

---

## UM PROTÓTIPO SEGUIDOR SOLAR PARA EDUCAÇÃO EM ENERGIA FOTOVOLTAICA NUM CENÁRIO DE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES

### *A PROTOTYPE SOLAR TRACKER FOR PHOTOVOLTAIC ENERGY EDUCATION IN A SMART GRID SCENARIO*

Carlos Eduardo de Ávila Soares Rodrigues<sup>1</sup>  
Mário Mestria<sup>2</sup>

**Resumo –** Esse artigo propõe o desenvolvimento de um protótipo chamado seguidor solar, utilizando um eixo, que o habilita operar de forma eficiente e eficaz. Esse protótipo permite uma melhoria de 10% na produção de energia em comparação com a instalação fixa de um painel fotovoltaico. Além disso, o equipamento é capaz de acompanhar o movimento rotacional diário da Terra em relação ao Sol. O seguidor solar abrange diversas áreas da engenharia. Portanto é uma ferramenta de educação interdisciplinar, possibilitando o desenvolvimento de várias habilidades e competências. Essa ferramenta educacional introduz conceitos de energia renovável que pode contribuir as redes elétricas inteligentes. Durante os testes, o aprendizado interdisciplinar do projeto foi alcançado. Assim, devido à sua abrangência em diversos tópicos, o seguidor solar é um candidato à ferramenta de ensino na engenharia. Além disso, o permite uma formação de profissionais sob uma perspectiva de sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Energias renováveis. Seguidor solar. Sustentabilidade. Ferramenta educacional. Educação interdisciplinar. Redes elétricas inteligentes.

**Abstract -** This paper proposes the development of prototype called solar tracker, using an axis that enables it to operate efficiently and effectively. This prototype allows for an improvement of 10% in energy production compared to the fixed installation of the photovoltaic panel. Furthermore, the equipment can monitor the daily rotational movement of the Earth in relation to the Sun. The solar tracker covers several areas of engineering. Therefore, it is a tool for interdisciplinary education, enabling the development of several skills and competencies. This educational tool introduces concepts about renewable energy that can contribute to smart grids. During the tests, the interdisciplinary learning of the project was reached. Thus, due to their coverage of diverse topics, the solar tracker is a candidate to the teaching tool in engineering. Beyond, it enables the training of professionals from a viewpoint of sustainability.

**Keywords:** Renewable energies. Solar tracker. Sustainability. Educational tool. Interdisciplinary education. Smart grids.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica no Instituto Federal do Espírito Santo. Contato: ceavilasr@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Computação pela UFF-RJ; Docente no Instituto Federal do Espírito Santo. Contatos: mmestria@uol.com.br, mmestria@ifes.edu.br.

## I. INTRODUÇÃO

O acordo de Paris, proposto na 21<sup>a</sup> Conferência das Partes, tem o objetivo de limitar o aumento da temperatura média do planeta em 2°C em relação à temperatura pré-industrialização (MMA, 2025). No Brasil, a contribuição descrita em *Nationally Determined Contribution* é reduzir em 37% as emissões de carbono até o ano de 2025, em relação às medidas de 2005.

Os dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica mostra um salto de 23 MW (Megawatts) de potência produzidos por painéis fotovoltaicos em 2014 para 56573 MW (ABSOLAR, 2025). Assim, a produção de energia fotovoltaica ocupa atualmente o segundo lugar do pódio com 18% na matriz energética.

Os seguidores solares são sistemas capazes de acompanhar os movimentos aparentes do Sol no céu, maximizando a geração de energia e sempre manter o painel solar associado perpendicular à incidência de raios solares. Este equipamento possibilita maior produção energética em relação à instalação fixa do painel e acompanhar o movimento diário do Sol com o uso de eixos (LEWANDOSKI *et al.*, 2022).

Os trabalhos de Adetunji *et al.* (2022) e Huzaifa *et al.* (2023) consideraram que o planejamento de redes elétricas inteligentes necessita de alocação de unidades de geração distribuída de energia fotovoltaica. Segundo El Jaouhari (2018), uma casa inteligente com diferentes sensores heterogêneos, o gerenciamento da parte energética consiste no monitoramento do consumo de energia por meio de medidores e tomadas inteligentes. Os autores El Jaouhari (2018) destacam que o gerenciamento da energia renovável deva usar painéis fotovoltaicos. Nesse sentido, para aproveitar melhor a captação da energia usase os seguidores solares.

