

## **ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ENERGIA SOLAR EM EMBARCAÇÕES QUE ATUAM NA TRAVESSIA BELÉM-COMBU**

Daniel da Silva Cunha\*  
Andrey Felipe Lima e Lima\*  
Arthur Vinícius Bouth Costa\*  
Rodrigo Pereira Guerreiro\*  
Yuri Lorenzo Pamplona da Silva\*

\*Universidade Federal do Pará, Belém/PA, Brasil

---

### **Resumo**

Hodiernamente na região metropolitana da cidade de Belém do Pará, vemos a demanda pelo transporte de lanchas à Ilha do Combu crescer, e como consequência as agressões ao meio ambiente assim como os custos para os barqueiros que atuam na travessia só aumentam. Desta maneira, temos como objetivo principal aplicar tecnologia e ciência em prol das comunidades regionais e por consequência a diminuição de poluentes emitidos em escala regional, através de um novo sistema energético proposto para as lanchas em destaque.

**Palavras-chave:** Energia Sustentável, Lancha de Travessia, Estudo de Viabilidade.

---

### **Resumen**

En la actualidad, en la región metropolitana de la ciudad de Belém do Pará, vemos crecer la demanda de transporte de lanchas motoras a Ilha do Combu, y como consecuencia, la agresión al medio ambiente así como los costos para los barqueros que laboran en el cruce solo aumenta. De esta manera. Nuestro principal objetivo es aplicar la tecnología y la ciencia a favor de las comunidades regionales y, en consecuencia, la reducción de los contaminantes emitidos a escala regional, a través de un nuevo sistema energético propuesto para las embarcaciones destacadas.

**Palabras clave:** Energía Sostenible, Barco de Cruce, Estudio de Viabilidad.

---

## Abstract

Thenceforth this premise, we see the daily demand for the transport of motorboats to Combu Island grow, and as a consequence, the aggression to the environment as well as the costs for boatmen who work in the crossing only increase. Therefore, our main objective is to apply technology and science in favor of regional communities and, consequently, the reduction of pollutants emitted on a regional scale, through a new energy system proposed for the boats.

**Keywords:** Sustainable Energy, Traverse Speedboat, Feasibility Study.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Hodiernamente, muitos métodos e soluções aplicadas à engenharia ainda ocorrem de modo arcaico, exemplos da presente afirmação são vistos na construção naval em estaleiros de médio e pequeno porte ou até mesmo na elaboração de planos e documentos para classificação de embarcações. Por conta do mencionado, é cada vez mais necessário o avanço dos métodos e tecnologias para aplicação direta no que se refere a engenharia naval na região norte do país, para solucionar tal problemática, é fundamental a presença da universidade e de métodos teóricos aplicáveis no âmbito profissional para propor assim a solução de diversas problemáticas encontradas diariamente.

Em contrapartida, o avanço de uma crise ambiental no mundo contemporâneo apresenta-se cada vez mais concreta. Considerando o exposto, o desenvolvimento de tecnologias e aplicações sustentáveis vem se tornando vital para o saudável avanço da tecnologia no Brasil e no mundo. O desenvolvimento sustentável sugere, de fato, qualidade em vez de quantidade, com a redução do uso de matérias-primas e produtos e o aumento da reutilização e da reciclagem.

Mediante do exposto, é importante conceitualizar que diversas comunidades ribeirinhas vivem utilizando dos rios como sustento, na travessia entre Belém-Combu

podemos ver um exemplo de tal afirmação, considerando que o transporte entre as localidades é feito através de lanchas manuseadas em sua grande maioria por descendentes de comunidades indígenas. A demanda pela travessia vem crescendo ao longo dos anos, visto que a ilha do Combú é um ponto notável de visita para os turistas assim como para os moradores da cidade que buscam um contato mais próximo a natureza.

Dentro do cenário supracitado, as embarcações empregadas na travessia utilizam comumente motores de popa de combustão a gasolina e diesel, tal mecanismo causa níveis alarmantes de poluição na cidade, visto que, a descarga da combustão é feita diretamente no rio. A partir destas considerações, surge o questionamento sobre como podemos continuar desenvolvendo o turismo e a tecnologia para as comunidades de forma sustentável.

