

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



Sessão Temática 7: Agenda 2030 e desenvolvimento sustentável

IMPACTOS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA

IMPACTS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS ON THE DISTRIBUTED GENERATION OF ELECTRIC ENERGY

IMPACTOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Maicon Rafael Hammes¹, Argemiro Luis Brum², Igor Miguel Uzeika Garlet³, Anderson Felipe Kleinpaul⁴

¹ Doutorando do PPGDR da Unijuí; Bolsista Prosuc/Capes; Professor do curso de Engenharia de Controle e Automação da Faculdade Horizontina.

² Professor Doutor em Economia Internacional – PPGDR Unijuí.

³ Acadêmico do curso de Engenharia de Controle de Automação da Faculdade Horizontina.

⁴ Acadêmico do curso de Engenharia de Controle de Automação da Faculdade Horizontina.

RESUMO

A geração de energia a partir do sol é uma das principais alternativas para a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis e reduzir o custo mensal de energia elétrica, além de integrar um sistema descentralizado de geração de energia, não dependendo somente de uma fonte principal. O objetivo geral do estudo foi verificar como ocorre a integração e os impactos causados pelos sistemas fotovoltaicos nas redes de geração de energia distribuída. O estudo foi baseado em uma pesquisa exploratória com abordagem qualitativa em fontes científicas de artigos e livros relacionados com os temas de sistemas fotovoltaicos e geração distribuída de eletricidade, obtendo maior conhecimento nestes assuntos e possibilitando entender a relação entre os mesmos e identificar os impactos desta relação. Foi possível concluir que a utilização de sistemas fotovoltaicos integrados às demais fontes de geração de energia em um sistema descentralizado reduzem a grande dependência das grandes usinas, principalmente as hidrelétricas, a partir da energia gerada e injetada na rede, além de ser uma fonte renovável e não necessitar de um espaço ambiental dedicado para sua instalação.

Palavras-chave: Solar. Descentralização. Integração.

RESUMEN

La generación de energía a partir del sol es una de las principales alternativas para generar electricidad a partir de fuentes renovables y reducir el costo mensual de la electricidad, además de integrar un sistema de generación de energía descentralizado, no dependiendo solo de una fuente principal. El objetivo general del estudio fue verificar cómo se produce la integración y los impactos que provocan los sistemas fotovoltaicos en las redes de generación de energía distribuida. El estudio se basó en una investigación exploratoria con enfoque cualitativo en fuentes científicas de artículos y libros relacionados con los temas de sistemas fotovoltaicos y generación eléctrica distribuida, obteniendo un mayor conocimiento sobre estos temas y

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



posibilitando comprender la relación entre ellos e identificar los impactos de esta relación. Se pudo concluir que el uso de sistemas fotovoltaicos integrados con otras fuentes de generación de energía en un sistema descentralizado reduce la gran dependencia que tienen las grandes centrales, en especial las hidroeléctricas, de la energía generada e inyectada a la red, además de ser renovable. fuente y no necesita un espacio ambiental dedicado para su instalación.

Palabras clave: Solar. Descentralización. Integración.

ABSTRACT

Power generation from the sun is one of the main alternatives for generating electricity from renewable sources and reducing the monthly cost of electricity, in addition to integrating a decentralized power generation system, not depending only on one main source. . The general objective of the study was to verify how the integration occurs and the impacts caused by photovoltaic systems in distributed energy generation networks. The study was based on an exploratory research with a qualitative approach in scientific sources of articles and books related to the themes of photovoltaic systems and distributed electricity generation, obtaining greater knowledge on these subjects and making it possible to understand the relationship between them and identify the impacts of this relationship. . It was possible to conclude that the use of photovoltaic systems integrated with other sources of energy generation in a decentralized system reduces the great dependence of large plants, especially hydroelectric plants, from the energy generated and injected into the grid, in addition to being a renewable source and not need a dedicated environmental space for its installation.

Keywords: Solar. Decentralization. Integration.

INTRODUÇÃO

A energia disponibilizada pelo Sol é natural, gratuita e inesgotável, podendo ser transformada de várias formas, sendo as mais conhecidas, a energia térmica e elétrica. Dessa forma, a utilização de sistemas fotovoltaicos para conversão da energia do sol e geração de eletricidade é uma fonte de energia alternativa com grande potencial e viabilidade de instalação (PINHO; GALDINO, 2014). Um sistema fotovoltaico pode ser implementado em construções já existentes, não gerando maiores custos de instalação, o que reduz investimento de aquisição. Também, com o dimensionamento correto do sistema para o consumo do usuário final, o valor mensal da conta de eletricidade pode ser reduzido.

