

A PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA – UM POSSÍVEL CAMINHO PARA A SUSTENTABILIDADE

THE PRODUCTION OF PHOTOVOLTAIC ELECTRICAL ENERGY - A POSSIBLE WAY FOR SUSTAINABILITY

Rodrigo da Silva Carvalho¹

Marcia Regina Royer²

Shalimar Calegari Zanatta³

Resumo

De modo geral, a matriz energética brasileira esteve suportada na produção da energia hidroelétrica. O ideal é aproveitar os recursos naturais regionais. Por outro lado, o desenvolvimento tecnológico abre novas possibilidades, como por exemplo, a energia fotovoltaica. A energia fotoelétrica pode ser instalada em lugares distantes onde não há energia elétrica convencional, num sistema denominado *off grid*, o qual utiliza um conjunto de baterias para o armazenamento da produção excedente ou sistema *on grid*, o qual o excedente vai para a rede elétrica convencional, gerando créditos para o produtor-consumidor. Durante o processo de produção da energia fotovoltaica, não há emissão de gases como o dióxido de carbono (CO₂) pelas termoelétricas, não gera dejetos radioativos, como nas nucleares e não precisa promover grandes inundações como nas hidroelétricas. Como resultado disto, tecnicamente a produção da energia elétrica fotovoltaica é uma das melhores opções para o Brasil, por ser um país tropical. Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar os benefícios econômicos e ambientais advindos da utilização do sistema fotovoltaico *on grid* do Instituto Federal do Paraná (IFPR), Campus Paranavaí. Para isto, levantamos dados de produção e consumo entre o período de maio de 2017 a abril de 2019. Constatou-se que a produção de energia proporcionou uma economia de R\$



¹ Mestrando em Ensino: Formação docente interdisciplinar – Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) Campus Paranavaí, Paraná, Brasil. carvalhos_roeday@yahoo.com.br.

² Professora Doutora do Curso de Ciências Biológicas e do Mestrado em Ensino: Formação Docente Interdisciplinar da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), Campus Paranavaí, Paraná, Brasil. marciaroyer@yahoo.com.br.

³ Professora Doutora do Curso de Ciências Biológicas e do Mestrado em Ensino: Formação Docente Interdisciplinar da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), Campus Paranavaí, Paraná, Brasil. shalicaza@yahoo.com.br.

74.901,70, com produção anual de aproximadamente 107,34 MWh, equivalente a 30% da demanda do campus do IFPR. Ambientalmente, esta economia corresponde a uma estimativa de evitar a emissão de 109,4 toneladas de CO₂/ano na atmosfera, quando comparado a uma termoelétrica.

Palavras-chave: Energias renováveis, sustentabilidade, energia solar.

Abstract

In general, the Brazilian energy matrix was supported in the production of hydroelectric energy. The ideal is to take advantage of regional natural resources. On the other hand, technological development opens up new possibilities, such as photovoltaic energy. Photoelectric power can be installed in distant places where there is no conventional electricity in a system designed *off grid*, which uses a set of batteries to store surplus production or *on grid* system, which surplus goes to the conventional grid, generating credits for the producer-consumer. During the process of producing photovoltaic energy, there is no emission of gases such as carbon dioxide (CO₂) as in thermoelectric plants, it does not generate radioactive waste, as in the nuclear ones and it does not have to promote large floods like as in hydroelectric plants. As a result of this, technically the production of photovoltaic electric energy is one of the best options for Brazil, because it is a tropical country. In view of this scenario, the objective of this work was to evaluate the economic and environmental benefits derived from the use of the *on grid* photovoltaic system of the Federal Institute of Paraná (IFPR), Campus Paranavaí. For this, we raised production and consumption data between May 2017 and April 2019. It was verified that the energy production generated savings of R \$ 74,901.70, with annual production of approximately 107.34 MWh, equivalent to 30% of IFPR's campus demand. Environmentally, this economy corresponds to an estimate of avoiding the emission of 109.4 tons of CO₂ / year in the atmosphere, when compared to a thermoelectric.

Keywords: Renewable energies, sustainability, solar energy.

Introdução

O território brasileiro possui uma das matrizes mais renováveis do mundo, com aproximadamente 80,4% de fontes renováveis na oferta de energia elétrica.



