

## Vantagens e desvantagens de implementação do sistema off-grid em zonas rurais: uma revisão

Advantages and disadvantages of off-grid system implementation in rural areas: a review

Ventajas y desventajas de la implementación del sistema off-grid en áreas rurales: una revisión

Recebido: 22/11/2022 | Revisado: 03/12/2022 | Aceitado: 04/12/2022 | Publicado: 13/12/2022

**Alex Alves da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1126-2551>

Faculdade Integrada Carajás, Brasil

E-mail: [asaprinte@gmail.com](mailto:asaprinte@gmail.com)

**Thiago Dias Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8615-4611>

Faculdade Integrada Carajás, Brasil

E-mail: [thiagodiassilva1211@gmail.com](mailto:thiagodiassilva1211@gmail.com)

**Edgar Augusto Nascimento Ribeiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7325-1199>

Faculdade Integrada Carajás, Brasil

E-mail: [edgard.augusto.n.ribeiro@gmail.com](mailto:edgard.augusto.n.ribeiro@gmail.com)

**Rogério Santiago Lopes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1954-6842>

Faculdade Integrada Carajás, Brasil

E-mail: [rogeriosantiago08@gmail.com](mailto:rogeriosantiago08@gmail.com)

### Resumo

O presente artigo aborda a temática de sistemas *off-grid* para gerar energia em zonas rurais com o desenvolvimento de novas tecnologias para suprir a alta demanda de consumo de energia elétrica do mundo. Tendo em vista esse déficit de energia para os mais afastados, o projeto ora desenvolvido tende a abordar esse tema mais a fundo, com objetivo de descrever um estudo de viabilidade de utilização de sistemas *off-grid* em zonas rurais mostrando suas vantagens e desvantagens. A área de microgeração fotovoltaica tem se destacado, tanto por ser fonte de energia limpa, eficiente e renovável, quanto por seu prazo de rentabilidade e custos em comparação com outras fontes de energia disponíveis no mercado. Embora essa fonte de energia solar se divida em outras em duas áreas, *on-grid* e *off-grid*, sendo a primeira conectada à rede de distribuição e portanto não sendo viável para áreas afastadas, percebe-se que os sistemas *off-grid* tendem a se tornar uma opção tecnicamente viável para os casos em que a população se encontra desprovida de acesso à rede de distribuição de energia das concessionárias, visto que, podem gerar energia sem estarem conectados à rede de distribuição e armazenando a energia gerada em baterias.

**Palavras-chave:** Fotovoltaico; *Off-grid*; Viabilidade.

### Abstract

This article addresses the theme of off-grid systems to generate energy in rural areas with the development of new technologies to meet the high demand for electricity consumption in the world. In view of this energy deficit for the most remote, the project now being developed tends to address this issue in more depth, with the aim of describing a feasibility study on the use of off-grid systems in rural areas, showing their advantages and disadvantages. The area of photovoltaic microgeneration has stood out, both for being a clean, efficient and renewable source of energy, as well as for its profitability period and costs compared to other energy sources available in the market. Although this source of solar energy is divided into two areas, on-grid and off-grid, the first being connected to the distribution grid and therefore not being viable for remote areas, it is clear that off-grid systems tend to become a technically viable option for cases in which the population is deprived of access to the energy distribution network of the concessionaires, since they can generate energy without being connected to the distribution network and storing the energy generated in batteries.

**Keywords:** Photovoltaic; *Off-grid*; Viability.

### Resumen

Este artículo aborda el tema de los sistemas fuera de la red para generar energía en zonas rurales con el desarrollo de nuevas tecnologías para satisfacer la alta demanda de consumo eléctrico en el mundo. Ante este déficit energético para los más alejados, el proyecto que ahora se desarrolla tiende a profundizar en este tema, con el objetivo de

describir un estudio de viabilidad sobre el uso de sistemas aislados en zonas rurales, mostrando sus ventajas e inconvenientes. El área de microgeneración fotovoltaica se ha destacado, tanto por ser una fuente de energía limpia, eficiente y renovable, como por su periodo de rentabilidad y costos frente a otras fuentes de energía disponibles en el mercado. Aunque esta fuente de energía solar se divide en dos zonas, on-grid y off-grid, estando la primera conectada a la red de distribución y por tanto no siendo viable para zonas remotas, es evidente que los sistemas off-grid tienden a convertirse en un sistema técnicamente opción viable para los casos en que la población se vea privada del acceso a la red de distribución de energía de los concesionarios, ya que pueden generar energía sin estar conectados a la red de distribución y almacenando la energía generada en baterías.