A eficiência energética é um assunto bastante discutido pela sociedade uma vez que as fontes renováveis são muito vistas no cotidiano como algo inovador. Essas fontes podem ser várias como hídrica e eólica, mas em específico a solar por meio de geração em painéis fotovoltaicos é uma das mais populares no momento. Ao mesmo tempo, esses sistemas fotovoltaicos podem gerar alguns impactos na geração distribuída, principalmente na redução da dependência de grandes usinas geradoras de energia.

O presente trabalho tem como objetivo analisar o funcionamento da geração distribuída de energia por sistema fotovoltaico. Para Alves (2019), a utilização de sistemas fotovoltaicos, traz

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



benefícios para o usuário, como reduzir ou eliminar a fatura de energia, dependendo do sistema utilizado na residência. Além disso, proporciona poder de escolha do consumidor de qual fonte de energia usar, essa geração também gera benefícios à sociedade, com a redução de emissão de gases poluentes de sistemas fósseis, que irão causar o efeito estufa. Outro benefício é a disponibilidade de mais uma fonte na grade energético do Brasil, conseguindo aliviar o alto consumo de sistemas atuais.

O território brasileiro apresenta oportunidade de utilização para sistemas fotovoltaicos porque o nível de irradiação solar do Brasil é superior ao de outros países como da Europa (PINHO; GALDINO, 2014). Porém, a geração distribuída pode encontrar alguns problemas na sua estrutura. A aplicação em larga escala pode proporcionar uma instabilidade na qualidade de distribuição de energia nas redes, afetando equipamentos, com isso à importância em um estudo maior daqui pra frente, para garantir uma aplicação segura ao consumidor (WAENGA; PINTO, 2016).

Este estudo está estruturado em capítulos. Além desta introdução e conclusão temos a metodologia aborda os passos seguidos para a realização do estudo. Na sequência, em desenvolvimento, o referencial teórico que contempla especialmente conceitos sobre geração distribuída e sistemas off-grid e on-grid utilizados em sistemas fotovoltaicos. Por fim, em resultados e discussão o estudo de caso bem como sua análise são apresentados.

METODOLOGIA

Além de benefícios à sociedade como um todo, a energia fotovoltaica é mais uma opção energia na grade brasileira, reduzindo a necessidade de produção em grandes usinas. Portanto, questiona-se: Quais os impactos do uso de geração distribuída de energia por sistema fotovoltaico?

O objetivo do estudo foi analisar o funcionamento da geração distribuída de energia por sistema fotovoltaico, mostrando os principais impactos que essa geração irá trazer nas redes de distribuição atuais. Da mesma forma, trazer resultados relacionados aos benefícios da energia fotovoltaica para os usuários, seja ela sustentabilidade ambiental ou a redução na conta de luz utilizada na residência.

Quanto a natureza a pesquisa é classificada como básica pois seu propósito é gerar novos conhecimentos sobre o assunto. Trata-se de um estudo exploratório e descritivo pois os pesquisadores desejavam conhecer com maior profundidade a geração de energia distribuída por meio de sistema fotovoltaico (CRESWELL, 2021).

Também foi realizado levantamento bibliográfico realizado sobre o assunto para gerar embasamento teórico sobre o tema. Tal pesquisa ocorreu a partir de fontes confiáveis como, artigos, livros e trabalhos publicados. Realizou-se também um estudo de campo para conhecer na prática o funcionamento do referido sistema (GIL, 2018). Neste sentido, foi realizada visita em uma propriedade que conta com sistema de geração de energia distribuída por meio de painéis fotovoltaicos onde, além de conhecer o sistema, foram analisados parâmetros do sistema de controle da usina instalada na propriedade.

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



DESENVOLVIMENTO

Referencial Teórico

A partir do início do uso da corrente alternada e do desenvolvimento de transformadores de tensão elétrica, foi possível distribuir a energia gerada pelas primeiras fontes de geração disponíveis à diversos pontos de consumo. Para fazer a distribuição, desde as primeiras redes elétricas, são utilizadas linhas de transmissão com grande extensão, bem como pontos geradores de alta capacidade para suprir as demandas, principalmente das grandes cidades, onde, a cada dia, surgem novas tecnologias que são atreladas ao consumo de eletricidade para entrar em operação (MIRANDA, 2013).

O Brasil tem a sua principal fonte de geração de energia elétrica como sendo a hidrelétrica, por apresentar uma grande disponibilidade hídrica para a instalação de usinas que operam nesta modalidade. Esta fonte de geração de energia é considerada renovável, ou seja, utiliza recursos que são inesgotáveis a longo prazo, onde a matéria prima pode ser restaurada no meio ambiente. Porém, devido ao crescente aumento do consumo de energia elétrica, alterações causadas pelo ser humano no ambiente e oscilações climáticas, causando a diminuição do nível de água de rios e reservatórios, a geração de energia das usinas hidrelétricas é afetada. Dessa forma é necessário acionar outras fontes, mais caras e não renováveis, como as usinas termelétricas alimentadas com combustíveis fósseis (ALVES, 2019).