A partir do exposto, é fundamental a busca por alternativas com menor degradação ao meio ambiente, podemos afirmar da mesma forma, que a necessidade de investimentos em estudos e projetos que visam diminuir a emissão de poluentes e degradadores da natureza devem ser cada vez mais visados, com o objetivo de incentivar o interesse acadêmico no que diz respeito às questões mundiais enfrentadas pela humanidade. Portanto, um dos focos principais do referido trabalho é a análise de aplicação de energias renováveis em ambientes considerando meios de utilização no âmbito regional.

Visando o exposto, a população que será diretamente influenciada pelas possíveis mudanças propostas no decorrer deste trabalho é a dos moradores da Ilha do Combu e das comunidades dos barqueiros que trabalham hodiernamente na travessia para moradores, turistas e banhistas que utilizam do transporte para a referida Ilha.

A partir do exposto anteriormente e das tendências mundiais para aplicação de energias renováveis em diversos âmbitos, o presente trabalho se justifica pela necessidade de aplicação desse tipo de tecnologia e ciência em escala regional, a utilização de fontes renováveis para comunidades reforça a corrida pela substituição da matriz energética

focada em combustível fóssil, ainda, a aplicação das ideias propostas tem como intuito fornecer diversos benefícios para as comunidades regionais nos âmbitos econômicos, financeiros, ambientais, sociais etc.

Somando os fatos supracitados, temos como objetivo principal deste trabalho desenvolver e projetar uma alternativa energética sem a necessidade de um novo projeto de embarcação, contendo agressão mínima ao meio ambiente para as lanchas empregadas no transporte fluvial de passageiros da travessia Belém-Combú.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA**

“O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu com o nome de ecodesenvolvimento nos anos 1970. Foi fruto do esforço para encontrar uma terceira via opcional àquelas que opunham, de um lado, desenvolvimentistas e, de outro, defensores do crescimento zero. Para estes últimos, chamados de "zeristas" ou (pejorativamente) "neomalthusianos", os limites ambientais levariam a catástrofes se o crescimento econômico não cessasse.” (ROMEIRO, A, 2021).

“Nesse sentido, a política ambiental mais eficiente é aquela que cria as condições para que os agentes econômicos "internalizem" os custos da degradação que provocam. A ação do Estado se faz necessária apenas para corrigir essa falha de mercado, seja por meio da privatização, seja por meio da precificação dos recursos naturais. Uma vez corrigidas essas falhas, de modo a garantir a correta sinalização econômica da escassez relativa desses serviços ambientais, a dinâmica de alocação intertemporal de recursos com base em avaliações custo-benefício tenderia a se processar de modo eficiente, não havendo problemas de incerteza e de risco de perdas irreversíveis. Reconhece-se, entretanto, que nem todos dessa corrente aceitaram essas conclusões lógicas a partir das premissas assumidas, admitindo-se que existem muitas situações em que se deve optar pela preservação de um dado ecossistema em função de sua importância e insubstitubilidade.” (ROMEIRO, 2021, Grifos do Autor).

“No campo da biodiversidade, aumentar a capacidade de desenvolvimento de pesquisa e bioprospecção na Amazônia permitirá viabilizar alternativas econômicas - produtos como fármacos, cosméticos e outros. O agronegócio também deve contribuir para um novo modelo de produção. E grandes empreendimentos devem colaborar com alternativas econômicas no território, obedecendo a vocação produtiva local, sem promover concentração de terra e exclusão social” (PANTOJA, 2015).

“O desenvolvimento da sociedade humana está atrelado à transformação do meio ambiente e obtenção de energia. Durante o desenvolvimento da nossa sociedade ficou evidente a carência de energia em todos possíveis locais da convivência humana, e nas últimas décadas temos visto o apelo de várias vozes que nos mostram o iminente do um dos combustíveis fósseis, o imenso impacto ambiental causado por essas fontes de energia e a insustentabilidade do modo como obtemos a energia que nos move.” (SOUZA, R, 2020).

