



UNIARA

Universidade de Araraquara

ENERGIA FOTOVOLTAICA: SISTEMA ON GRID (SISTEMA CONECTADO À REDE ELÉTRICA)

PHOTOVOLTAIC ENERGY: ON GRID SYSTEM (SYSTEM CONNECTED TO THE ELECTRICAL GRID)

ENERGÍA FOTOVOLTAICA: SISTEMA EN RED (SISTEMA CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA)

Elcio Carlos da Silva¹, Danver Messias Bruno², Fabiana Florian³

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i11.2365>

PUBLICADO: 11/2022

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de realizar um estudo sobre a viabilidade econômica da geração de energia através do módulo fotovoltaico com o sistema *on grid* um sistema conectado à rede elétrica residencial. Foi realizada a pesquisa bibliográfica nas bases Scielo e Google a fim de revisar estudos dos sistemas de energias renováveis. Esta pesquisa se justifica devido à relevância tanto para a sociedade como para profissionais do setor de novas tecnologias ao que se refere a fontes renováveis de energia elétrica para um consumo consciente dos recursos naturais, a fim de informar e trazer conhecimentos de materiais, técnicas e processos para o desenvolvimento deste sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Energia. Fotovoltaica. Geração. Renovável. Viabilidade.

ABSTRACT

This work aims to carry out a study on the economic feasibility of generating energy through the photovoltaic module with the on grid system a system connected to the residential electrical grid. A bibliographic research was carried out in the Scielo and Google databases in order to review studies of renewable energy systems. This research is justified due to the relevance both for society and for professionals in the sector of new technologies with regard to renewable sources of electricity for a conscious consumption of natural resources, in order to inform and bring knowledge of materials, techniques and processes to the development of this system.

KEYWORD: Energy. Photovoltaic. Generation. Renewable. Viability.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo realizar un estudio sobre la viabilidad económica de la generación de energía a través del módulo fotovoltaico con el sistema on grid un sistema conectado a la red eléctrica residencial. La investigación bibliográfica se llevó a cabo en las bases de datos Scielo y Google a fin de revisar estudios de sistemas de energía renovable. Esta investigación se justifica por la relevancia tanto para la sociedad como para los profesionales del sector de las nuevas tecnologías con respecto a las fuentes renovables de electricidad para un consumo consciente de los recursos naturales, con el fin de informar y aportar conocimiento de materiales, técnicas y procesos para el desarrollo de este sistema.

PALABRAS CLAVE: Energía. Fotovoltaico. Generación. Renovable. Viabilidad.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. m

² Orientador. Mestre, Docente Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.

³ Coorientador. Doutora em Alimentos e Nutrição. Docente do curso de Engenharia Elétrica da UNIARA.

1. INTRODUÇÃO

Sobre o sistema de energia solar *on-grid*, ou sistema fotovoltaico conectado à rede, é o sistema que permanece conectado à rede de distribuição, assim, em momentos em que não há produção de energia, é possível utilizá-la da distribuidora e, em casos de excesso de produção, recebem-se créditos de energia.

O sistema fotovoltaico *on-grid* é formado por equipamentos com a função de converter a energia solar em eletricidade e, por serem ligados à rede, também podem inseri-la diretamente na rede elétrica, transferindo o excesso de energia gerada para a distribuidora e economizando até 95% da conta de luz, o sistema *on-grid*, não é necessário um investimento em baterias solares, barateando a instalação do sistema, além de reduzir sua conta de luz com a utilização dos créditos de energia, conforme o Artigo 14 do Decreto-lei nº 5.163, de 2004, que define a geração distribuída. O sistema fotovoltaico conectado à rede (*on-grid*) funciona a partir da captação da luz solar por meio dos painéis solares, gerando eletricidade em corrente contínua (CC), que passa pelo inversor solar e é convertida em corrente alternada (CA) e é distribuída para o imóvel. (PORTAL, 2022).

A grande diferença do sistema *on-grid* para o *off-grid* é o que acontece com a energia gerada em excesso: enquanto o sistema *off-grid* armazena a energia em baterias solares, o sistema *on-grid* transfere para a rede elétrica, gerando créditos de energia para serem usados posteriormente.

O Brasil é um país com quase 200 milhões de habitantes, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e se destaca como a quinta nação mais populosa do mundo. Em 2020, cerca de 95,2% da população tinha acesso à rede elétrica. Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), o país conta com mais de 61,5 milhões de unidades consumidoras em 99% dos municípios brasileiros. Destas, a grande maioria, cerca de 85%, é residencial. (ANEEL, 2021).