Porém, se torna evidente a grande dependência do país das usinas hidroelétricas, com 65,4%, em 2017, conforme ilustrado na figura 1. No entanto, no mundo, esta matriz energética renovável, em 2015, foi de 22,8% (EPE, 2018).

Uma das questões negativas das usinas hidroelétricas é que geralmente são implantadas onde a vegetação é muito densa, onde milhões de árvores e outras plantas são submersas na ocasião do enchimento do lago, ocasionando uma reação química anaeróbica e, conseqüentemente, a decomposição desta vegetação, transforma o gás carbônico (CO₂) em metano (Kemenes, 2008).

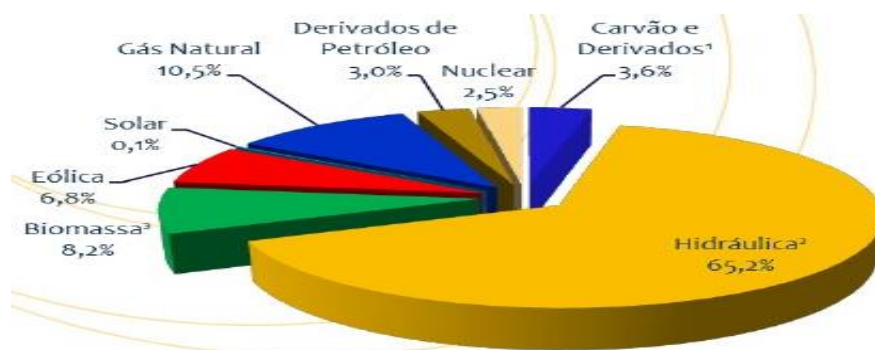


Figura 1. Matriz elétrica brasileira em 2017.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018).

As hidroelétricas não estão suprimindo toda tarefa atribuída a ela, pois essa plataforma além de toda a estrutura de barragem, também necessita de condições climáticas favoráveis, com períodos de chuvas regulares, para que o nível hídrico esteja favorável para que sua produção supra a necessidade solicitada. E devido à grande extensão geográfica do Brasil, há regiões que sofrem oscilações em seu clima, culminando na redução na taxa de produção de energia elétrica.

Com a necessidade crescente por energia, a componente energética mais utilizada atualmente para suprir a energia produzida pelas hidroelétricas são as termoelétricas, que são abastecidas em sua grande maioria por gás natural ou carvão; e durante sua produção há uma alta taxa de emissão de gases para atmosfera, principalmente de CO₂, onde a grande quantidade de poluentes contribuem para o aquecimento global, além das chuvas ácidas. As termoelétricas possuem um alto custo de manutenção, pois necessitam constantemente de combustível para ser queimado.



O ideal é aproveitar os recursos naturais específicos de cada região. Por outro lado, o desenvolvimento tecnológico abre novas possibilidades, como por exemplo, a energia fotovoltaica. Nessa modalidade, a energia solar é convertida em energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas posicionadas em lugares estratégicos. A energia fotoelétrica pode ser instalada em lugares distantes onde não há energia elétrica convencional, num sistema denominado *off grid*, o qual utiliza um conjunto de baterias para o armazenamento da produção excedente ou sistema *on grid*, o qual o excedente vai para a rede elétrica convencional, gerando créditos para o produtor-consumidor.

Durante o processo de produção da energia fotovoltaica, não há emissão de gases como o CO₂ pelas termoelétricas, não gera dejetos radioativos, como nas nucleares e não precisa promover grandes inundações como nas hidroelétricas.

Como resultado disto, tecnicamente a produção da energia elétrica fotovoltaica é uma das melhores opções, principalmente para países tropicais como o Brasil, com alta incidência solar. Por outro lado, as placas fotovoltaicas são semicondutores de Silício, de alta pureza manufaturadas na forma de monocristais ou policristais. O tempo de vida útil desse sistema depende de vários parâmetros, inclusive da estrutura cristalina do Silício, cuja técnica de produção é inexistente no país.

Com vistas a contribuir na busca da reconciliação e equilíbrio entre o crescimento econômico e o meio ambiente, este artigo objetivou avaliar os benefícios econômicos e ambientais advindos da utilização do sistema fotovoltaico *on grid* do Instituto Federal do Paraná, Campus Paranaíba.