## **2.2. APLICAÇÃO DE ENERGIAS SUSTENTÁVEIS EM EMBARCAÇÕES**

Os motores elétricos são os responsáveis por transformar a energia elétrica em mecânica dentro da embarcação, sendo, portanto, os principais consumidores de energia nos barcos solares. Os motores elétricos CC surgiram no final do século XIX e foram os mais utilizados em tarefas que necessitavam de variação na rotação do motor até a descoberta do triristor, em 1958. Na década de 1960 os inversores de triristores começaram a ser desenvolvidos para o acionamento dos motores de indução. No entanto, devido a característica do triristor de não poder ser bloqueado por um sinal de controle, esses inversores não evoluíram. Somente em 1979, com um dispositivo semelhante ao transistor, foi possível desenvolver inversores para acionar os motores de indução. Hoje, é possível controlar a velocidade de motores CA e utilizar motores CA mesmo que o sistema todo seja CC para alimentar embarcações. (OLIVEIRA, M; 2013).

A existência de motores elétricos prontos para serem adaptados em embarcações é mais um ponto de sua viabilidade. Foi observado também que a situação de alta eficiência

dos hélices e painéis indica que o caminho do desenvolvimento tecnológico que favoreça os barcos solares é pelo aumento das eficiências. (OLIVEIRA, M; 2013).

### **3. METODOLOGIA**

Como forma de analisar e compreender a problemática supracitada, e buscar uma solução para o objeto de estudo, o referido trabalho, ao decorrer do seu desenvolvimento discorrerá métodos e aplicações para propor uma solução que envolve ganhos no meio econômico em longo prazo, ambiental, turístico, e tecnológico analisando uma problemática regional para aplicar conceitos desenvolvidos ao longo de uma graduação.

Dessarte, uma série de procedimentos são necessários para que o objetivo final seja alcançado, primeiramente, foi realizado um levantamento técnico no principal terminal que realiza a travessia com lanchas na rota de Belém-Combu, o recém reformado Terminal Hidroviário Ruy Barata, com o intuito de obter dados que informem sobre a caracterização da frota que atua atualmente realizando a travessia, alimentando assim um banco de dados que será utilizado para definir os modelos adotados para a adaptação das embarcações do objeto de estudo em análise.

Partindo para análise matemática, serão dimensionados os componentes necessários para a aplicação da energia renovável. Tal dimensionamento, utilizará métodos matemáticos e estatísticos com base na literatura dos conceitos aplicados à engenharia elétrica. Por fim, serão executados uma série de estudos de viabilidade buscando garantias conceituais e matemáticas que comprovem a veracidade da solução proposta, ainda assim, um modelo de financiamento será elaborado buscando maneiras de se aplicar as soluções no campo físico, melhorando condições dos que utilizam diariamente dos meios da travessia do objeto de estudo.

Como citado anteriormente, os dados analisados serão apresentados em formato de gráficos, tabelas, modelagens e etc. com o intuito de permitir a fluente observação das soluções propostas. Assim, os dados foram cruzados e interpretados de forma quantitativa

e qualitativa, para se constatar a melhor alternativa de aplicação de energias renováveis em embarcações empregadas na travessia Belém-Combu. Assim, podemos inferir que o presente estudo tem como objetivo principal propor um projeto de reforma para embarcações que fazem a travessia Belém-Combu, caracterizando-se assim, como um estudo de caso. Acerca das peculiaridades e características no que tange a pesquisa citada, o capítulo 4 denominado de “Estudo de Caso” discorrerá sobre a problemática, levantando e analisando os dados referentes ao objeto da pesquisa.

#### 4. RESULTADOS

Podemos considerar que um dos fatores decisivos para a análise da viabilidade energética em um sistema fotovoltaico se trata do recurso solar disponível na região de implantação do referido sistema. É de suma importância gerir durante as etapas de projeto a quantidade de energia que as placas solares terão disponíveis para a conversão em energia elétrica, mediante ao exposto, cabe ao projetista dimensionar e observar tais fatores, com o intuito de impedir possíveis condições de descarregamento ou ilhamento que possa vir a ocorrer em casos extremos.