Portanto, este artigo tem como objetivo informar e posicionar muitas das opções para a viabilidade econômica na geração de energia através de novas tecnologias as quais estão em grande crescimento por vários países inclusive o Brasil bem como a energia solar.

Quanto a metodologia, foi realizada pesquisa bibliográfica como procedimento inicial, seleção da literatura de interesse.

Várias são as tecnologias para os segmentos da transmissão e da distribuição. A transmissão atua no atacado do mercado de energia elétrica, já a distribuição atua no varejo, atendendo, em conexão direta, os consumidores urbanos e rurais que necessitam da energia. Enquanto a transmissão está associada a altos níveis de tensão e entrega de grandes blocos de energia a poucos centros consumidores, a distribuição se faz por níveis mais baixos de tensão e pelo fornecimento de pequenas quantidades de energia a um grande número de consumidores finais (REIS, 2006)

Deve-se destacar que nas duas últimas décadas, a economia mundial foi tomada pela onda de desregulamentação. Por isso, a ampliação da competição na área de serviços públicos tem sido uma preocupação do Banco Mundial, e os monopólios estatais estão sendo submetidos, quando possível, a mercados mais livres. Além disso, naqueles setores onde a concorrência no mercado não é possível, tem sido feita a competição pelo mercado, sendo esses setores alvo de regulamentação ainda maior, devido ao potencial para abusos de monopólio (VINHAES, 2003).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A IMPORTÂNCIA DAS REDES DE DISTRIBUIÇÕES

De acordo com Leão (2011), as redes de distribuição alimentam consumidores industriais de médio e pequeno porte, bem como consumidores comerciais e de serviços e consumidores residenciais.

Para Leão (2011, p. 21-22) os níveis de tensão de distribuição são assim classificados em:

- Alta tensão de distribuição (AT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou superior a 69kV e inferior a 230kV.
- Média tensão de distribuição (MT): tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1kV e inferior a 69kV.
- Baixa tensão de distribuição (BT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1kV.

A Resolução 456/2000 da ANEEL em conjunto com o módulo 3 do Prodist, a tensão de fornecimento para a unidade consumidora se dará de acordo com a potência instalada:

- Tensão secundária de distribuição inferior a 2,3kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW;
- Tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW;
- Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: quando a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for superior a 2.500 kW.

Para Leão (2011), as tensões de conexão padronizadas para alta tensão e média tensão são: 138 kV (AT), 69 kV (AT), 34,5 kV (MT) e 13,8 kV (MT). O setor terciário, tais como hospitais, edifícios administrativos, pequenas indústrias, são os principais usuários da rede média tensão.

A rede de baixa tensão representa o nível final na estrutura de um sistema de potência. Um grande número de consumidores, setor residencial, é atendido pelas redes em baixa tensão, que são geralmente operadas de forma manual.

Em toda sociedade moderna, a energia elétrica representa a base do sistema produtivo, desde atividades industriais de grande porte como complexos siderúrgicos até no apoio aos hábitos cotidianos dos cidadãos por intermédio da iluminação residencial.

Neste contexto o sistema de distribuição de energia elétrica é entregar esse produto a todos os locais de consumo – indústrias, lojas, residências, escritórios, fazendas etc. – no montante e no nível de tensão desejado pelo consumidor.

De acordo com Reis (2001, p. 146):

Como outros serviços públicos, a distribuição de energia elétrica é direito do cidadão e é dever do Estado zelar por esse direito. Há casos em que o próprio Estado operacionaliza a distribuição através de empresas por ele controladas e, outros casos, em que o Estado concede a terceiros a exploração desse serviço segundo normas e procedimentos regulamentados e fiscalizados pelo poder público.

2.2 O PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO

No processo de distribuição e medição de energia existem problemas que levam a problemas, e o consumidor deve receber a energia elétrica na sua residência, tendo o Estado a responsabilidade de fazer cumprir esse direito, e o faz por meio de empresas controladas por ele ou concede a exploração a terceiros.

Segundo Reis (2001), a distribuição de energia elétrica é uma estrutura dinâmica constituída por linhas, subestações, redes de média e baixa tensão, que busca suprir as cargas, atendendo a requisitos técnicos e de qualidade no âmbito de um ambiente socioeconômico que lhe afeta e que por ele é influenciado.