No Brasil, existe grande incidência de luz solar durante todo o ano, seja em grandes centros urbanos ou locais isolados, além do que, na superfície terrestre é irradiada energia proveniente do Sol para atender dez mil vezes o consumo de energia do planeta em um ano. Essa energia, pode ser aproveitada e transformada em energia térmica, para o aquecimento de água e em energia elétrica, com sistemas de geração de energia fotovoltaica, sendo uma alternativa para integrar o sistema elétrico, movimentando a economia e desafogando as demais fontes de geração de energia utilizadas (ALVES, 2019).

Um sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica tem seu princípio de funcionamento baseado na conversão direta da energia existente na luz solar em eletricidade, onde ocorre o efeito fotovoltaico (PINHO; GALDINO, 2014). A Figura 1, apresenta um conjunto de módulos fotovoltaicos instalados em um telhado, estes são os responsáveis pelo funcionamento do sistema.

Figura 1 - Conjunto de placas fotovoltaicas instaladas em um telhado.



Fonte: RIGON (2021).

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



PROMOTORES:



APOIO:



Os componentes principais e responsáveis pela conversão da luz solar em eletricidade são as células fotovoltaicas. Estas, funcionam formando um conjunto chamado módulo fotovoltaico, também conhecido como placa ou módulo solar, construída com materiais semicondutores, tendo principalmente o silício que pode ser manipulado de diversas formas. A energia do Sol é convertida em eletricidade e sai do módulo em forma de corrente contínua, a qual necessita de conversão para corrente alternada, o tipo de corrente utilizado comumente por todos os consumidores de energia da rede de distribuição para alimentar seus equipamentos elétricos (PINHO e GALDINO, 2014).

Para realizar a conversão da energia fornecida em corrente contínua pelas placas solares há necessidade de outro componente importante do qual é composto um sistema fotovoltaico, o inversor de tensão. A Figura 2 a mostra um inversor de tensão, utilizado nos sistemas comuns de geração de energia fotovoltaica.

Figura 2 - Inversor de tensão para sistemas fotovoltaicos.



Fonte: Elysia (2017).

O inversor fica posicionado entre os módulos solares, dispositivos de segurança e o medidor de energia do local de instalação do sistema e é responsável por receber energia elétrica de uma fonte de corrente contínua, onde, neste caso, é proveniente das placas fotovoltaicas e enviar para a rede elétrica em forma de corrente alternada. A energia injetada na rede elétrica pelo inversor deve estar de acordo com as características da tensão que circula na mesma, portanto o inversor instalado deve ter especificações que atendam estes requisitos, onde, no Brasil, são utilizadas, em ambiente residencial, tensões de 110V e 220V e frequência de 60Hz, sendo a tensão variável nas diversas regiões do país (PINHO; GALDINO, 2014).

Grande parte dos sistemas fotovoltaicos são instalados com o propósito de ser uma usina geradora de energia elétrica, sendo assim, o consumidor também está conectado e utiliza a energia vinda da rede da concessionária de energia, sistema chamado on-grid. A Figura 3 apresenta o esboço de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição (FREITAS, 2017).

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



PROMOTORES:



APOIO:



Figura 3 - Esboço de sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia elétrica.