**Palabras clave:** Fotovoltaica; *Off-grid*; Viabilidad.

## 1. Introdução

Em decorrência da crescente demanda de energia elétrica no mundo, observou-se a necessidade de se realizar estudos sobre outros meios de geração de energia, dentre elas a energia fotovoltaica no âmbito da geração distribuída. Onde esse método de geração possibilita que o consumidor possa produzir sua própria energia (Leal, 2022).

O acesso à energia elétrica é um dos agentes importantes para o desenvolvimento de um local, por isso o acesso à essa energia é um direito essencial da população para o bem-estar de qualquer ser humano, garantindo-lhe qualidade de vida. A disponibilidade da rede elétrica possibilita, a inclusão social e digital, nas zonas rurais que atualmente não se encontram providas de acesso às redes de distribuições, resultando em um maior crescimento na produtividade agrícola (Camargo, Ribeiro, & Guerra, 2008).

É da responsabilidade do Governo Federal suprir as demandas de energia elétrica para toda população do país através das concessionárias autorizadas. Infelizmente, ainda existem casos em que algumas parcelas da população em determinadas localidades, os mais isolados, sofrem com a falta de energia elétrica por não terem acesso à rede de distribuição de energia. Porém, alguns programas sociais para expansão da energia elétrica foram criados para suprirem essa necessidade (Ribeiro, & Santos, 1994).

De acordo com os dados da Instituição de Energia e Meio Ambiente (IEMA), cerca de um milhão e meio de brasileiros sofrem com a falta de energia elétrica no país (IEMA, 2019).

A energia fotovoltaica está em um momento de ascensão em quase todo o mundo, pois, algumas das vantagens desta tecnologia é a sua modularidade e facilidade de instalação, tornando-a ideal para a produção doméstica e permitindo que seja usada para aplicações que necessitem tanto de grande potência como para aplicações de baixa potência (Cortez, 2013).

O sistema fotovoltaico possui inúmeras vantagens tais como, energia limpa e renovável e de fácil portabilidade, custos operacionais reduzidos no caso de um sistema *on-grid*, viabilidade e instalação em locais isolados de forma simples (Bortoloto et al., 2017).

Portanto, esse estudo traz a seguinte problemática: Qual a importância e a aplicabilidade de se realizar uma avaliação técnica de um sistema de geração de energia fotovoltaico *off-grid* em uma propriedade rural?

Se faz importante por trazer informações sobre a viabilidade técnica de um sistema fotovoltaico em áreas isoladas com difícil acesso, onde as concessionárias de energia elétrica têm um alto custo para levar a rede elétrica até esses locais tornando, em muitos casos, economicamente e tecnicamente inviável. Fazendo com que pesquisas sejam feitas para possibilitar que as pessoas tenham acesso à energia, podendo contemplar uma vida mais digna com oportunidade de inclusão social e digital (Muniz, 2022).

O objetivo dessa revisão é descrever um estudo de viabilidade de utilização de sistemas *off-grid* em zonas rurais mostrando suas vantagens e desvantagens e apresentando uma maior aproximação com o tema levantado, tendo em vista torná-lo amplamente visível e abrangente afim de facilitar ou contribuir para futuras pesquisas relacionadas à geração de energia fotovoltaica *off-grid* em zonas rurais.

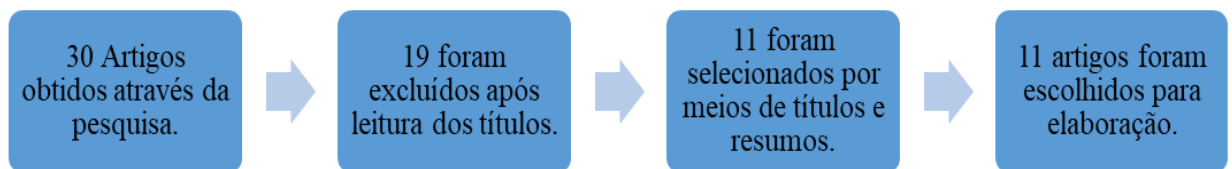
## 2. Metodologia

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica narrativa de caráter qualitativa. De acordo Manzato; Santos (2012) a revisão bibliográfica analisa e responde um problema a partir de referências teóricas publicadas buscando conhecer as contribuições científicas do passado existente sobre determinado assunto. Essa pesquisa descreve a importância de se realizar avaliação técnica de um sistema de geração de energia fotovoltaico *off-grid* em áreas rurais. A busca foi realizada na base de dados virtuais, Google Acadêmico, Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), revistas e livros.