O sistema elétrico do país é composto pelo Sistema Interligado Nacional (SNI) – uma grande rede de transmissão que permite o trânsito de energia entre as regiões do Brasil – e pelos sistemas isolados, localizados principalmente na região norte, cujas principais características são a limitação do intercâmbio de energia e a geração termelétrica (BRASIL, 2008, p. 8).

De acordo com Reis (2001), os hábitos de consumo de cada uma das modalidades (residenciais, comerciais, industriais, iluminação pública, poderes e serviços público e rural), determinam a forma com que esses consumidores solicitam o sistema de suprimento de energia. No entanto, a natureza da energia elétrica determina que a sua produção seja simultânea com o consumo, pois não é possível armazená-la em larga escala. Assim, os conceitos de energia e demanda se faz muito importantes para o perfeito entendimento de como os requisitos de carga do consumidor afetam o dimensionamento e a operação da rede.

Para Reis (2001, p. 09):

Uma certa quantidade de energia da rede é requerida por cada um dos consumidores, a cada intervalo de tempo, com o intuito de atender às suas necessidades. Geralmente essa demanda varia a cada instante, apresentando um comportamento cíclico cujo período é diário ou semanal. Desta forma, é possível estabelecer uma função temporal que expressa os requisitos de consumo de um dado tipo de consumidor em função do tempo. Tal função é denominada curva de carga. Quando o período de análise tem duração de um dia, a função é denominada curva diária de carga ou curva de demanda diária.

Para Vinhaes (2003), embora o setor elétrico brasileiro tenha obtido sucesso na disseminação do uso da eletricidade por consideráveis parcelas da população; o desempenho das empresas de eletricidade vinha se deteriorando ao longo do tempo em decorrência do gigantismo, da falta de flexibilidade e da excessiva interferência política na gestão dos seus negócios. Assim, um novo modo de regulação e de evolução do próprio setor se fez presente, de forma a retomar o padrão de acumulação e eficiência existente em grande parte dos países industrializados.

Segundo Vinhaes (2003), a produção, o transporte e distribuição de energia são atividades altamente intensivas no uso de capital, exigindo, em cada país, elevados investimentos, envolvendo

ativos muito específicos, os quais não teriam uso em outro tipo de indústria. Por um lado, isto dificulta a saída abrupta do mercado, já que estes ativos não possuem mercado secundário, e, por outro lado, restringe a entrada de novas empresas, devido ao volume de investimentos, constituindo, portanto, fortes obstáculos à entrada e saída nesta indústria. Isto limita a concorrência potencial e induz as empresas a ter um comportamento com menor grau de eficiência, e muitas com características de monopólio natural.

De acordo com Soares (1998), dentre os vários fatores que fizeram mudar o modelo de organização e de regulamentação estão as disfunções do próprio modelo de organização; as razões internas são o tipo de regulamentação e a falta de incentivos à eficiência, e as razões externas são decorrentes, principalmente, de profundas alterações macroeconômicas, tecnológicas, da gestão ambiental e do movimento neoliberal. A década de 80 é uma época de profundas modificações na estrutura, propriedade, regulação e desempenho das indústrias de eletricidade europeias. A década de 90 mostra modificações em outros países, como é o caso do Brasil e dos demais países da América Latina.

Existem algumas características que diferenciam o setor elétrico do Brasil de qualquer outro no contexto internacional. Por outro lado, há também algumas limitações e desafios para a introdução de um ambiente competitivo no setor elétrico brasileiro trazidos pela base geradora predominantemente hidráulica, pela ausência de sistema único de transmissão e pela forte concentração dos mercados regionais devido ao poder de mercado de empresas verticalmente integradas.

Santana e Oliveira (1998) chamam a atenção para o fato de que no caso brasileiro, a base geradora de energia elétrica tem a característica de ser eminentemente hidráulica (95%), com a geração térmica exercendo a função de complementaridade nos momentos de pico do sistema. As características do parque gerador fazem com que a geração elétrica brasileira requeira a coordenação da operação (despacho de energia) das usinas hidrelétricas para a otimização da utilização do parque instalado. Em sua grande maioria, os reservatórios de água das usinas são utilizados de forma planejada para que se possa tirar proveito da diversidade pluviométrica nas diferentes bacias existentes. Assim, a possibilidade de interligação de bacias localizadas em diferentes regiões geográficas assegura ao sistema brasileiro um importante ganho energético, pois, dessa forma, é possível tirar proveito das diferentes sazonalidades e dos níveis pluviométricos. Em função disso, o programa de despacho deve considerar um fator de restrição intertemporal, ou seja, definir o custo de oportunidade do uso da água armazenada em função da probabilidade de investimentos no futuro.