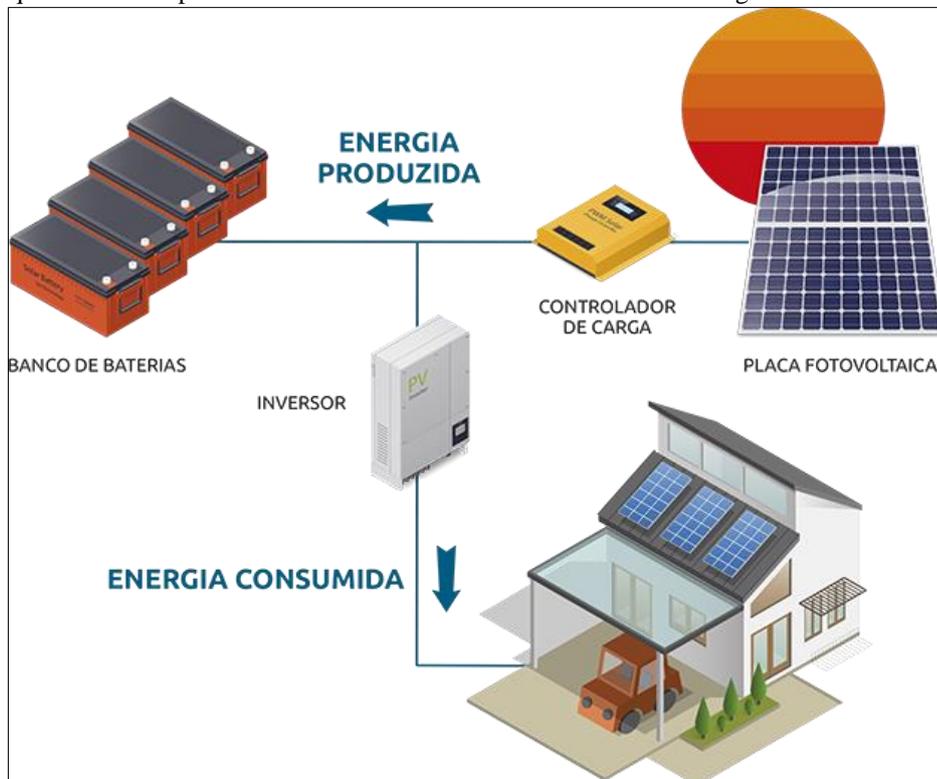


Fonte: Rosa (2017).

A energia gerada pela usina fotovoltaica está conectada à rede de distribuição, porém, antes dela, está o medidor, que registra a quantidade de energia produzida e injetada na rede, bem como a que foi consumida da concessionária. Esta energia gerada pela usina é convertida em créditos na concessionária, que são abatidos do consumo mensal, tendo como custo, considerando que o sistema consiga suprir 100% do consumo, apenas uma taxa fixa em relação aos serviços prestados. Normalmente, em épocas de maior exposição solar, a usina gera energia suficiente para suprir as necessidades de consumo e gerar créditos que compensam as épocas do ano em que a geração é menor devido ao menor tempo de luz solar convertida em eletricidade. Sendo assim, esta caracterização do sistema fotovoltaico se torna mais econômica e garante maior eficiência, além de não necessitar de uma área de terra específica para a instalação, sendo o sistema acoplado em construções já existentes (FREITAS; NARUTO, 2017).

Também, são utilizados sistemas fotovoltaicos não conectados à rede elétrica de uma concessionária, mas sim, a um banco de baterias que armazenam toda a energia gerada, sendo este o sistema off-grid. Normalmente esse tipo de sistema é utilizado em locais isolados, onde não há infraestrutura de rede elétrica, ou a sua instalação é impossibilitada por algum fator. Também utilizam o sistema com essa característica, dispositivos ou equipamentos que também são instalados em locais remotos onde uma instalação elétrica possui um custo elevado (FREITAS, 2017; PINHO, 2008; NARUTO, 2017). A Figura 4 representa um esquema dos componentes básicos de um sistema fotovoltaico off-grid.

Figura 4 - Esquema dos componentes utilizados em um sistema fotovoltaico off-grid.



Fonte: Eco Aquecedores (2022).

Os componentes principais do sistema do tipo off-grid, além dos módulos fotovoltaicos já existentes em sistemas on-grid, são instalados o controlador de carga, um conjunto de baterias interligadas formando o banco de baterias e o inversor. O funcionamento se dá a partir da conversão da energia irradiada pelo sol em eletricidade pelas placas solares em energia elétrica, esta energia passa para o controlador de carga que irá adequar a tensão em corrente contínua distribuída pelas placas para o correto carregamento das baterias, onde normalmente são utilizadas com funcionamento de 12V, sendo assim o controlador irá passar para as mesmas cerca de 13,8V, a tensão adequada para o carregamento seguro das baterias.

A Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece que qualquer consumidor de energia elétrica pode gerar sua própria energia através de fontes renováveis, além de permitir que o sistema de geração forneça o excedente para a rede elétrica local. Nesse contexto, foram estabelecidos alguns parâmetros preliminares entre os sistemas de microgeração e minigeração. Os sistemas de microgeração, utilizam potência de 75 kW ou menor, ou fontes de energia renováveis ligadas à rede elétrica das distribuidoras, seguindo a regulamentação disponibilizada pela ANEEL. Os sistemas de minigeração, tendo como potência máxima de 3 MW e mínima de 75 kW para fontes do tipo hídricas, ou menor 5 MW, ou fontes de energia renováveis ligadas à rede elétrica das distribuidoras, seguindo a regulamentação disponibilizada pela ANEEL.

A Lei Federal Nº 14.300 de 6 de janeiro de 2022, funda o marco legal da minigeração e microgeração distribuída de energia elétrica. Uma das principais pautas tratadas é a valorização

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



PROMOTORES:



APOIO:



dos créditos, além de ser 100% sobre o produzido, passam a ser regulamentados pela ANEEL e devem passar obrigatoriamente pelos cálculos da SCEE (Sistema de Compensação de Energia Elétrica), onde a energia gerada pela usina do consumidor é injetada como um empréstimo para ser compensada no final do mês.