Ao término da busca dos artigos, para a seleção dos artigos foram estabelecidos os seguintes requisitos: publicações nos idiomas inglês e português que tivessem como tema pontos positivos e negativos sobre a energia fotovoltaico *off-grid*. O método de exclusão dos artigos que convergiam, com a temática proposta.

A Figura 1 evidencia a busca e metodologia da seleção dos artigos

**Figura 1** - Seleção de artigos utilizados.



Fonte: Alves e Silva (2022).

Os critérios de avaliação dos artigos selecionados para a leitura dos temas que tenham referência com o objetivo deste estudo que descreve as vantagens e desvantagens de implementação do sistema *off-grid* em zonas rurais.

## 3. Resultados e Discussão

A carência de eletrificação em partes de localidades do Brasil, constitui-se um dos problemas do sistema elétrico brasileiro. A situação fica mais difícil quando propriedades rurais se encontram afastadas dos centros de distribuição. Felizmente, mesmo com tantas dificuldades sempre houve uma busca incessante por melhorias para comunidades afastadas que necessitavam de energia elétrica para viver (Silva et al., 2002).

Quando se fala em locais isolados, torna-se necessário um alto investimento por consumidor aumentando o seu custo operacional, fazendo com que o processo de crescimento da rede elétrica em zonas rurais venha a obter um baixo retorno trazendo prejuízo financeiro para concessionária de energia (Marini, & Rossi, 2005).

Tendo em vista que as concessionárias de energia não estão aptas a arcar com o custeio de uma rede de distribuição em zonas rurais, torna-se viável a instalação de um sistema fotovoltaico *off-grid* (Uchiyama, 2009).

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (Imhoff, 2007).

Os painéis solares, ou módulos fotovoltaicos, são os principais componentes do sistema fotovoltaico de geração de energia. Estes são formados por um conjunto de células fotovoltaicas associadas, eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto. O conjunto destes módulos é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema, ou seja, são os responsáveis no processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica (Pereira, & Oliveira, 2011).

A geração de energia fotovoltaica é considerada intermitente e imprevisível, já que depende tanto das condições

climáticas quanto da variação entre dia e noite, por esse fato é necessária à introdução de um meio de geração auxiliar externa ou de um método de armazenamento dessa energia (Brito, & Silva, 2006). Tendo se mostrado mais eficiente do que em relação a outros meios de geração, o sistema fotovoltaico se divide em dois meios de geração e consumo: *on-grid* e *off-grid* (Bortoloto et al., 2017).

O sistema *on-grid* é conectado à rede elétrica já existente. Esse sistema dispensa o uso de baterias, pois toda potência gerada é consumida ou injetada diretamente na rede elétrica a fim de gerar crédito para o consumidor que pode utiliza-lo para abater na conta de energia (ANEEL, 2012).

Já o sistema *off-grid* depende de um sistema de armazenamento de energia, sendo constituído por baterias e dependendo da aplicação, é necessária a utilização de controladores de carga, possibilitando o fornecimento de energia em períodos sem sol ou durante a noite (Boso, & Gabriel Filho, 2015).

As vantagens de um sistema *off-grid* implicam diretamente no fato de que o mesmo poder ser utilizado em regiões remotas e de forma independente da rede de distribuição, sendo integrado com um sistema de armazenamento de energia e dispensando por completo a necessidade de se pagar conta de luz (Bortoloto et al., 2017).

O referido sistema torna o consumidor responsável pelo seu consumo pois a sua demanda não pode ultrapassar, a quantidade da sua energia gerada (Rodrigues, & Freitas, 2022), trazendo mais confiabilidade ao sistema instalado.

A necessidade da utilização de baterias e controladores de cargas veem a se tornar uma desvantagem, tendo em vista que esses equipamentos tendem a elevar os custos de forma considerável, além de que no caso das baterias ainda sofrendo com avanços tecnológicos e redução de custos conseguem tornar o sistema mais caro (Especialista, 2022).