A Lei 9.427/96 criou a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que constituiu um divisor de águas na reforma regulatória do setor elétrico brasileiro, vez a tradição de regulação implícita das empresas de energia elétrica era exercida pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE); órgão subordinado ao Ministério de Minas e Energia. Nessa configuração tradicional, as políticas setoriais estavam diretamente subordinadas ao Poder Executivo, o que implicava na perseguição de objetivos muitas vezes contraditórios, tais como microeconômicos (eficiência produtiva), macroeconômicos (controle inflacionário e do *déficit* público) e sociais (universalização dos serviços).

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS

Uma pesquisa bibliográfica possibilita um amplo alcance de informações, além de permitir a utilização de dados diversos em inúmeras publicações, auxiliando também na construção, ou na melhor definição do quadro conceitual que envolve o objeto de estudo proposto (GIL, 1994). Podendo estabelecer que uma pesquisa bibliográfica e científica em campo possui afinidade com a definição combinada, por meio de um estudo de caso real.

A pesquisa realizada possui um foco de caso descritivo de acordo com Demo (1996, p. 34) que avalia a pesquisa como atividade cotidiana, considerando-a uma atitude, um “questionamento sistemático crítico e criativo, mais a intervenção competente na realidade, ou o diálogo crítico permanente com a realidade em sentido teórico e prático” e seu desenvolvimento após os assuntos propostos neste artigo científico.

A revisão bibliográfica e as informações de levantamento em campo foram realizadas entre o período março/2022 a setembro/2022 e em sites como o Scielo e Google entre outros canais eletrônicos nacionais e internacionais, com período entre março e setembro de 2022.

3.2 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Para a realização deste artigo seguindo as etapas de indicadores para uma pesquisa científica optou-se por adquirir informações através de profissionais do ramo das instalações dos módulos para funcionamento do sistema fotovoltaico, esses são profissionais são com uma vasta experiência no ramo de energias renováveis, foi utilizado também o uso de pesquisas disponíveis em livros, teses, artigos, normas e outros documentos relevantes ao tema proposto. Para o levantamento de dados foram utilizadas bases de conteúdo como a Scielo e Google a fim de revisar artigos e teses experimentais de estudo das novas tecnologias para uso da energias renováveis e suas instalações levando sempre em conta a política de preservação do meio ambiente. Esta pesquisa justifica se devido à relevância tanto para a sociedade como para profissionais do setor em grande desenvolvimento, a fim de trazer conhecimento de materiais, técnicas, instalações e conceitos para os benefícios para com a sociedade.

4. RESULTADOS

A energia elétrica, após ser gerada, utiliza diversos sistemas de transmissão e distribuição até seus consumidores.

Frente a busca pelo uso de energias renováveis, e com a crise energética, a energia solar fotovoltaica, vem apresentando-se como uma alternativa interessante na geração do sistema de energia elétrica.

A Energia Solar Fotovoltaica consiste na energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico), no qual o efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, teve-se o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão (CASTRO *et al.*, 2013).

De forma inicial o desenvolvimento da tecnologia apoiou-se na busca, por empresas do setor de telecomunicações, de fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas. O segundo agente impulsionador foi a "corrida espacial". A célula solar era, e continua sendo, o meio mais adequado (menor custo e peso) para fornecer a quantidade de energia necessária para longos períodos de permanência no espaço. Outro uso espacial que impulsionou o desenvolvimento das células solares foi a necessidade de energia para satélites. (CASTRO *et al.*, 2013).

A crise energética da década de 70 do século XX, ampliou-se o interesse em aplicações terrestres, buscando-se para tornar economicamente viável essa forma de conversão de energia, seria necessário, naquele momento, reduzir em até 100 vezes o custo de produção das células solares em relação ao daquelas células usadas em explorações espaciais. Modificou-se, também, o perfil das empresas envolvidas no setor. Nos Estados Unidos, as empresas de petróleo resolveram diversificar seus investimentos, englobando a produção de energia a partir da radiação solar (CASTRO *et al.*, 2013).