Metodologia

Foi implantado no Instituto Federal do Paraná (IFPR), Campus Paranaíba, Paraná, Brasil uma mini usina solar fotovoltaica no sistema *on grid* com as seguintes características: 263 módulos de 270Wp, da marca Canadian Solar®, totalizando 71,01kWp; 5 inversores de 15kW da marca Fronius® e estação de monitoramento climático completo.

O sistema foi dividido em duas partes: 203 módulos e 4 inversores em cima do bloco didático 02 do Campus do IFPR e; 60 módulos, um inversor e estação do monitoramento climático em cima do bloco de laboratórios dos cursos da área da



indústria. Na sua grande maioria os módulos estão com inclinação de 5° e voltados para o norte, como é possível observar na figura 2.

A coleta e análise dos dados de produção fotovoltaica da mini usina fotovoltaica de 71,01 kWp ocorreu entre o período de 23 de maio de 2017 a 29 de abril de 2019.



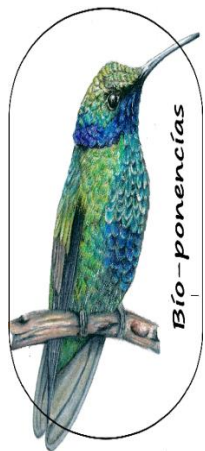
Figura 2. Módulos instalados no bloco de salas de aula do Instituto Federal do Paraná, Campus Paranavaí, Paraná, Brasil.

Fonte: Autores.

Estes dados foram coletados através do sistema FRONIUS SOLAR.WEB®, parte sistematizada da mini usina que coletou e analisou o tráfego de produção energética, níveis de CO₂ economizados e rendimento financeiro.

Resultados e Discussão

Os dados armazenados nos inversores e enviados para o sistema Fronius Solar.web®, foi possível verificar que a micro usina avaliada gerou 107,338 MWh/m².ano com uma média nos 12 meses de 8,94 MWh/m².mês. Ainda nessa relação gerou 298,16 kWh/m².dia ou o equivalente a 4,199 kWh/m².dia. O esperado no projeto era que a micro usina gerasse no ano entorno de 104,88 MWh, ou seja, se dividir por 12 meses teria que gerar 8,74 MWh/mês, 291,33 kWh/dia. A geração no primeiro ano foi de aproximadamente 2,46 MWh/ano superior ao previsto. Somado a isso, foi possível identificar que a micro usina fotovoltaica representa aproximadamente 30% da demanda do Campus do IFPR. De acordo com Piccini et al (2017) que avaliaram esta mini usina de sistema fotovoltaico que foi conectada à rede no IFPR campus Paranavaí, essas

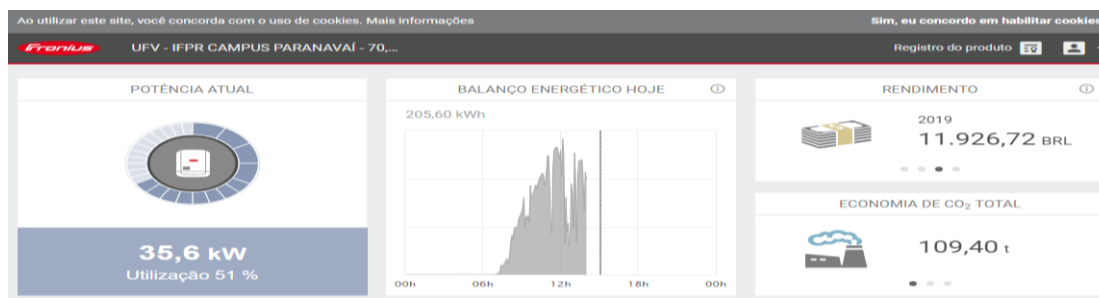


informações possibilitaram estimar que para atender a demanda total seria necessário aumentar em 150 kWp a potência total da usina.