Os seguidores solares abrangem diversas áreas da engenharia sendo uma ferramenta para a educação interdisciplinar. Por isso, esse trabalho propõe um estudo sobre o seguidor solar e sua influência na geração de energia ao se comparar com um modelo fixo de painel. Uma pesquisa com os alunos sobre o seguidor solar como ferramenta educacional também foi realizada.

Esse artigo é estruturado como segue: na seção 2, trabalhos relacionados são apresentados. Na seção 3, a metodologia é descrita mostrando os aspectos construtivos bem como a elaboração do formulário de pesquisa utilizado. Na seção 4, os resultados são mostrados com os testes em campo do protótipo, assim como as respostas do questionário aos alunos. Por fim, na última seção são delineadas as conclusões e as propostas de trabalhos futuros.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

Seguidores de dois eixos costumam ser empregados em lugares com grande latitude geográfica já que a posição aparente do Sol varia com maior intensidade nesses locais (QUESADA *et al.*, 2015). Um exemplo possível para um seguidor solar com rastreamento passivo consiste em alocar perpendicular à placa fotovoltaica dois painéis menores, cada um com sua face voltada para o lado oposto ao outro painel (POULEK E LIBRA, 1998).

Outro aspecto determinante na montagem de um seguidor solar é usar o método de rastreamento, um meio para alcançar o ponto de máxima transferência de potência (*Maximum Power Point Tracking - MPPT*, sigla em inglês).

Outros meios são possíveis, por exemplo, mapeamento temporal do Sol a depender da região, métodos de Perturba & Observa e da Condutância Incremental (LOBATO, 2015; VENDRUSCOLO E ANDRADE, 2021).

Figura 1 – Configurações de eixo único.



Fonte: de Godoy (2019).

Outros tipos de rastreamentos são por meio da comparação de sinais analógicos obtidos pela leitura de fotoresistores (*Light-Dependent Resistors - LDRs*) descritos em Anshory *et al.* (2024). Outras técnicas são apresentadas em Kumar *et al.* (2024), em Tharamuttam e Ng (2017) e em Dandu e Thangam (2023).

Para configurações compostas por eixos duplos pouco importa, já que o seguidor é capaz de alcançar o MPPT por si só. Em situações de eixo único, três opções são as mais comuns para se construir o eixo: forma horizontal, vertical ou inclinada. Cada situação há vantagens específicas em se tratando do local de instalação, conforme Figura 1.

### III. METODOLOGIA

Nessa seção será descrito o processo de construção do protótipo e os critérios em elaborar o questionário utilizado na pesquisa junto aos alunos.

#### 3.1 Partes mecânicas

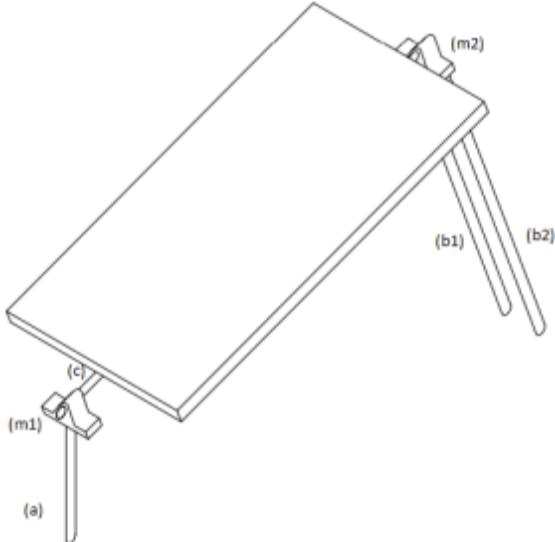
Com objetivo de criar um bom balanço entre complexidade, preço e eficiência, o protótipo terá um eixo único de rotação, sendo sua configuração de montagem de eixo inclinado. As características são dependentes de múltiplas variáveis, por exemplo, deve-se considerar o ponto geográfico de instalação, neste caso na cidade de Serra (ES). O segundo aspecto a se notar são as dimensões da placa utilizada bem como a carga peso a qual o sistema estará submetido.

A placa para qual o projeto foi dimensionado é a Resun RSM030-P, um painel com dimensões de 670 mm (milímetros) de comprimento, 350 mm de largura e 25 mm de espessura, bem como 2,6 kg (quilogramas). Dado baixa carga, e junto ao fator da exposição ao tempo, o alumínio é o material mais adequado, levando em conta o fácil acesso e ao seu custo. Um diagrama da construção da proposta é mostrado na Figura 2 com valores na Tabela 1.