Antes da maior utilização de sistemas de mini e microgeração de energia elétrica, em nosso sistema elétrico predominava puramente a geração convencional de energia, onde a mesma era gerada em uma grande usina que centralizava a geração, transmitida por linhas de alta tensão, passando por transformadores, linhas de média e baixa tensão até chegar ao consumidor final. Já com a utilização de sistemas próprios de geração de energia elétrica pelos consumidores, tornou-se comum o conceito da geração distribuída, onde a produção de energia é instalada junto ao consumidor, tendo tamanhos variados e utilizando as mais variadas formas e características de geração, dessa forma a energia gerada pelo sistema é injetada diretamente na rede elétrica da concessionária criando assim um fluxo reverso de energia em relação ao que ocorre na geração convencional (NARUTO, 2017).

Em um conceito básico, pode-se considerar que a geração distribuída, ou descentralizada, funciona com sistemas de baixa capacidade de geração de energia, sendo estes, usinas de micro e minigeração, onde a potência instalada não é determinante para a caracterização do sistema. Normalmente, estas usinas ficam localizadas próximas dos pontos centrais de consumo da rede elétrica, não necessitando, dessa forma, de uma grande rede de distribuição para a energia gerada ser injetada no sistema elétrico local, podendo estar inserida nos segmentos residencial, comercial e industrial (VIDAL, 2017).

A seguir serão apresentados os resultados obtidos através da pesquisa realizada, que tem o objetivo de verificar a relação que existe entre a utilização de sistemas fotovoltaicos e a descentralização da geração de energia elétrica, fazendo uma análise de como estes conceitos funcionam e se relacionam, extraíndo desta, os impactos causados pela geração de energia a partir do sol nas redes elétricas que trabalham com o conceito de geração distribuída.

Resultados e Discussão

A utilização de sistemas fotovoltaicos em grande escala pode ser considerada recente, o que ocorreu principalmente devido à diminuição do custo de implantação a partir de incentivos governamentais e do desenvolvimento técnico do sistema, principalmente com relação aos módulos ou placas solares, diminuindo o custo de aquisição do sistema (NARUTO, 2017).

A utilização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição de energia é na verdade a instalação de uma usina de microgeração de energia elétrica, onde a mesma não irá de fato alimentar diretamente os equipamentos elétricos do local, mas sim gerar energia e injetar a mesma na rede elétrica da concessionária. O processo ocorre a partir da luz solar que incide nos módulos solares e é convertida em eletricidade em corrente contínua, após isso o inversor de tensão converte a eletricidade para corrente alternada injetando a mesma na rede elétrica do local onde o sistema está instalado (PINHO, 2014).

Para ser feita a instalação de um sistema deste tipo, é necessária uma análise de consumo em um determinado período. Dessa forma é possível implantar uma usina que pode atender total

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



PROMOTORES:



APOIO:



ou parcialmente a demanda de eletricidade do consumidor, diminuindo assim sua conta de energia na modalidade atual de funcionamento (ROSA, 2017).

Os sistemas de geração de energia elétrica a partir do sol são encontrados, normalmente, em dois tipos de utilização, sendo elas a de sistemas conectados à rede elétrica local, sendo o on-grid, e sistemas independentes, chamados off-grid. A relação destes sistemas com a geração distribuída se dá a partir da interligação da rede de distribuição com o sistema fotovoltaico, onde se tem o conceito de um sistema bidirecional com a energia gerada pelo sol sendo injetada na rede elétrica local e o consumo de energia vinda pela mesma, sendo este um dos casos de maior utilização (MIRANDA, 2013).

O modo de utilização do sistema individual com banco de baterias é uma solução para levar eletricidade a comunidades isoladas nas localidades do interior do país. Nestes locais isolados, por estarem muito distantes das redes de distribuição de eletricidade, até mesmo estando isolados por água, é impossibilitada a instalação das redes convencionais para fornecimento de energia elétrica devido a altos custos e problemas de infraestrutura, sendo assim, são instalados sistemas fotovoltaicos que alimentam uma estrutura de baterias que fornecem energia para os equipamentos utilizados.

Os sistemas fotovoltaicos possuem grandes vantagens em relação a sua utilização, primeiramente por utilizar uma fonte renovável para geração de energia, não agredindo o meio ambiente, além da grande durabilidade dos módulos solares, não gerando poluição direta por não ser necessária a troca constante dos componentes. A instalação destes sistemas não demanda de áreas de terra específicas, a grande maioria são de propriedade dos consumidores diretos de energia elétrica, dessa forma a instalação é feita em edificações já construídas, utilizando normalmente o telhado de casas e edifícios (ROSA, 2017).