Além disso, no período de 2 anos da coleta de dados foram economizadas cerca de 109,4 kg de CO₂, que não foram emitidos para o ambiente, conforme podemos visualizar na figura 3. Esta economia de CO₂ tem como parâmetro uma outra fonte de geração de energia elétrica que utiliza queima de combustível, como acontece nas termoelétricas, segunda matriz mais utilizada atualmente no Brasil como componente das hidrelétricas. No entanto, esses dados são uma estimativa de como poderíamos fazer essa compensação de CO₂ se tivéssemos uma fonte emissora de grande escala.

Na figura 3 também podemos observar que de janeiro a abril de 2019 a mini usina teve um benefício econômico de R\$ 11.926,72.

Figura 3. Rendimento financeiro de janeiro a abril de 2019 e economia total de CO₂ entre maio de 2017 a abril de 2019.

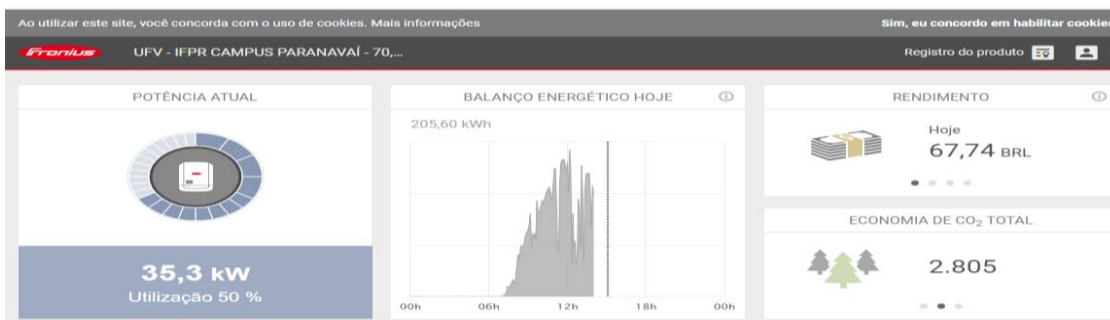


Fonte: Autores. Adaptado de Fronius solar.web (2019).

Na figura 4 é demonstrado quantitativamente o ganho financeiro mapeado no período entre as 07:00 às 15:00 totalizando no montante de R\$ 67,74 do dia 29 de abril de 2019. Esse quantitativo de produção energética pode variar para mais ou para menos dependendo da intensidade dos raios solares e neblulosidade. Segundo Lasnier e Ang (1990) para a elaboração estudos mais precisos do potencial de um determinado local, em relação a um projeto específico, é recomendável a realização de medições locais, buscando avaliar as influências localizadas de relevo, poluição entre outros fatores.

Um outro importante ponto a ser observado na figura 4 é a quantidade de árvores que seriam necessárias para absorver 109,4 kg de CO₂ emitido, caso a energia produzida fosse por uma termoelétrica, no caso, seria 2.805 árvores.

Figura 4. Rendimento financeiro por volta das 07:00 às 15:00 do dia 29 de abril de 2019 e quantidade de árvores necessárias para absorver o CO₂ entre maio de 2017 a abril de 2019, caso fosse emitidos ao ambiente.



Fonte: Autores. Adaptado de Fronius solar.web (2019).

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), em 2016, o total de energia elétrica gerada no mundo foi de 24.973 TWh. O carvão mineral contribuiu com 40,8% da eletricidade gerada no mundo, tornando-o a principal fonte de geração elétrica, superando a participação do gás natural com 23,2% e de hidroelétricas com 16,3%. Também nesse ano, mais de 24,3% da produção de eletricidade foi decorrente das energias renováveis, incluindo as hidrelétricas, ficando atrás apenas do carvão e gás natural. A eletricidade brasileira advinda das usinas hidroelétricas representa 9,1% da energia produzida pelas hidroelétricas mundiais (IEA, 2018).