Os elementos “a”, “b1”, “b2” e “c”, possuem diâmetro de três quartos de polegada ou aproximadamente 19,05 mm, valor escolhido por ser capaz de sustentar a carga dimensionada. Dado o aspecto comercial, de extrema importância, principalmente por

possibilitar que os itens “m1” e “m2”, os mancais de modelo UCP-204-12 são aplicados com maior facilidade por possuírem o mesmo diâmetro interno. Assim, garante o encaixe enquanto possibilita o movimento do eixo.

Figura 2 – Representação Isométrica.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A Tabela 1 mostra as medidas do protótipo proposto.

Tabela 1 – Comprimentos notáveis.

Componente	Comprimento (cm)
a	20
b1, b2	50
c	80
m1, m2	3,1

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O comprimento dos elementos “a” e “c” foi definido de acordo com necessidades construtivas e de segurança, enquanto “b1” e “b2” são resultados matemáticos obtidos ao se considerar o eixo com uma inclinação de 20°, valor aproximado de latitude da cidade de Serra (ES).

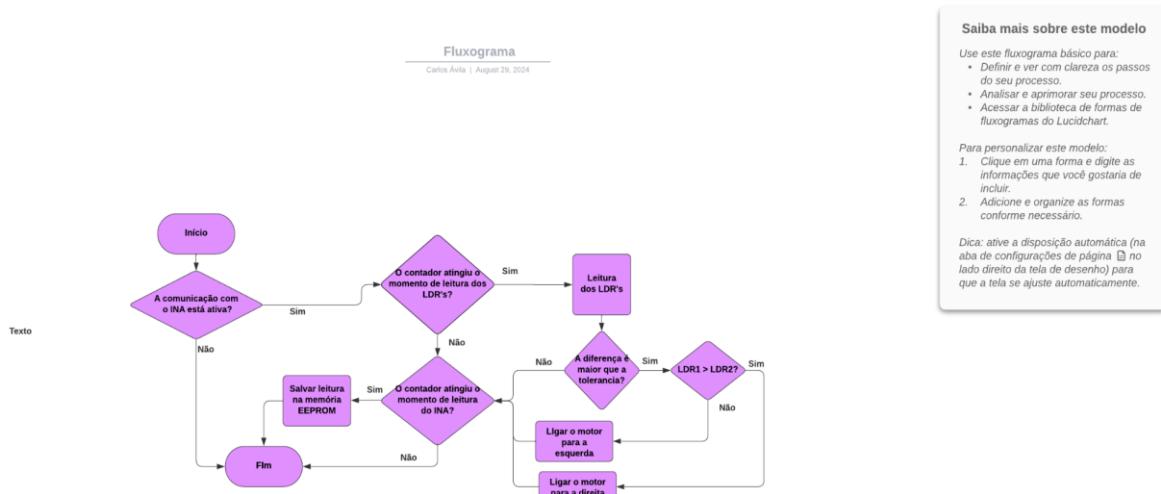
### 3.2 Sistema de posicionamento do protótipo

O sistema de controle é executado por meio da placa de desenvolvimento Arduino UNO e utiliza o método MPPT na comparação entre fotorresistores. Para a medição da produção de potência do painel, um sensor do tipo INA 219 foi implementado. A justificativa do uso desse sensor está nas correntes relativamente baixas. O sensor é ligado em série com uma carga de 12 Ω (ohms) composta por resistores de potência de 10 W (watts) com valores de 2 Ω e 4 Ω, dois de cada. Essa carga foi escolhida por estar próxima da carga de potência máxima da placa, ou seja, a carga na curva “I x V” (corrente por tensão). Isso provoca a maior potência de captação.

No caso da Resun RSM030-P, sua tensão de potência máxima é de 18,54 V (Volts) e corrente de 1,62 A (Amperes). Assim, a carga (resistência) que provocaria a maior potência possível para esta placa, 30 W, se aproxima de 11,44 Ω. Os responsáveis por realizar a rotação do sistema são o motor de corrente contínua AK510 com caixa de

redução e uma engrenagem acoplada ao eixo de rotação. O motor possui tensão nominal de 12 V, fornece 15 kgf.cm de torque e executa isso em 3 rpm (rotações por minuto). É uma baixa rotação, porém o suficiente para acompanhar os movimentos aparentes do Sol no céu, que possuem uma variação de aproximadamente um grau a cada três minutos. A conexão entre o eixo do motor e a engrenagem é feita por um parafuso sem fim. Na Figura 3 é mostrado o fluxograma do algoritmo para implementar a movimentação do eixo no protótipo.

Figura 3 - Fluxograma.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O sistema deve ser acionado em ambas as direções de giro, para tal, o Shield Motor L293D foi empregado junto ao próprio controlador do sistema.