Também pode-se verificar que um sistema de energia solar gera uma diminuição do custo de eletricidade a médio e longo prazo, grande vida útil dos componentes, principalmente dos módulos solares, instalação facilitada por ser adicionado à construção existente desde que a incidência de sol seja viável. Geração de grande quantidade de energia, desde que o sistema esteja bem dimensionado e instalado e baixo custo da manutenção, sendo necessário apenas fazer a limpeza dos módulos a cada ano (NARUTO, 2017).

Estes sistemas possuem várias vantagens, bom funcionamento e grande potencial de geração, garantem o retorno do investimento. As desvantagens deste sistema estão relacionadas ao custo inicial de instalação, que foi facilitado nos últimos anos, mas será compensado com sua utilização, a influência de condições climáticas para geração de eletricidade de forma eficiente e também a dependência do fornecimento de energia por parte da concessionária.

Foi realizada uma análise das estatísticas de funcionamento de um sistema fotovoltaico instalado em uma residência na cidade de Horizontina-RS. Primeiramente, foram verificadas quais as informações de consumo utilizadas para o dimensionamento do projeto, sendo focando no consumo médio mensal para analisar, posteriormente, a eficiência energética e se há excedente para compensação de consumo. A Tabela 1 apresenta os dados de consumo mensal e a média geral de utilização por mês de eletricidade que foram utilizados pela empresa fornecedora do sistema para fazer o dimensionamento do mesmo.



Tabela 1 – Consumo mensal de energia utilizado para o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

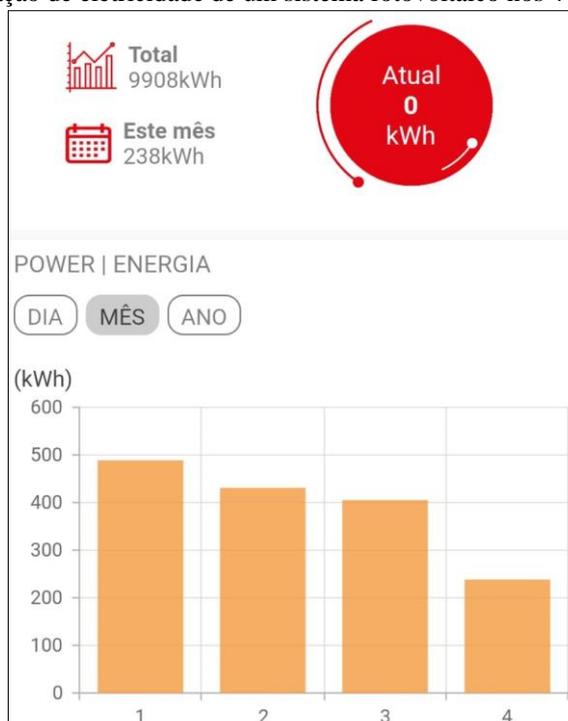
Mês	Consumo (kWh)
Janeiro	397
Fevereiro	343
Março	325
Abril	237
Mai	282
Junho	251
Julho	248
Agosto	282
Setembro	260
Outubro	280
Novembro	298
Dezembro	329
Consumo Médio Mensal	295

Fonte: Os autores (2022).

Os dados analisados são referentes ao consumo mensal em um ano, fazendo a média de consumo por mês, foi identificado que a média de consumo de eletricidade é de 295 kWh. Também, analisando os mesmos dados, pode-se identificar que os meses do período de maior temperatura, sendo janeiro, fevereiro, março e dezembro apresentam maior consumo, principalmente devido a utilização de equipamentos como o ar-condicionado.

A partir da análise dos dados de consumo, foram verificados os dados de produção de eletricidade pelo sistema fotovoltaico, armazenados e consultados no aplicativo do fabricante do inversor de tensão. A Figura 5 apresenta dados de geração de energia dos meses de janeiro, fevereiro, março e até o dia 21 de abril do ano de 2022.

Figura 5 - Estatísticas da geração de eletricidade de um sistema fotovoltaico nos 4 primeiros meses de 2022.



Fonte: Os autores (2022).

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



PROMOTORES:



APOIO:



Os dados analisados no aplicativo apresentam a produção de eletricidade nos meses de janeiro, fevereiro, março e 21 dias de abril, representados respectivamente, no gráfico, pelos números 1, 2, 3 e 4. Verificando de forma direta no aplicativo, foram extraídos dados mais exatos de produção, para janeiro foram 488,6 kWh, fevereiro 430,8 kWh, março 405,1 kWh e 238,1 registrados até o dia 21 de abril, do ano de 2022. Dessa forma é possível determinar, de forma básica, que é gerada energia elétrica suficiente para compensar a média de consumo mensal e gerar créditos excedentes na concessionária, compensando menor produção em meses de menor incidência de Sol. Não foi possível fazer uma análise detalhada de cada mês do ano anterior devido a limitações do aplicativo.

