de Energia Elétrica (Aneel) diz que o consumidor ou produtor rural pode tanto consumir quanto injetar na rede de distribuição a energia elétrica produzida por ele. Essa diferença entre o que

ele consome e o que produz a mais se transformam em crédito e pode ser usado para o abatimento de uma ou mais contas de luz do mesmo titular.

A Aneel quer rever regras para consumidores que geram energia elétrica em suas propriedades, aumentando tarifas para uso da rede das concessionárias (NASCIMENTO, 2019).

Atualmente a Agencia, está propondo uma taxaçoão do sistema de geraçoão própria de energia em até 60%, Isso poderia inviabilizar ou desestimular novos projetos (CANAL RURAL, 2019).

## 7. CONCLUSÃO

Energias renováveis, vindas dos recursos naturais renováveis, pode ser uma forma de eficiência energética ao empregar condições alternativas de energia para certas atividades. Atualmente, a economia global presencia uma crise financeira que impacta consideravelmente todos os assuntos estratégicos e que inclui o setor energético que tem apresentado escassez cada vez mais acentuada. Conforme dados apresentados no trabalho, deve-se avaliar cada caso, para se obter resultados conclusivos sobre o custo benefício e impactos da geração distribuída sobre o sistema convencional.

## REFERÊNCIAS

BADRA, Mateus. **Inovações em módulos fotovoltaicos reduzirão custo da energia**. [S. l.], 2 nov. 2020. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/noticias/item/1159-inovacoes-em-modulos-fotovoltaicos-reduzirao-custo-da-energia>. Acesso em: 02 nov. 2020.

BORGER, Fernanda Gabriela et al. **Inovação social e sustentabilidade: consumo de energia elétrica em comunidades carentes no Brasil**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, n. 1, p. 71-79, 2015.

CANAL RURAL. **Energia solar: proposta da Aneel pode elevar taxaçoão em até 60%**. [S. l.], 18 nov. 2019. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/agronegocio/energia-solar-proposta-aneel-taxacao/>. Acesso em: 02 fev. 2024.

CHUN-SHENG, W. et al. **Study on automatic sun-tracking technology in PV generation**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRIC UTILITY DEREGULATION AND RESTRUCTURING AND POWER TECHNOLOGIES, 3., 2008, Nanjing. Proceedings... Nanjing, China: IEEE, 2008. p. 2586-2591.

COPEL. **MICRO e Minigeração – Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** [S. l.], 21 set. 2020. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Findustrial%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FB57635122BA32D4B03257B630044F656>. Acesso em: 02 nov. 2020.

ELETROBRAS. **Energia Solar Aplicada aos Centros Comunitários de Produção.** 1. ed. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.solenerg.com.br/wp-content/uploads/2016/11/Energia-Solar-Aplicada-aos-Centros-Comunitarios-de-Producao.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

ENERGIA SOLARION. **QUAIS AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS ON-GRID E OFF-GRID?.** [S. l.], [21--?]. Disponível em: <https://energiasolarion.com.br/blog/vantagens-on-grid-off-grid/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

FONTES, Rui. **Energia Solar e Os Impactos Ambientais no Uso da Tecnologia Fotovoltaica.** [S. l.], 6 set. 2019. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-impactos-ambientais/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

FONTES, RUY. BlueSol energia solar. *In: O Guia Mais Absurdamente Completo da Energia Solar Fotovoltaica: Entenda Tudo!*. [S. l.], 30 abr. 2019. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

LABREN. **Médias do Total Diário da Irradiação Direta Normal para o Estado do ESPÍRITO SANTO.** [S. l.], 2017. Disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas2\\_tables/ES\\_dir.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas2_tables/ES_dir.html). Acesso em: 02 nov. 2020.

MACHADO, C.; MIRANDA, F. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão.** Revista virtual de química. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2014. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508>. Acesso em: 09 mar. 2024.

MUNDO EDUCAÇÃO. **VANTAGENS e desvantagens da Energia Solar.** [S. l.], [21--?]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/vantagens-desvantagens-energia-solar.htm>. Acesso em: 02 nov. 2020.

NASCIMENTO, Luciano. **Aneel quer rever regras para consumidores que geram energia elétrica.** Brasília, 15 out. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-10/aneel-quer-rever-regras-para-consumidores-que-geram-energia-eletrica>. Acesso em: 02 nov. 2020.

O SETOR ELÉTRICO. **Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas.** [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.osestoreletrico.com.br/expansao-da-energia-solar-fotovoltaica-no-brasil-impactos-ambientais-e-politicas-publicas/>. Acesso em: 2 nov. 2020.

NEO SOLAR. **SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS COMPONENTES.** [S. l.], [21--?]. Disponível em:

<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso em: 2 nov. 2020.

OLIVEIRA, Nicolas. **Conheça todas as etapas para implementar um projeto de energia solar fotovoltaica**. [S. l.], 30 jan. 2020. Disponível em: <https://futuresolar.com.br/conheca-todas-as-etapas-para-implementar-um-projeto-de-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

PERLOTTI, Edgar *et al.* **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. [S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

PINHO, João Tavares *et al.* **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2014.

PORTAL SOLAR. **VANTAGENS e Desvantagens da Energia Solar Fotovoltaica**. [S. l.], [21--?]. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html#:~:text=As%20principais%20vantagens%20das%20usinas,se%20comparadas%20%C3%A0s%20usinas%20termel%C3%A9tricas>. Acesso em: 2 nov. 2020.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar em dias chuvosos e nublados**. [S. l.], [21--?]. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-dias-chuvosos-nublados>. Acesso em: 2 nov. 2020.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica: Impactos Ambientais**. [S. l.], [21--?]. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-impactos-ambientais>. Acesso em: 15 fev. 2024.

SERMARINI, ANNA CAROLINA. **Os 2 impactos ambientais negativos da energia solar que nunca te contaram**. [S. l.], 13 maio 2020. Disponível em: <https://revolusolar.com.br/os-2-impactos-ambientais-negativos-da-energia-solar-que-nunca-te-contaram/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

SEVERINO, Mauro Moura *et al.* **Fontes e tecnologias de geração distribuída para atendimento a comunidades isoladas**. Palmas: [s. n.], 2010. Disponível em: <http://labfontes.ene.unb.br/geracao-distribuida/fontes-e-tecnologias-de-geracao-distribuida-para-atendimento-a-comunidades-isoladas>. Acesso em: 02 nov. 2020.

SHAYANI, Rafael Amaral. **MEDIÇÃO DO RENDIMENTO GLOBAL DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO UTILIZANDO MÓDULOS DE 32 CÉLULAS**. 2006. 184 p. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SOARES, Cristiana Nepomuceno de Sousa. **Sustentabilidade da Energia Solar**. [S. l.]: Lumen Juris, 2019.

SOUZA, Ronilson di. **Os sistemas de energia solar fotovoltaica**: Livro digital de introdução aos sistemas solares. São Paulo: [s. n.], [entre 2010 e 2020]. Disponível em: <https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro->

Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf. Acesso em: 2 nov. 2020.

TEIXEIRA, Alexandre de Almeida *et al.* **Análise de viabilidade para a implantação do sistema de energia solar residencial**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/689/388>. Acesso em: 30 out. 2020.

TIDD, Joe; BESSANT, John. **Gestão da inovação**. 5. ed. [S. l.]: Bookman, 2015.

VALLERA, Antônio M.; BRITO, Miguel Centeno. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta de Física**, v. 1, n. 2, 2006.