Figura 4 - Protótipo construído.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para alimentar o seguidor e possibilitar o uso fora da rede elétrica, uma bateria foi construída utilizando três células Li-ion do tipo 18560, com 3,7 V de tensão nominal. Essas células estão associadas em série, com o auxílio de uma placa reguladora BMS 3S,

capazes de fornecer a tensão adequada ao motor e ao Arduino para a realização de testes fora da rede elétrica.

Porém, em campo, a bateria não possui autonomia suficiente para um dia inteiro, sendo necessária a alimentação através de uma fonte 12 V. A Figura 4 mostra uma fotografia do protótipo construído.

### 3.3 Elaboração do formulário

Elaborou-se um formulário utilizando questões com duas opções “sim” ou “não”. Nessa categoria as questões correspondem da sexta até a nona. Além disso, existem questões onde o participante deveria responder de acordo a escala Likert entre “um” e “cinco” (LIKERT, 1932).

Nessa escala, os números são classificados em duas categorias diferentes a depender do número da questão. Assim, para a segunda e terceira questão, “um” se refere a “desconheço completamente”, “dois” é “desconheço parcialmente”, “três” age como “mediano”, “quatro” a “conheço parcialmente” e “cinco” significa “conheço totalmente”.

Já para a quarta e quinta questão “um” corresponde a “discordo totalmente”, “dois” a “discordo parcialmente”, “três” a “não concordo nem discordo”, “quatro” como “concordo parcialmente” e “cinco” a “concordo totalmente”.

A pesquisa ocorreu num Campus de um Instituto Federal e consistiu em uma apresentação do protótipo proposto funcionando e explicado em detalhes. Apesar dos questionários envolverem perguntas com participantes não houve de forma direta ou indireta manejo de dados pessoais e nem informações pessoais (não houve coleta da idade dos participantes, nem do gênero, nem de endereço de pessoas, nem da faixa salarial e nem a profissão).

Quando é perguntado ao participante sobre seu curso, essa informação não é associada a nenhuma base de dados. Nesse sentido, nosso trabalho está de acordo a Resolução de número 510, de 07 de abril de 2016, do sistema CEP/CONEP, que no Artigo primeiro, em seu parágrafo único e inciso I, temos: “não serão registradas e nem avaliadas pelo sistema, o seguinte: pesquisa de opinião pública com participantes não identificados”.

## IV. RESULTADOS

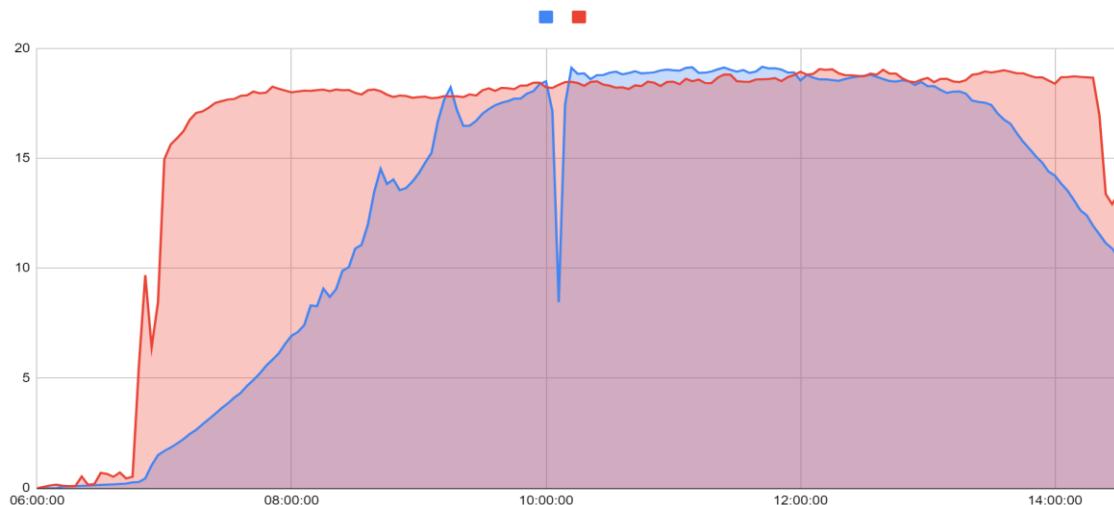
Os resultados obtidos por meio dos experimentos em campo e os dados coletados a partir do questionário serão apresentados nesta seção.