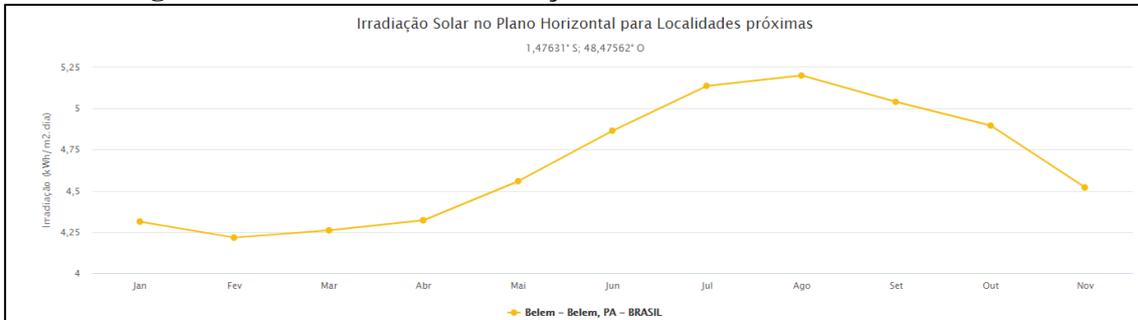
Mediante ao estudo realizado, foram levantados os dados de irradiação média diária para a localização citada no parágrafo anterior, na tabela a seguir vemos os referidos dados e posteriormente na figura os gráficos com os valores citados na tabela:

**Figura 1 - Irradiação solar média na cidade de Belém/PA.**

IRRADIAÇÃO SOLAR (kWh/m <sup>2</sup> .dia) no Plano Horizontal para a cidade de Belém												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
4,31	4,22	4,26	4,32	4,56	4,87	5,14	5,2	5,04	4,9	4,52	4,44	4,69

Fonte – *SunData*, 2021.

**Figura 2 – Gráfico com irradiação solar média na cidade de Belém.**



Fonte – SunData, 2021.

Com base no exposto temos uma série de conclusões úteis para o prosseguimento do trabalho, vimos que na região em destaque a média de incidência solar é alta, considerando 4,69 kWh/m<sup>2</sup>.dia, entretanto, as medidas que serão utilizadas considerarão o período de menor média anual, visando estabelecer condições de funcionamento do sistema fotovoltaico ao decorrer de todo o ano. Assim, foi verificado a menor média durante o mês de fevereiro, justifica tal dado o fato de fevereiro integrar o período do famoso “inverno amazônico” onde altas quantidades de chuvas ocorrem ao durante o mês. O valor verificado em questão é de 4,22 kWh/m<sup>2</sup>.dia, o mesmo que representará em cálculos futuros a quantidade de energia disponível para o aproveitamento dos módulos fotovoltaicos.

Com porte de tais dados, foi possível realizar o cálculo das cargas embarcadas na embarcação, a seguir vemos o dimensionamento no modelo de lancha proposto na região:

**Tabela 1 - Potência absorvida pelo sistema.**

ITEM	DESCRIÇÃO	POTENCIA NOMINAL (Kw)	FATOR DE SIMULTANEIDADE	POTENCIA ABSORVIDA (kW)
1	MOTOR ELÉTRICO DE POPA 60 HP	44,742	0,207	9,268
2	LAMPADA LED X 10	0,125	0,850	0,106
3	LUZES DE NAVEGAÇÃO	0,050	0,700	0,035
4	RÁDIO VHF	0,025	0,650	0,016
<b>PPTÊNCIA TOTAL A CONSIDERAR (kW)</b>				<b>9,425</b>

Fonte – O Autor, 2021;

Por fim, foram dimensionados e escolhidos os painéis fotovoltaicos para atuação no projeto em análise. Inicialmente definindo o consumo diário através da equação a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Diário} &= \frac{\text{Potência Total} \times \text{Intervalo}}{\text{Tensão Nominal}} \\ &= \frac{9,425 \text{ kW} \times 24 \text{ horas}}{24} = 9,425 \text{ kW} \cdot \text{h} \end{aligned}$$

Com base nos valores adquiridos, seguimos para o dimensionamento e seleção dos painéis fotovoltaicos, a formulação que fornece a área de painéis necessária em uma instalação é vista a seguir:

$$A \text{ m}^2 = \frac{\frac{\text{Energia gasta por dia w.h}}{\text{Eficiência do Módulo} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right) \times \text{Tempo de Sol pleno h}}{\text{Eficiência de geração de PV}} \quad (2)$$