Esses equipamentos são necessários para o funcionamento do sistema fotovoltaico *off-grid*, pois mesmo com custo mais elevado do que um sistema *on-grid* o sistema *off-grid* sendo bem dimensionado e instalado atende à demanda do cliente (Bortoloto, et al, 2017).

Outro fator que tende a agregar a desvantagem econômica desse sistema, é que as baterias possuem vida útil de cerca de 5 anos, enquanto os painéis podem chegar a 25 anos. Seguindo essa previsão, calcula-se que as baterias devem ser trocadas no mínimo cinco vezes durante a vida útil dos painéis, fazendo com que os preços se elevem de forma exorbitante (Mafioleti; Gonçalves, 2020).

Entretanto, com a Lei 14.300/2022 (Brasil, 2022), que traz uma política que tende a reduzir consideravelmente os ganhos com os sistemas *on-grid*, deixa em aberta uma indagação quanto à viabilidade da utilização de sistemas *off-grid* afim de contornar eventuais inconvenientes gerados por essas novas políticas (Análise, 2022).

Desse modo o principal problema para instalação de um sistema fotovoltaico *off-grid* seria o seu investimento inicial elevado, embora que a longo prazo o sistema *off-grid* seja lucrativo, uma vez que sua manutenção seja pequena (Moura, 2022).

#### **4. Considerações Finais**

Embora exista uma lacuna enorme no que se diz respeito aos incentivos econômicos para a aquisição e instalação, o sistema de microgeração fotovoltaica *off-grid* já vem sendo aplicado em larga escala, auxiliando moradores e empresários de zonas rurais a terem acesso à energia elétrica.

Tendo em vista a necessidade de utilizar energias limpas e renováveis, sendo uma fonte infinita, a energia fotovoltaica tem potencial para atender as demandas de energia em locais afastados da rede de distribuição, podendo ser instalada atendendo as necessidades e melhorando a qualidade de vida das pessoas inserindo no seu dia a dia o conforto que as tecnologias podem oferecer.

Após este estudo, conclui-se que o sistema *off-grid* tende a ser, em questão de viabilidade, indispensável para zonas rurais, visto que as concessionárias de energia não estão dispostas a arcar com os custos de instalação de redes de distribuição

para áreas com pouca demanda.

Entretanto, os custos adicionais dos equipamentos como baterias e controladores de cargas, pode dificultar a aquisição, pelo seu custo inicial elevado, um sistema *off-grid* depois de instalado não necessita de outra fonte de energia como por exemplo a concessionária de energia, que por vez não necessita pagar faturas de energia.

Por fim, sugere-se a o estudo e desenvolvimento de materiais e tecnologias afim de tornar os custos desse sistema mais baratos e acessíveis à grande população das zonas rurais que se encontram isoladas, dando-lhes a oportunidade de usufruir de um direito indispensável da população.