### 4.1 – Protótipo

Dois dias de similares condições climáticas no mês de Agosto de 2024 foram escolhidos para os testes. Em um deles o sistema ficou desligado, mantendo o painel fixo na posição neutra e no outro dia o sistema foi ligado. As correntes produzidas para a carga estipulada foram medidas.

Na Figura 5, a área em azul corresponde ao dia em que o painel está fixo e a área em vermelho corresponde ao dia que o protótipo de seguidor solar está ativo. Os ganhos na produção de potência se concentram no início e no fim do gráfico, perto do nascer e do pôr do Sol, como é previsto, já que nessas situações, o sistema fixo recebe pouca luminosidade de forma perpendicular.

Figura 5 - Gráfico de potência.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

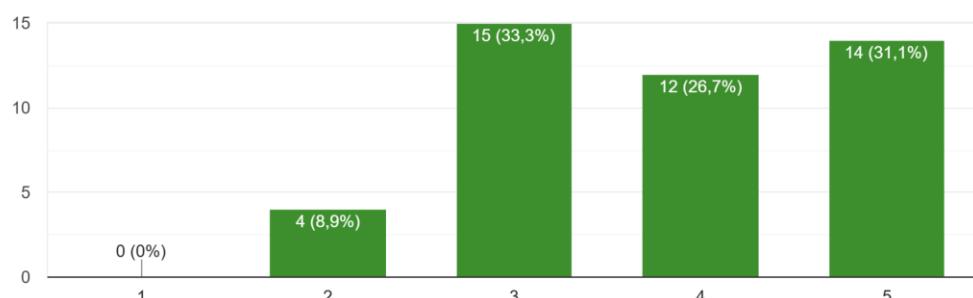
Este teste apresentou um aumento de aproximadamente 10% na produção ao ligar o seguidor, saltando de uma média ao longo do período de testes de 16,7 W para 18,3 W.

#### 4.2 Formulário

As apresentações do protótipo ocorreram em três situações: (1) turma do curso integrado de eletrotécnica; (2) turma do curso de bacharelado em engenharia elétrica; e (3) em laboratório destinados ao desenvolvimento de pesquisas do Campus (LabTef), onde o protótipo ficou exposto durante vários dias. A primeira pergunta do questionário foi feita para permitir uma análise qualitativa dos dados, identificando quais cursos responderam às perguntas, bem como definir as parcelas de participação de cada aluno nesses cursos.

Figura 6 - Segunda pergunta.

Na escala de 1 a 5, quanto familiar o assunto de energia solar é para você?  
45 respostas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

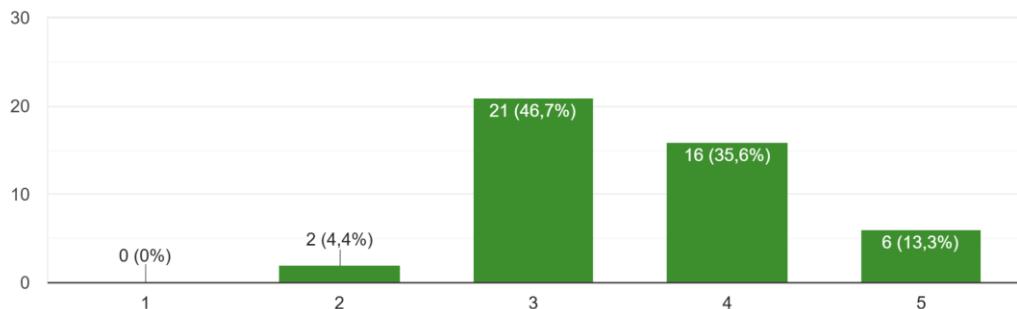
Além disso, participaram professores do Instituto Federal. Os resultados apontaram que 68,9% foram participantes do curso de Engenharia Elétrica e 22,2% consistia de alunos do curso técnico em Eletrotécnica.

Os demais participantes consistiam de alunos dos cursos de Engenharias Mecânica e Metalúrgica e do curso técnico em mecânica. Completando essa análise, três

professores participaram das respostas ao questionário, após assistirem a apresentação do protótipo. As respostas dos professores não foram tratadas com pesos diferenciados em relação às respostas dos alunos. No entanto, nas respostas dos professores foram colhidas informações relevantes para trabalhos futuros, nos quais foram delineadas na seção Conclusão. Os resultados alcançados foram por meio das 45 respostas obtidas. Com o objetivo de definir o conhecimento dos participantes da pesquisa, a segunda pergunta, Figura 6, mostra que mais de 50% estão familiarizados com o tema.