Segundo Castro *et al.*, (2013) no ano de 1993 a produção de células fotovoltaicas atingiu a marca de 60 MWp, sendo o Silício quase absoluto no "*ranking*" dos materiais utilizados. O Silício, segundo elemento mais abundante no globo terrestre, tem sido explorado sob diversas formas: monocristalino, policristalino e amorfo. No entanto, a busca de materiais alternativos é intensa e concentra-se na área de filmes finos, onde o silício amorfo se enquadra. Células de filmes finos, além de utilizarem menor quantidade de material do que as que apresentam estruturas cristalinas, requerem uma menor quantidade de energia no seu processo de fabricação, sendo que possuem uma maior eficiência energética.

Em conjunto com o processamento da energia fotovoltaica, de acordo com Rodrigues *et al.*, (2003) os sistemas de energia solar fotovoltaica devem apresentar algumas características relacionadas à segurança, eficiência e qualidade de energia. Existem algumas normas e recomendações internacionais como a IEEE Std 929-2000 e a UL 1741 que abordam diversos aspectos em relação à conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica.

Os sistemas energia solar fotovoltaica deve possuir proteções que o desconectem da rede elétrica quando esta estiver, por algum motivo, desligada, evitando assim, o chamado *ilhamento* (do inglês *islanding*), que é a energização de uma parte da rede elétrica que deveria estar desligada. Devem existir também proteções que tirem o sistema de operação quando a tensão ou a frequência da rede estiverem fora de padrões pré-determinados. A recomendação IEEE Std 929-2000 apresenta sugestões para os limites de operação do conversor.

A corrente elétrica aplicada na rede deve possuir baixo conteúdo harmônico. Os níveis de harmônicos permitidos são definidos na recomendação IEEE Std 519-1992 e variam de acordo com a influência do conversor no sistema elétrico.

Para Rodrigues *et al.*, (2003) o isolamento galvânico entre os painéis fotovoltaicos e a rede elétrica pode ser feito através de transformadores de baixa ou alta frequência. Neste último caso, o transformador é parte constituinte do conversor CC-CC isolado. Existe uma tendência nos sistemas mais modernos em utilizar transformadores de alta frequência (KJAER *et al.*, 2002). Em vários sistemas fotovoltaicos, a fim de uma diminuição de custos e de complexidade, o isolamento galvânico dos painéis

não é utilizado, o que traz dificuldades em relação ao aterramento dos mesmos. O isolamento dos painéis, embora não seja uma exigência de normas como a IEEE Std 929-2000, nem uma obrigatoriedade em países como Alemanha e Estados Unidos, é um requisito necessário em outros, como, por exemplo, Itália e Reino Unido. Assim, não existe uma uniformidade quanto aos requisitos de isolamento e aterramento por parte dos organismos de normalização internacionais, tais como IEEE e IEC, dentre outros (CALAIS *et al.*, 2002).

4.1 SISTEMA NET METERING

Segundo Gorini (2014) o *Net Metering* consiste em um sistema que utiliza medição bidirecional de energia elétrica e que faz a contabilização financeira de um saldo em um determinado período para uma dada instalação, como mostrado na figura 1 abaixo.

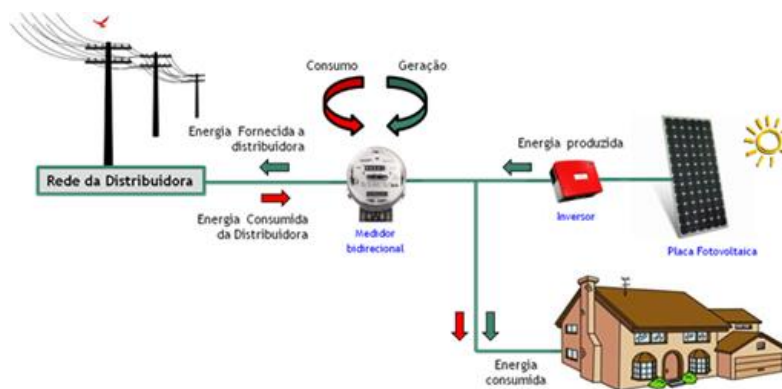


Figura 1 – Sistema de medição
Fonte: (FOMATHEUS, 2022)