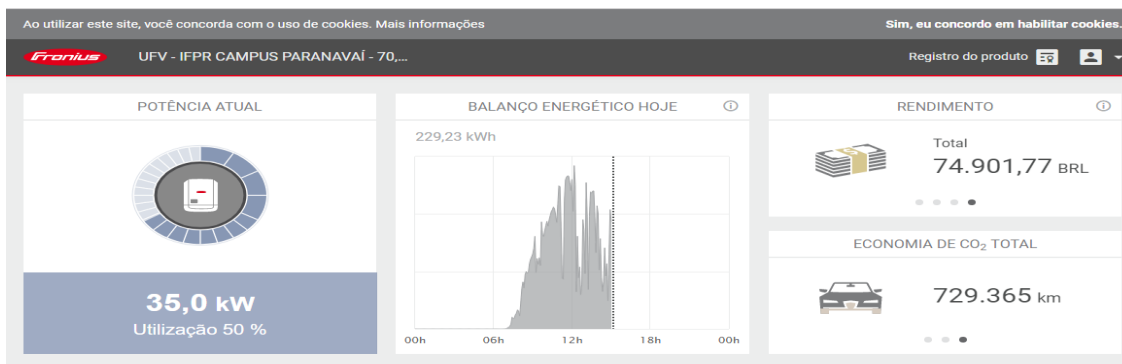
E de acordo com essa estatística há uma necessidade de redução das emissões globais de gases de efeito estufa, e a integração de fontes renováveis intermitentes no sistema elétrico tem encontrado espaço e se tornado inevitável para uma produção energética sustentável.

Por fim, as informações plotadas na figura 5 sintetizam a produção financeira energética total, entre os períodos de maio de 2017 até abril de 2019, totalizando um montante de R\$ 74.901,70. Assim, ratificando a grande importância do uso da energia fotovoltaica como componente da rede elétrica advinda da Companhia



Paranaense de Energia (Copel), que importa essa energia das usinas hidroelétricas, como a Itaipu.

Figura 5. Rendimento financeiro total entre maio de 2017 a abril de 2019 e economia total de CO₂ equivalente em Km percorridos por um automóvel.



Fonte: Autores. Adaptado de Fronius solar.web (2019).

Essa economia obtida em dois anos além de possibilitar o direcionamento de recursos para outros investimentos, colabora com o cumprimento da agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Esta Agenda é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. O plano indica 17 objetivos; mais especificadamente o objetivo 7 aborda o tema energias renováveis e sustentabilidade.

Também foi elencado uma estimativa quantitativa de quilometragem que um automóvel percorreria para produzir 109,4 km de CO₂, valor este “economizado” entre maio de 2017 a abril de 2019, no qual de acordo com o sistema fronius solar.web® seria o equivalente a um percurso de 729.365 km (figura 5).

De acordo com Nascimento (2017), a preocupação com a geração de energia por fontes renováveis tornou-se ainda maior com a celebração do Acordo de Paris, na COP 21, no ano de 2015, pois o Brasil se responsabilizou pela diminuição de emissões de gases de efeito estufa, em 2025 e 2030, respectivamente em 37% e 43% em relação aos níveis de 2005.

A empresa de pesquisa energética **coletou** dados sobre o potencial de geração distribuída por meio da instalação de painéis fotovoltaicos em telhados residenciais brasileiros, e identificou os valores por Estado, além de obter a sua

relação com o consumo residencial de eletricidade. Os resultados reforçam a necessidade de a energia fotovoltaica ser considerada como um componente de alto potencial na matriz energética brasileira, pois demonstrou que nas regiões mais povoadas (São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia, entre outros) apresentou maior potencial de geração, devido ao maior número de residências. Importante ressaltar que o potencial total brasileiro de geração de energia fotovoltaica é mais de duas vezes o consumo residencial do país (EPE, 2018).

Segundo Pereira et al. (2017), a menor valor médio de irradiação global horizontal no Brasil é de 4,53kWh/m².dia, na região Sul e a maior é de 5,44kWh/m².dia na região nordeste. Em virtude disso, de acordo com Silva (2015) a irradiação solar global presente em qualquer região do território brasileiro varia entre 4.200 a 6.700 kWh/m²/ano, superior às verificadas em outros países que são referências mundiais no uso da energia solar para a geração de energia elétrica: 900 a 1.250 kWh/m²/ano na Alemanha; 900 a 1.650 kWh/m² /ano na França; e 1.200 a 1.850 kWh/m²/ano na Espanha.

O Paraná apresenta um total de micro e minigeração de 2.755 unidades com uma potência instalada de 22.724,37 kW, somente para Geração Distribuída (GD) com sistema fotovoltaico conectado à rede (ANEEL, 2018).