O conceito de geração distribuída de energia elétrica é utilizado recentemente, o que determinou o início da utilização deste foi o desenvolvimento de estudos em relação à sistemas de geração configurados como usinas de mini e microgeração, principalmente utilizando fontes renováveis de geração de energia elétrica. As fontes principais de energia utilizadas anteriormente somente em sistemas de geração centralizada ainda suprem a maior parte da demanda, na geração de energia centralizada a energia é gerada em uma usina e transmitida através de redes de distribuição até os consumidores, já no modo de interligação das diversas fontes de energia ocorrem as situações de pontos bidirecionais, onde a energia é gerada nas fontes de maior capacidade e distribuídas por redes de transmissão até os pontos consumidores, onde estes, no caso de possuírem uma usina, estarão consumindo e injetando energia na rede elétrica (MIRANDA, 2013).

A geração distribuída não funciona somente com a interligação da geração convencional com usinas instaladas nos pontos consumidores, também são conectados pontos específicos para geração de energia elétrica como usinas fotovoltaicas e eólicas de alta capacidade, além de fontes não renováveis como as termelétricas. As usinas que utilizam principalmente a energia solar são as mais encontradas devido a disponibilidade de energia do sol ser maior em todo o território brasileiro em relação às características necessárias para implantação de uma usina eólica (ROSA, 2017).

Com a instalação de usinas de baixa capacidade nos próprios pontos consumidores de eletricidade, pelo fato destes estarem localizados próximos da rede de distribuição, não há a necessidade da utilização de grandes redes de transmissão. O ponto principal é que a energia produzida que é encaminhada para a concessionária possui as mesmas características da energia que está circulando por ela, tendo o mesmo valor de tensão, podendo ser 110V ou 220V, variando em cada região do país, sendo assim, não há custo de modificação da rede de baixa tensão por parte da concessionária de energia (NARUTO, 2017).

A geração de energia distribuída ou descentralizada pode integrar usinas geradoras que utilizam diversas fontes de energia e capacidades. Não são encontrados somente sistemas fotovoltaicos de pequena capacidade, mas também usinas dedicadas para produção de grande quantidade de energia que podem estar localizadas distantes das fontes principais de energia da geração convencional e próximas dos consumidores, injetando na rede elétrica local a energia produzida, dessa forma integrando e fazendo entender o conceito de funcionamento da geração distribuída (PINHO, 2014).

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



PROMOTORES:



APOIO:



A partir dos estudos realizados no desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos ocorreu a diminuição do custo de aquisição de um sistema completo, dessa forma possibilitando que consumidores comuns de energia elétrica fizessem a instalação do mesmo em sua residência, o que também é possibilitado pela Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL. Esta normativa além de estabelecer que qualquer consumidor pode gerar a sua própria energia, também autoriza a compensação da energia produzida em sistemas do tipo on-grid na concessionária.

Para ocorrer a compensação de energia elétrica, antes do sistema fotovoltaico on-grid entrar em funcionamento se faz necessária a instalação de um medidor de energia do tipo bidirecional, ou seja, registra e armazena a informação da quantidade de energia que foi injetada na rede pelo consumidor proprietário da usina e a quantidade consumida da eletricidade fornecida pela concessionária. No final de cada mês a concessionária faz a leitura da informação do medidor, com isso, a energia produzida é utilizada para compensar o consumo do período e o excedente, se houver, é registrado para ser descontado dos períodos de menor produtividade, dessa forma, diminuindo o valor da conta de energia para o consumidor (MIRANDA, 2013).

A partir do uso de usinas fotovoltaicas integrando a rede de geração de eletricidade distribuída em vários pontos, percebe-se que as usinas principais ainda são a maior fonte de energia e representam grande importância para o sistema elétrico do país. Porém, com a energia injetada por vários sistemas fotovoltaicos de pequena e grande capacidade pode ser considerado que, durante os períodos do ano e do dia em que há grande disponibilidade de luz solar é exigido menos potência dos pontos principais de geração de energia. Sendo assim pode-se gerenciar a demanda exigida das grandes usinas, além de possibilitar que não seja necessário o acionamento de usinas termelétricas, pois estas normalmente utilizam combustíveis fósseis como fonte de energia para seu funcionamento além de gerar um maior custo de aquisição para o consumidor final (ROSA, 2017).

CONCLUSÃO

A partir do estudo, foi possível compreender, de forma simplificada, o funcionamento de um sistema de geração de energia fotovoltaica e do conceito de geração descentralizada de eletricidade. Com isso foi possível analisar a relação recente que existe entre os sistemas, devido aos mesmos existirem em grande maioria de forma integrada. Também com o entendimento de cada sistema, pode-se verificar alguns problemas que são resolvidos e quais necessitam de maiores estudos e desenvolvimento em relação a tecnologia.