As Resoluções ANEEL nº 482/2012 e REN 517/2012, indicam que Sistema de compensação de energia elétrica (*net metering*) – sistema que calcula o saldo de energia ativa exportada à rede e consumida da rede por posto horário e sazonalidade, na mesma unidade consumidora ou em outras unidades do mesmo CPF ou CNPJ, com validade de 36 meses, sendo que o sistema é aplicável somente a fontes incentivadas (solar, eólica, hidráulica, biomassa e cogeração qualificada) (ANEEL, 2022)

5. CONCLUSÃO

Quando o assunto é sobre a energia elétrica, é sempre possível ressaltar a questão de tão quão é grande a ineficiência no setor principalmente em relação a distribuição não ordenada e correta como mencionado nessa pesquisa, onde temos em algumas regiões existe sobras de energia enquanto em outras regiões falta e muito energia tanto que os concessionários compram das que tem em abundância e repassa esse valor para o consumidor final.

Diante desta situação, ainda se tem os governos que não investem em novos projetos de desenvolvimento no setor para melhorias bem como é visto o tamanho do descaso de outros setores de energia elétrica em relação a população.

Portanto, já se sabe o quão é necessário cobrar dos órgãos públicos que se atentem para as novas tecnologias no setor, assim ficarem dispostos a fazer novas implementações dos sistemas que geram energia limpa e com investimento gradativo, minimizando a carência no setor e contribuindo e muito para com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Carlos Alberto. **Energia Solar**. Lavras: UFLA Universidade Federal de Lavras, 2008.
- ALVES, J. **Estudos foto físicos e fotovoltaicos de sistemas polímero-fulereno e nanopartículas de CdSe**. 2011. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 482. 2012**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- BAJAV, S. V. **Geração elétrica de energia elétrica no Brasil**. Campinas, SP: Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético - NIPE, Universidade Estadual de Campinas, SP, s. d.
- BEZERRA, Arnaldo Moura. **Energia Solar**. Curitiba: Litel Livraria Itaipu Editora Ltda, 2002.
- BRANCO, Adriano Murgel. **Política Energética e Crise de Desenvolvimento**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2008.
- BSW SOLAR - GERMAN SOLAR INDUSTRY ASSOCIATION. **A energia solar nos países em desenvolvimento e emergentes**. [S. l.]: BSW SOLAR , 2015. Disponível em: <http://www.solarwirtschaft.de/en/start/english-news.html>. Acesso em: 23 set. 2022.
- BUCKERIDGE, Marcos; RIBEIRO, Wagner Costa. **Livro branco da água - A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015: origens impactos e soluções**. São Paulo: USP, 2018.
- CALAIS, M.; MYRZIK, J.; SPOONER, T.; AGELIDIS, V. G. Inverters for Single-Phase Grid Connected Photovoltaic Systems -An Overview". In: **Proceedings of the IEEE 33Power Electronics Specialists Conference (PESC'2002)**. 2002. vol. 4. p 1995-2000.
- CASTRO, Isaias. **Geração de energia elétrica a partir de energia fotovoltaica: situação atual, oportunidades e desenvolvimento**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2001.
- CECCHI, J. C.; SCHERCHTMAN, R. Impactos Macroeconômicos Decorrentes da Expansão do Sistema Elétrico em Termelétricas: efeitos da importação de tecnologia e de combustíveis. **Cadernos de Energia**, v. II, n. 9, 2003.
- CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **As energias solar e eólica no Brasil**. Rio de Janeiro: CEPEL 2013. Disponível em: <http://cresesb.cepel.br/download/casasolar/casasolar2013.pdf>. Acesso em: 08 maio 2022.
- COHEN, Claude. **Padrões de consumo, energia e meio ambiente**. Fluminense: Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Economia. Disponível em: <http://www.uff.br/econ>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- COOPERS & LYBRAND *et al.* **Projeto de reestruturação do setor elétrico brasileiro: relatório consolidado etapa VII**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2002.
- CORREA NETO, Vicente. **Análise da Viabilidade da Cogeração de Energia Elétrica em Ciclo Combinado com a Gaseificação da Biomassa de Cana de Açúcar e Gás Natural**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