Figura 7 - Terceira pergunta

Na escala de 1 a 5, como você classificaria seu conhecimento em energias renováveis?  
45 respostas

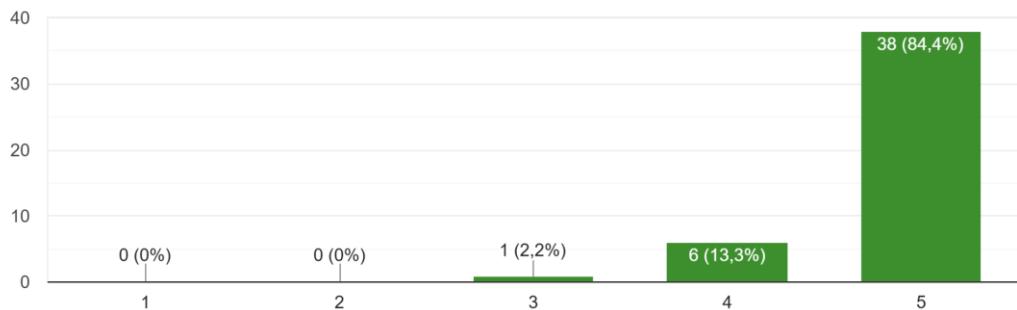


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A pergunta da Figura 7 também auxiliou na categorização dos participantes ao abrirmos mais o escopo da pergunta. As respostas com valor “3”, “mediano”, tiveram um aumento de 13,4% em relação à primeira pergunta.

Figura 8 - Quarta pergunta.

Na escala de 1 a 5, classifique a seguinte afirmação com base nos seus conhecimentos do assunto. "Placas fotovoltaicas para a geração de e...avés da energia solar são benéficas à sociedade."  
45 respostas

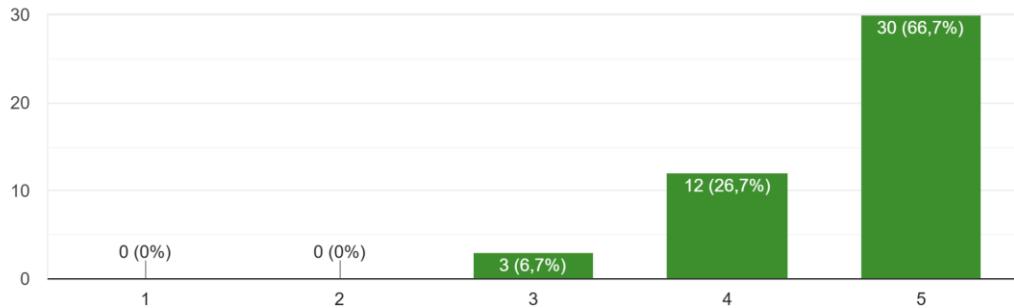


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A Figura 8 contém a quarta pergunta e nela, quase a totalidade dos participantes enxergam placas fotovoltaicas como um meio de produção energética benéfica à sociedade.

Figura 9 - Quinta pergunta.

Na escala de 1 a 5, classifique a seguinte afirmação com base nos seus conhecimentos do assunto. "Placas fotovoltaicas para a geração de energia renovável investem, alcançando viabilidade econômica."  
45 respostas



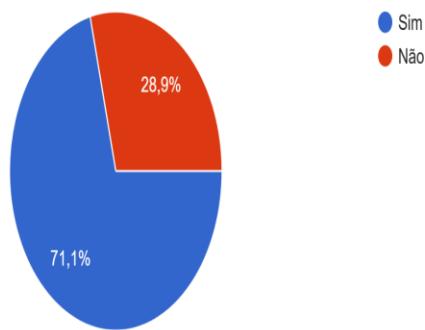
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A quinta pergunta, Figura 9, mostra se há viabilidade econômica das placas fotovoltaicas. Dois terços dos participantes afirmaram “concordam completamente”.

Figura 10 - Sexta pergunta.

Já ouviu falar ou lidou com seguidores solares?

45 respostas

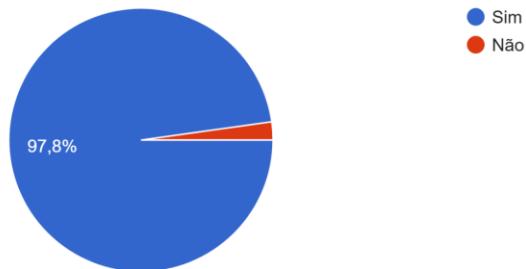


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Por meio da Figura 10, nota-se que mais de 70% do público estão familiarizados com os seguidores solares. A maior parte das respostas “não” foi advinda das turmas do ensino técnico, uma análise feita a partir da primeira pergunta (Qual o seu curso?).