Aplicando os valores da placa solar CANADIAN SOLAR – CS3W-445MS – 445 W, temos os resultados a seguir demonstrados:

$$A \text{ m}^2 = \frac{9,425}{\frac{20,14 \times 4,22}{0,95}} = 11,67 \text{ m}^2 \quad (3)$$

Assim, podemos iniciar as etapas de estudos de viabilidade acerca da embarcação proposta. O estudo de viabilidade é considerado uma ferramenta primordial no que se refere ao planejamento de um projeto, visto que, busca reunir diversas variáveis que possam ocorrer dentro do empreendimento, fornecendo desta maneira os indicadores necessários para que as decisões sejam tomadas. Tal estudo independe da natureza ou do porte do empreendimento, e se trata de uma etapa fundamental de avaliação para qualquer projeto.

Para a análise de viabilidade econômica, buscou-se demonstrar a quantidade de tempo necessária para que o sistema se “pague” financeiramente. Levaremos em consideração um custo diário com combustível, custo esse discutido com os barqueiros que executam a travessia, assim temos valores empíricos sobre o atual modelo executado.

Posteriormente, serão considerados os custos da embarcação com os módulos fotovoltaicos. Para o prosseguimento da análise serão observados os dados acerca do modelo 2, os quais temos a embarcação construída com alumínio, necessidade de construção de cobertura e um motor de popa com potência de 60 HP. A seguir vemos os valores referentes há um dia e um mês de operação.

**Tabela 2 - Projeção de custos do modelo.**

MÊS	COMBUSTÍVEL	SISTEMA FOTOVOLTAICO	DIFERENÇA
1	R\$ 2.120,00	R\$ 88.992,87	<b>-R\$ 86.872,87</b>
2	R\$ 4.240,00	R\$ 88.992,87	<b>-R\$ 84.752,87</b>
11	R\$ 23.320,00	R\$ 88.992,87	<b>-R\$ 65.672,87</b>
12	R\$ 27.984,00	R\$ 90.772,73	<b>-R\$ 62.788,73</b>
23	R\$ 51.304,00	R\$ 90.772,73	<b>-R\$ 39.468,73</b>
24	R\$ 58.766,40	R\$ 92.588,18	<b>-R\$ 33.821,78</b>
35	R\$ 82.086,40	R\$ 92.588,18	<b>-R\$ 10.501,78</b>
36	R\$ 92.627,04	R\$ 94.439,95	<b>-R\$ 1.812,91</b>
37	R\$ 94.747,04	R\$ 94.439,95	<b>R\$ 307,09</b>
38	R\$ 96.867,04	R\$ 94.439,95	<b>R\$ 2.427,09</b>
48	R\$ 118.067,04	R\$ 96.328,74	<b>R\$ 21.738,30</b>
60	R\$ 143.507,04	R\$ 98.255,32	<b>R\$ 45.251,72</b>

Fonte – O Autor, 2021.

Com porte dos dados acima, podemos fazer uma série de observações, observamos que os valores de combustível se comportam como uma equação de primeiro grau subindo constantemente seus valores, com um coeficiente tangencial parecido, vemos alterações nesse padrão a cada um ano, onde os adicionais de manutenção foram alocados. Sobre os valores fotovoltaicos, consideramos valores constantes em sua maioria, visto que o custo efetivo é realizado no concebimento do empreendimento, entretanto, da mesma forma, foram adicionadas porcentagens referentes a manutenção alocadas uma vez por ano. Em síntese, observamos que sistema se paga com cerca de 37 meses, que representam mais ou menos três anos, a diferença de tempo entre os dois modelos mencionados é de 7 meses. Valores estes que mostram o quão vantajoso o sistema é quando comparado aos valores

obtidos com queima de combustível fósseis. Ainda, verificou-se ao se completar 5 anos que somando tudo, a economia geral foi de R\$ 45.251,72 valor significativamente vantajoso quando observamos o dia a dia da comunidade que atua no referido setor.

Por fim, concluímos a análise elétrico-financeira dos modelos em questões, verificamos que o sistema se faz vantajoso quando considerado um longo período de tempo, sendo necessários cerca de três anos e meio para que o sistema os benefícios superem os gastos ao longo dos anos, temos um valor de razão benefício-custo ao longo de cinco anos de 1,272 para o primeiro modelo e 1,46 para o segundo modelo. Mostrando no geral que o sistema se justifica com apenas cinco de aproveitamento de energia fotovoltaica.