- FERNANDEZ, E. J. **Natural gas market in Brazil**: regional opportunities, [S. l.: s. n.], 2003.
- FERREZ, Juan Perez. **Energia, as razões da crise e como sair dela**. São Paulo Gente Livraria e Editora, 2006.
- FOMATHEUS. **Figura 1- Sistema de cobrança**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://fomatheus.files.wordpress.com/2015/11/sem-tc3adtulo.png>. Acesso em: 22 out. 2022.
- FORTUNATO, L. A. M.; ARARIPE NETO, T. A.; ALBUQUERQUE, J. C. R.; PEREIRA, G. C. E. **O desequilíbrio entre oferta e demanda de energia elétrica**. [S. l.]: Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica, 2003.
- GORE, A. **Nossa escolha**: um plano para solucionar a crise climática. Our choice: a plano solve the climate crisis. Barueri, SP: Manole, 2014.
- GORINI, Ricardo. **A Energia Fotovoltaica no Contexto de Planejamento Nacional**. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2015.
- JABUR, Maria Ângela Fernanda. **Racionamento. Do custo à consciência**. São Paulo: Artes Editora, 2001.
- KJAER, S. B.; PEDERSEN, J. K.; BLAABJERG, F. "Power Inverter Topologies for Photovoltaic Modules – A Review". In: **Proceedings of the 37 IEEE Industry Applications Conference (IAS'2002)**, 2002. p. 782-788.
- LEITE, A. D. **A Energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.
- LEITE, Antonio Dias. **A Energia no Brasil**. São Paulo: Editora Nova, s. d..
- LESSA, Carlos. **O Brasil à Luz do Apagão**. São Paulo: Editora Palavra, s. d.
- LIMA, Juliana. **Energia Fotovoltaica como Alternativa Energética Viável**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- MACHADO, C.; MIRANDA, F. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Rev. Virtual Quim.**, v. 7, n. 1, p. 126-143, out, 2015.
- MARTINO JANNUZZI, G. K. O. M.; VARELA, F.; DOURADO M. G. R. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil**: Panorama da Atual Legislação, Campinas, SP: [s. n.], 2009.
- MONTENEGRO, Alexandre de Albuquerque. **Fontes não-Convencionais de Energia**: As Tecnologias Solar, Eólica e de Biomassa. Florianópolis: UFSC, 2002.
- MOREIRA, A.; ROCHA, K.; DAVIS, P.A.M.S. Participação da termogeração na expansão do sistema elétrico brasileiro. **Texto para Discussão**. Brasília: IPEA, 2003.
- OLIVEIRA, A. As térmicas e o racionamento de eletricidade. **Boletim de Conjuntura**. URFJ: Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, 2000.
- PIRES, J. C. L. **Reestruturação competitiva e regulação nos setores de energia elétrica e telecomunicações**. 1999. Tese (Doutorado) - IE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1999.
- PORTAL SOLAR. **Sistema on grid**. [S. l.]: Portal Solar, 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-solar-conectado-a-rede-on-grid>. Acesso em: 26 out. 2022.
- REDE INTELIGENTE. <http://www.redeinteligente.com/2010/06/23/empresas-de-ti-veem-oportunidades-nas-redes-inteligentes-do-setor-eletrico/>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- REIS, Lineu Belico dos. **Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável**: introdução de uma visão multidisciplinar. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2001.
- REZENDE, Jaqueline Oliveira. **A importância da Energia Solar para o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Atena, 2019.

RODRIGUES, M. C. B.; TEIXEIRA, E. C.; BRAGA, H. A. C. "A Current Five-Level Boost Inverter Applied to a Grid- Connected Photovoltaic System" In: **Anais** [...] do VII Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência (COBEP'2003), Fortaleza, Brasil (no prelo).

ROSA, L. P.; TOLMASQUIM, M. T.; e PIRES, J. C. L. **A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo: uma visão crítica**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1998.

ROSA, Luiz Pinguelli. **O Apagão – Por que veio? Como sair dele?**. São Paulo: Editora Revan, 2001.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos**. Florianópolis: Editora UFSC, 2004.

SANTOS, N. O. **Termodinâmica aplicada às termelétricas: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2000.

SHAIANY, Rafael et al. Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. In: **Políticas públicas para a Energia: Desafios para o próximo quadriênio -31 de maio a 02 de junho de 2006**. Brasília: [S. n.], s. d.

SOLNIK, Alex. **A Guerra do Apagão**. São Paulo: Editora Senac, 2001.

VOITH, Hydro. Análise econômico-financeira da viabilidade e otimização do investimento em PCH. In: **Produtores Independentes de Energia**. São Paulo: IBC, 1999.