Figura 11 - Sétima pergunta.

Você diria que foi capaz de compreender melhor o funcionamento das placas fotovoltaicas devido ao protótipo? (Por exemplo, como ocorre a geração de energia)  
45 respostas

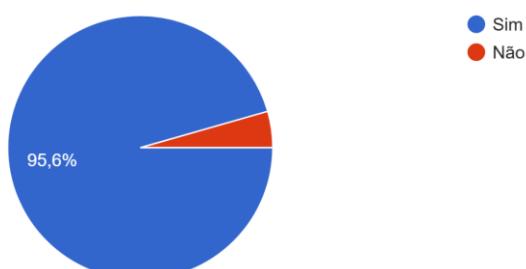


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Aproximadamente 98% dos participantes afirmaram terem sido capazes de compreender melhor o funcionamento das placas fotovoltaicas por meio do protótipo apresentado e os conceitos abordados por esse, como mostra a Figura 11.

Figura 12 - Oitava pergunta.

O protótipo de seguidor solar foi capaz de te apresentar conceitos fora da sua área de estudo? (Por exemplo, conceitos mecânicos aos estudantes de elétrica e vice versa)  
45 respostas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A Figura 12 contém a oitava pergunta, responsável por abordar o critério de interdisciplinaridade. Mais de 95% afirmaram aprender tópicos relacionados ao ensino fora da área de estudo do aluno.

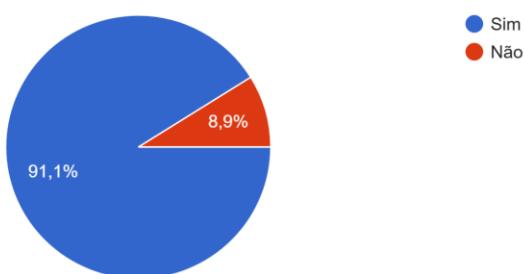
Na Figura 13 é mostrada a nona pergunta, importante dessa pesquisa, sendo objetivo descobrir o interesse dos participantes em trabalhar com o protótipo.

Nessa Figura 13, mais de 90% dos participantes declararam que ficaram interessados em utilizar o protótipo como instrumento didático.

Figura 13 - Nona pergunta.

Você gostaria de desenvolver durante as aulas um protótipo similar? Seja a área mecânica, elétrica ou de automação.

45 respostas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As respostas obtidas para a décima pergunta são subjetivas, assim foram selecionadas algumas respostas com destaque, Figura 14.

Figura 14 - Décima pergunta.

“É uma ferramenta de ensino muito pertinente, pois exploram conceitos elétricos, mecânicos e há a possibilidade de tratar de assuntos ambientais”;

“Seria uma ótima oportunidade de estudo interdisciplinar para matérias do técnico ou especializações na engenharia.”;

“O projeto apresenta uma ótima aplicação de diversas áreas da engenharia, muito bem projetado. Uma boa demonstração de como as áreas da engenharia podem se combinar.”;

“É uma ferramenta muito boa, principalmente para aulas de laboratório em que tem o objetivo de facilitar a visualização e criação de projetos fotovoltaicos e servir de inspiração para melhorias no seguimento.”;

“Ótima proposta, os temas de geração fotovoltaica e energias renováveis são assuntos em alta, mas que ainda precisam ser reforçados a nível técnico e superior.”;

“O fato de o protótipo apresentar etapas diversas em seu desenvolvimento (programação, partes mecânicas, carga, tensão, dentre outros) possibilita o aprimoramento de diferentes ferramentas e habilidades importantes aos engenheiros, então eu adoraria ter a possibilidade de ter o seguidor solar como ferramenta de ensino durante minha graduação.”.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

## V. CONCLUSÃO

O protótipo seguidor solar permitiu 10% a mais na geração de energia em comparação com a instalação fixa de um painel fotovoltaico. O conceito de seguidor solar é fundamental para o entendimento e engajamento no ensino de Programação, Sistemas Embarcados, Controle, Automação, *Smart Grids* e Energias Renováveis nas engenharias, num contexto interdisciplinar. Nesse sentido, funcionalidade da placa solar, conceitos de eletricidade na potência gerada pelo painel e métodos de busca pelo MPPT são habilidades alcançadas nesse aprendizado.

Os engenheiros são cruciais no desenvolvimento de projetos voltados para a sociedade, principalmente na atualidade que valorizam a sustentabilidade (LOUREIRO, 2015). O letramento passa também no aprendizado sobre a energia fotovoltaica que contribui como fonte energética para as redes elétricas inteligentes (ALPHONSE; RAJ; ARUMUGAM, 2022).