A pesquisa de Rella (2017) relata que no território Brasileiro o somatório de todos os tipos de usinas que produzem energia elétrica, é da ordem de 132 gigawatts (GW). Deste total, segundo ele, menos de 0,0008% é produzida com sistemas solares fotovoltaicos. Com base nos resultados da pesquisa, fica evidente que o Brasil não explora como deveria a energia solar, haja vista que além de ser considerada uma energia limpa é abundante em todo território nacional.

Considerações finais

Os resultados obtidos nos mostraram que o aproveitamento do recurso solar no Brasil se apresenta como uma excelente opção para complementação de fontes convencionais de energia, já consolidados, como as hidroelétricas.

A mini usina fotovoltaica do IFPR é um dos exemplos de implantação de uma componente energética limpa e eficiente junto a rede elétrica, que deve ser incentivada e ampliada por políticas públicas, e através da educação ambiental,



para otimizarmos nossos recursos naturais e preservamos o nosso meio ambiente para as gerações futuras.

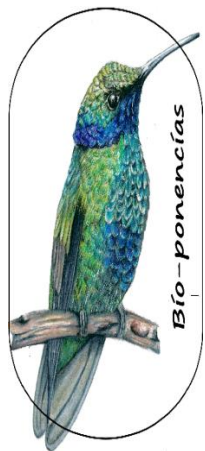
O sistema fotovoltaico apresenta inúmeras vantagens, sendo uma matriz limpa e autossustentável, podendo vir a ser uma componente da rede elétrica brasileira, ajudando a suprir a demanda energética e reduzindo com responsabilidade o uso das termoelétricas, que além do auto custo de manutenção agride de forma nociva o meio ambiente.

Contudo, a ANEEL deve corroborar para a expansão dessa prática, valorizando as usinas solares no aspecto tributário, pois além de promover a melhoria de qualidade de vida da população, contribui para alcançar a meta da agenda 2030, que objetiva assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia e expandir a infraestrutura, além do fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos, principalmente nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil.

O desenvolvimento sustentável é a base para a mudança de postura da população, pois demonstra a necessidade de otimizar os recursos naturais e da preservação do planeta, para que as gerações futuras possam viver usufruir de todo o arcabouço que a natureza oferece.

Referências

- ANEEL. (2018). Agência Nacional de Energia Elétrica. *Caderno Temático da ANEEL - Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica*. Brasília. Recuperado em 03 de maio de 2019 de <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>.
- EPE. (2018). Empresa de Pesquisa Energética. *Balanço Energético Nacional: ano base 2017*. Rio de Janeiro- RJ.
- Fronius solar.web (2019). Recuperado em 26 de maio de 2019 de <https://www.solarweb.com/>
- IEA. (2018). International Energy Agency. *Key world energy statistics*. Paris. OECD/IEA.



Memorias del X Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. V Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

9, 10 y 11 de octubre de 2019.

Kemenes, A. (2008). As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência hoje*, 41 (245), 20-25.

Lasnier, F. & Ang, G.T. (1990). *Photovoltaic engineering handbook*. Bangkok: IOP Publishing Ltda.

Nascimento, R. L. (2017). *Energia solar no brasil: situação e perspectivas*. Consultoria legislativa: Câmara dos deputados.

Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Gonçalves, A. R.; Costa, R. S.; Lima, F.J. L; Rütther R.; Abreu, S. L.; Tiepolo, G. M.; Pereira, S. V. & Souza, J. G. (2017). *Altas Brasileiro de Energia Solar*. 2.ed. São José dos Campos: INPE.

Piccini, A. R.; Denardi, A. M.; Guimarães, G. C.; Fardim, D. A.; Silva, L. R. C.; Rezend, J. O. & Oliveira, T. L. (2018). *Avaliação do sistema fotovoltaico conectado à rede no IFPR campus Paranaíba*. In Simpósio de Controle e Processos Industriais. Anais. Paranaíba.

Rella, R. (2017). Energia solar fotovoltaica no Brasil. *Revista de Iniciação Científica, Criciúma*, 15(1), 28-38.

Silva, R. M. (2015). *Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios*. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado. Recuperado em 23 de maio de 2019 de www.senado.leg.br/estudos.