Podemos garantir que tal aplicação energética trará benefícios econômicos e financeiros para as comunidades que atuam na travessia, visto que os gastos com os combustíveis fósseis como a gasolina seriam eliminados, o possível investimento com a aplicação de energia sustentável tem valor líquido positivo com até três anos e meio para os modelos navais testados, este valor de benefícios só tende a crescer ao longo dos anos. Outrossim, poucas serão as necessidades para manutenção no sistema considerando o histórico de uso, a vida útil é longa, bem superior aos três anos e meio de viabilidade do sistema. A soma de todos os fatores mencionados no mostram que o a aplicação de energia renováveis tem diversas vantagens econômicas a longo prazo para os barqueiros que trabalham nas embarcações supramencionadas.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Concomitante com a proposta inicial elaborada, podemos afirmar que o presente trabalho atingiu seus objetivos gerais estipulados durante sua idealização, tal afirmação se justifica com a síntese dos dados e informações levantados durante a apresentação dos resultados, foi definido um modelo elétrico com base em energia fotovoltaica para ser aplicado nas lanchas que atuam diariamente na travessia Belém-Combu.

Como citado anteriormente, as embarcações desenvolvidas ao longo do trabalho representam alguns modelos que atuam dentro da travessia Belém-Combu, entretanto sabemos que não teremos os mesmos resultados para todas as embarcações que prestam a travessia, vemos uma grande variedade de embarcações atuando entre Belém-Combu, sendo necessários dimensionamentos individuais para atender as especificidades de cada embarcação.

A partir do dimensionamento elétrico foi possível se obter dados concretos a respeito dos sistemas elétricos necessários para atuar dentro dos modelos navais representados. A partir dos cálculos executados, foi dimensionado um valor entre 6 e 8 placas solares para uso com base na área disponível das coberturas e potência requerida do sistema de 14,059 kw e 9,425 kw, assim como 5 células de bateria com cerca de 1000 A.h.

No âmbito socioambiental, tal proposta se concretizada tem o potencial de trazer incontáveis benefícios para as comunidades que trabalham com a travessia, moradores da Ilha do Combu assim como para os empresários que atuam em empreendimentos na região. Acerca dos fatores ambientais, vemos que a consolidação do referido projeto trará vantagens em grande escala no que diz a respeito à poluição atmosférica gerada pelos motores das embarcações em análise. Ainda, tal aplicação atua diretamente no desenvolvimento social das comunidades em análise, graças a aplicação das matrizes propostas. Cabe ressaltar algumas melhorias e possibilidades de refinamento para a aplicação do trabalho em destaque. Como já foi mencionado as embarcações que atuam na travessia tem características variadas, isto é visto em suas características principais, materiais de construção, potência dos motores, capacidade de passageiros e assim por diante. Desta maneira, sabemos que os dados demonstrados se aplicam apenas para os modelos em destaque, sendo necessário novos cálculos de dimensionamento, apesar disso, os resultados acerca de viabilidade dificilmente terão mudanças drásticas.

## **6. REFERÊNCIAS**

OLIVEIRA, Mauricio Aguilar Nepomuceno de. Análise da Viabilidade de Embarcações Solares para Transporte de Passageiros. Dissertação, Programa de Pós Graduação em Engenharia e Oceânica, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PANTOJA, Eugênio. MEDEIROS, Rodrigo. Revista Época, 2016. Disponível em: <https://epoca.oglobo.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/amazonia/>. Acesso em 02 set. 2021.

ROMEIRO, A. RIBEIRO. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômica-ecológica. Dossiê Sustentabilidade – Estud. Av. 26 (74), 2012.

SOUZA, Ronilson di. **Os Sitemas de Eenergia Solar Fotovoltaica**. BlueSol Educacional, Ribeirão Preto. 2020.

Recebido em: 15/11/2021

Aceito em: 22/11/2021

Endereço para correspondência:

Nome Daniel da Silva Cunha, Andrey Felipe  
Lima Email [dasilva.cunha13@gmail.com](mailto:dasilva.cunha13@gmail.com)



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)