Na transição energética proposta pelo acordo de Paris e na abrangência de temas transversais, os seguidores solares são candidatos para as próximas ferramentas de ensino nas engenharias, possibilitando a formação de profissionais no entendimento sobre sustentabilidade.

Como trabalho futuro é proposto o uso de *Internet of Things* (IoT) ao seguidor solar. Assim, é possível monitorar a potência de saída dos painéis fotovoltaicos e alertar o usuário do sistema em tempo real, bem como adicionar funcionalidades ao sistema como acesso ao horário corrente (MUTHUKUMAR *et al.*, 2023). A IoT é um conceito importante para implementar cidades inteligentes com redes elétrica inteligentes.

## VI. REFERÊNCIAS

- ABSOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil Infográfico**. São Paulo, Brasil, 2025. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em 24 mai. 2025.
- ADETUNJI, K. E. *et al.* A novel dynamic planning mechanism for allocating electric vehicle charging stations considering distributed generation and electronic units. **Energy Reports**, v. 8, p. 14658–14672, 2022.
- ALPHONSE, A. R. A.; RAJ, A. P. P. G.; ARUMUGAM, M. Simultaneously allocating electric vehicle charging stations (EVCS) and photovoltaic (PV) energy resources in smart grid considering uncertainties: A hybrid technique. **International Journal of Energy Research**, v. 46, n. 11, p. 14855–14876, 2022.
- ANSHORY, Izza *et al.* Monitoring solar heat intensity of dual axis solar tracker control system: New approach. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 53, p. 103791, 2024.
- DANDU, Rishitha; THANGAM, S. **IoT Based Single Axis Solar Tracker**. In: *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*. IEEE, p. 1-5, 2023.
- DE GODOY, Lucas Gonçalves Kolblinger. **Projeto de um Rastreador Solar Digital de um Eixo Comparado a um Rastreador Analógico**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- EL JAOUHARI, Saadi. **A secure design of WoT services for smart cities**. Networking and Internet Architecture [cs.NI]. Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Atlantique, 2018. English. NNT: 2018IMTA0120. tel-02093561.
- HUZAIFA, M. *et al.* Optimal Planning Approaches under Various Seasonal Variations across an Active Distribution Grid Encapsulating Large-Scale Electrical Vehicle Fleets and Renewable Generation. **Sustainability (Switzerland)**, v. 15, n. 9, 2023.
- KUMAR, Kanhaiya *et al.* **Soft computing based Solar Follower using Raspberry Pi 4B**. In: *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing, 2024.
- LEWANDOSKI, Cristiano Fernando *et al.* Study of the Efficiency of the Solar Tracker System compared to the Fixed Solar Generation System. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, e6711628671, 2022.
- LIKERT, Rensis. **A technique for the measurement of attitudes**. Archives of Psychology, 1932.
- LOBATO, Salatiel de Castro. **Análise comparativa entre as principais técnicas de MPPT com foco experimental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2015.

LOUREIRO, Solange Maria. **Competências para a sustentabilidade/desenvolvimento sustentável: um modelo para a educação em engenharia no Brasil.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2015.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris.** Le Bourget, França, 2015. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em 24 abr 2025.

MUTHUKUMAR, P. *et al.* Energy efficient dual axis solar tracking system using IoT. **Measurement: Sensors**, v. 28, p. 100825, 2023.

POULEK, Vladislav; LIBRA, Martin. New solar tracker. **Solar energy materials and solar cells**, v. 51, n. 2, p. 113-120, 1998.

QUESADA, Guillermo *et al.* Tracking strategy for photovoltaic solar systems in high latitudes. **Energy conversion and Management**, v. 103, p. 147-156, 2015.

THARAMUTTAM, Jerin Kuriakose; NG, Andrew Keong. Design and development of an automatic solar tracker. **Energy Procedia**, v. 143, p. 629-634, 2017.

VENDRUSCOLO, Miréli Binder; ANDRADE, António Manuel Santos Spencer. **Análise comparativa das técnicas clássicas de MPPT.** In Seminar on Power Electronics and Control (SEPOC 2021), 2021.

## VII. AGRADECIMENTOS

O projeto foi parcialmente suportado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, chamada n. 18/2024, Bolsas de Produtividade do CNPq e pelo projeto n. PJ4373 (Desenvolvimento de Métodos Computacionais Aplicados aos Sistemas de Engenharia Elétrica) no edital Ifes/PRPPG 03/2024 Pibic e Pibiti.

## VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.