Na realização do estudo foram observadas lacunas de pesquisa, onde, considerando que a geração de energia a partir do sol se dá durante o período diurno, a noite não temos esse recurso em funcionamento, necessitando realocar a demanda de energia para as fontes de maior capacidade como as hidrelétricas e termelétricas, sendo que a última gera um custo maior para o consumidor. Não foram encontradas, nas referências utilizadas, soluções para este problema, sendo algo a se estudar posteriormente.

Pode-se afirmar que a geração de energia solar possui vários benefícios com sua utilização, primeiramente para a questão ambiental e financeira dos consumidores, mas também no sentido de o sistema não necessitar de um espaço específico para instalação, sendo adaptado em

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



construções existentes e também em relação à disponibilidade de energia do sol para ser aproveitada no Brasil.

A geração distribuída se tornou um conceito interessante de distribuição de energia, integrando várias fontes em diversos locais, podendo realocar as demandas de energia utilizando fontes de menor custo e poluição. A integração entre os dois sistemas é a união de uma fonte renovável de eletricidade que em grande de um dia é capaz de retirar parte da demanda de energia das grandes fontes.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. [Constituição (2012)]. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2022.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **ENERGIA SOLAR: ESTUDO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID E OFF-GRID.** 76 p. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, 2019. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRRAFIA_EnergiaSolarEstudo.pdf. Acesso em: 12 mar. 2022.

CRESWELL, David; CRESWELL, John. **Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto.** 5. ed. São Paulo, 2021. ISBN 978-65-81334-19-2. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786581334192/epubcfi/6/2\[%3Bvnd.vst.idref%3Dcover.xhtml\]!/4/2\[page_i\]/2%4051:1](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786581334192/epubcfi/6/2[%3Bvnd.vst.idref%3Dcover.xhtml]!/4/2[page_i]/2%4051:1). Acesso em: 21 abr. 2022.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. [Constituição (2022)]. **LEI Nº 14.300,** 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em: 18 abr. 2022.

ELYSIA, **As características do inversor solar grid-tie: tudo o que você precisa saber sobre o equipamento que é o coração do sistema fotovoltaico - Parte 3.** 14 jul. 2017. Disponível em: <https://elysia.com.br/inversor-solar-grid-tie/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

FREITAS, Susana Sofia Alves. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.** . 104 p. Relatório para obtenção de grau (Engenharia Industrial), 2008. Disponível em: https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/2098/1/Freitas_Susana.pdf. Acesso em: 18 mar. 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018. 173 p. v. 6. ISBN 978-85-97-01292-7. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597012934/epubcfi/6/10\[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml4\]!/4/24/1:29\[Cal%2Cau\]](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597012934/epubcfi/6/10[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml4]!/4/24/1:29[Cal%2Cau]). Acesso em: 8 abr. 2022.

MIRANDA, Raul Figueiredo Carvalho. **ANÁLISE DA INSERÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO SETOR RESIDENCIAL**

III SLAEDR

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

III ELAGS ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE GESTIÓN SOCIAL

VII SIDER SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL



DE 8 A 11 DE NOVEMBRO DE 2022



BRASILEIRO. Rio de Janeiro, 1 out. 2013. Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/miranda.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2022.

NARUTO, Denise Tieko. **VANTAGENS E DESVANTAGENS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA**. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, 2017. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020290.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

OLIVEIRA, Sérgio Henrique Ferreira. **Geração distribuída de eletricidade**. . 205 p. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, São Paulo, 2002. Disponível em: http://lsf.iee.usp.br/sites/default/files/Doutorado_Sergio_Ferreira_Oliveira.pdf. Acesso em: 11 mar. 2022.

PINHO, João Tavares. **Sistemas Híbridos: Soluções Energéticas para a Amazônia**. 1. ed. Brasília, 2008. ISBN 978-85-98341-02-6. Disponível em: https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf. Acesso em: 12 mar. 2022.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014. 530 p. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

ROSA, Rodrigo Santa. **Origem do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede**. 7 ago. 2017. Disponível em: <http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede---sfcron-grid>. Acesso em: 18 abr. 2022.

SECRETARIA-GERAL SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. [Constituição (2022)]. **LEI Nº 14.300**. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm. Acesso em: 18 mar. 2022.

VIDAL, Adriana Lopes. **ENERGIA SOLAR NO BRASIL: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NOS SETORES COMERCIAL E INDUSTRIAL**. 2017. 57 p. MONOGRAFIA DE BACHARELADO, 2017. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/4710/1/Monografia%202017.1%20-%20Adriana%20Lopes%20Vidal.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

WAENGA, Aline Fontes Cordeiro; PINTO, Dayana Araújo Ferreira. **IMPACTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**. 2016. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (ENGENHARIA ELÉTRICA), Curitiba, 2016. p. 105. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9955/1/CT_COELE_2016_1_18.pdf. Acesso em: 18 mar. 2022.