## Referências

- ANEEL. (2012). Agência Nacional De Energia Elétrica. Resolução nº482/2012, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de minigeração e microgeração distribuída de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União, seção 1, p. 53, Brasília, DF, 17 abr. 2012. <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>
- Greener. (2022). Análise do Marco Legal da geração distribuída. Greener, [S.l.], 2022. <https://www.greener.com.br/estudo/analise-do-marco-legal-da-geracaodistribuida-lei-14-300-2022/>
- Brasil. (2004). Lei nº14.300, de 6 de janeiro de 2022: Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da União, seção 1, p.4, Brasília, DF, 07 jan. 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de2022-372467821>.
- Brito, M. C., & Silva, J. A. (2006). Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em electricidade. *O instalador*, 25(676), 07. <http://solar.fc.ul.pt/i1.pdf>
- Boso, A. C. M. R., Gabriel, C. P. C., & Gabriel Filho, L. R. A. (2015). Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no brasil. *Revista Científica ANAP Brasil*, 8(12). [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap\\_brasil/article/view/1138](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/1138)
- Bortoloto, V. A., Souza, A. J., Gois, G., Martins, M. A., Berghe, M. J., & Montanha, G. K. *Geração de Energia Solar On Grid e Off Grid*. In: VI JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica. 2017.<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIJTC/VIJTC/paper/view/1069>,
- Cortez, R. J. M. (2013) *Sistema De Seguimento Solar Em Produção De Energia Fotovoltaica*, 2013. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72632/1/000157958.pdf>
- Camargo, E., Ribeiro, F. S., & Guerra, S. M. G. (2008). O programa Luz para Todos: metas e resultados. *Espaço Energia*, 9, 21-24. <http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/9/EE009-04.pdf>.
- Cardoso, B. F., de Oliveira, T. J. A., & da Rocha Silva, M. A. (2013). Eletrificação rural e desenvolvimento local. Uma análise do programa luz para todos. *Desenvolvimento em Questão*, 11(22), 117-138. <https://www.redalyc.org/pdf/752/75225787006.pdf>
- Especialista (2022). Traça perspectivas para o futuro do armazenamento no Brasil. Absolar, São Paulo, 15 dez. 2022. <https://www.absolar.org.br/noticia/especialista-traca-perspectivas-para-o-futuro-doarmazenamento-no-brasil/>
- Ferlioli, K. C. O.; Vilhena, A. L.; Aguiar, M. A. S.; Arrifano, R. C. D., & Corrêa, F. (2005). *Projeto de Sistema fotovoltaico isolado (OFF GRID) para residências*. IESAM: Belém. Disponível em: [https://www.academia.edu/download/50477944/Projeto\\_de\\_Sistema\\_Fotovoltaico\\_Isolado\\_OFF-GRID.pdf](https://www.academia.edu/download/50477944/Projeto_de_Sistema_Fotovoltaico_Isolado_OFF-GRID.pdf), Acesso em: 22 fev. 2022.
- IMHOFF, J. (2007). *Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos*. Dissertação de mestrado apresentada à escola de engenharia elétrica da universidade federal de santa maria, santa maria. 2007. 146 f. <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/8608>
- Muniz, R. N. (2015). *Desafios E Oportunidades Para O Acesso Universal À Energia Elétrica Na Amazônia*. Dissertação, Disponível em <http://repositorio.ufpa.br/handle/2011/7425>, Acesso em: 31 fev.2022.
- Silva, A. J., Munhoz, F. C., & Correia, P. B. (2002). *Qualidade Na Utilização De Energia Elétrica No Setor Rural: Problemas, Legislação E Alternativas*. Proceedings Of The 4th Encontro De Energia No Meio Rural. [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022002000200047&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022002000200047&script=sci_arttext&tlng=pt).
- IEMA. (2019). *Instituto De Energia E Meio Ambiente*, 2019. <https://energiaambiente.org.br/um-milhao-estao-sem-energia-eletrica-na-amazonia-20191125>
- Leal; F; A. (2022). *Estudo da viabilidade técnica e econômica para implantação de sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid em uma indústria*. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/27413/ARTHUR%20DE%20FARIAS%20LEAL%20-%20TCC%20ENG.%20EL%20c3%89TRICA%20CEEI%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mafioleti, T, L, & Gonçalves, R, T, T. (2020). *Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema elétrico fotovoltaico isolado em comparação com um sistema conectado à rede para produção residencial autônoma de energia no brasil*. <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/77206/R%20-%20E%20-%20LUCAS%20TESSER%20MAFIOLETI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Manzato, A. J., & Santos, A. B. (2012). A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa. Departamento de Ciência de Computação e Estatística-IBILCE-UNESP, 17. [http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Ensino\\_2012\\_1/ELABORACAO\\_QUESTIONARIOS\\_PESQUISA\\_QUANTITATIVA.pdf](http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Ensino_2012_1/ELABORACAO_QUESTIONARIOS_PESQUISA_QUANTITATIVA.pdf)

Marini, J. A., & Rossi, L. A. (2005). Sistematização do dimensionamento técnico e econômico de sistemas fotovoltaicos isolados por meio de programa computacional. *Engenharia Agrícola*, 25, 67-75. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100008>.

Moura, D. M. D. D. (2022). *Viabilidade de implementação de sistema fotovoltaico off grid em residências sem acesso a rede de distribuição de energia elétrica: estudo de caso aos ribeirinhos no município de santarém-pa* (Bachelor's thesis) <https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/1893/1/TCC%20Dielho%20Mariano%20Dantas%20de%20Moura>

Rodrigues, A. G., & Freitas, F. B. (2022). Estudo da viabilidade de implantação do sistema de energia solar fotovoltaica como alternativa para a crise energética brasileira. *Epitaya E-books*, 1(2), 154-197. <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/346/270> Acesso em:25

Uchiyama, L. D. L. (2008). *Energia elétrica - impactos socioeconômicos e as condições das famílias do espaço rural de Manaus*. 2008. 58 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.