



Objetivo educacional com modificações exploratórias utilizadas na montagem de miniveículo solar

Educational objective with exploratory modifications used in the assembly of mini solar vehicle

Emerson Roberto Santos^{1,2,3,*} , Wendell Nunes da Silva¹ , Vagner Moreira Azevedo¹ , Gidenilson Matos Silva¹ , Renato Alexandre Pereira Vicente¹ , Antonio Celso Duarte³ , Elvo Calixto Burini Junior⁴ 

1. Grau Técnico – Eletrotécnica – Unidade Lapa – São Paulo (SP), Brasil.
2. Laboratório SuperCriativo – São Paulo (SP), Brasil.
3. Faculdade de Tecnologia de São Paulo  – Centro de Inovação – São Paulo (SP), Brasil.
4. Universidade de São Paulo  – Instituto de Energia e Ambiente – São Paulo (SP), Brasil.

Autor correspondente: cientistaemersonsantos@gmail.com

Editor de seção: Antonio Renato Bigansolli 

Recebido: Jul 21, 2022 **Aceito:** Maio 3, 2023

RESUMO

Introdução: células solares como fonte de energia limpa e alternativa vêm sendo utilizadas em diferentes dispositivos. **Objetivo:** explorar diferentes parâmetros como peso e velocidade de locomoção de miniveículos solares educativos montados com kits comerciais, adicionando novos componentes. **Métodos:** dois miniveículos solares foram montados com os kits: o modelo MVS-0 original e o MVS-1, que utilizou: (a) cone de papelão para suportar a célula solar; (b) capacitor eletrolítico de 25 V e 47 μ F conectado em paralelo com o motor e a célula solar, e (c) nova engrenagem com 48 dentes. Em ambos, foram utilizadas células solares de tamanho maior. **Resultados:** os pesos revelaram 24,3 g para o MVS-0 e 34,7 g para o MVS-1. Embora mais pesado, o MVS-1 aumentou a velocidade média de locomoção de 0,39 m/s (ou 1,40 km/h), enquanto o MVS-0 apresentou somente 0,20 m/s (ou 0,72 Km/h), para ambos, utilizando o mesmo método de irradiação. **Conclusão:** foram constatados: (a) aumento da energia elétrica produzida trocando as células solares; (b) melhoria da conversão da energia elétrica com a remoção do bulbo da lâmpada LED e (c) aumento da velocidade com a inclusão do capacitor eletrolítico e troca da engrenagem.

PALAVRAS-CHAVE: Miniveículo solar, Capacitor eletrolítico, Engrenagem.

ABSTRACT

Introduction: solar cells as a clean and alternative energy source are being used in different devices. **Objective:** to explore different parameters such as weight and speed of locomotion of educative solar Mini vehicles assembled with commercial kits by adding new components. **Methods:** two solar Mini vehicles were assembled with the kits: the original MVS-0 model and the MVS-1 that used: (a) a cardboard cone to support the solar cell; (b) a 25 V and 47 μ F electrolytic capacitor connected in parallel with the motor and the solar cell and (c) a new gear with 48 teeth. In both, larger solar cells were used. **Results:** the weights showed 24.3 g for the MVS-0 and 34.7 g for the MVS-1. Although heavier, the MVS-1 increased the average locomotion speed by 0.39 m/s (or 1.40 km/h), while the MVS-0 showed only 0.20 m/s (or 0.72 Km/h), for both using the same irradiation method. **Conclusion:** it was found: (a) increase of the electric energy produced by changing the solar cells; (b) improvement of the conversion of electric energy by removing the LED bulb and (c) increase of the speed by including the electrolytic capacitor and changing the gear.

KEYWORDS: Solar mini vehicle, Electrolytic capacitor, Gear.



INTRODUÇÃO

Uma breve história sobre as células solares

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839, pelo físico francês *Alexandre Edmond Becquerel*, ao descobrir que determinados materiais geravam corrente elétrica quando expostos à luz¹. Em 1877, os cientistas *William Grylls Adams* e *Richard Evans Day* construíram a primeira célula solar que utilizava dois eletrodos de selênio e que produzia corrente elétrica, quando exposta à radiação². Este resultado indicava que a eficiência deste sistema ainda era muito pequena e que o desenvolvimento de células solares precisava de avanços mais significativos. No ano de 1947, os físicos *William Shockley*, *John Bardeen* e *Walter Bratt* ainda *Bell Laboratories* descobriram os componentes eletrônicos conhecidos como transistores, o que ampliou completamente a aplicação de materiais semicondutores na área da eletrônica³. Em 1954, três pesquisadores conhecidos como *Daryl Chapin*, *Calvin Fuller* e *Gerald Pearson*, também da *Bell Laboratories*, desenvolveram um sistema fotovoltaico com eficiência de 6% utilizando células solares de silício, e revolucionando, assim, a tecnologia fotovoltaica⁴. A partir deste dispositivo, a produção de energia começou a impulsionar outras áreas com o objetivo de melhorar o aproveitamento da energia fornecida pelo sol, provocando elevados investimentos em pesquisa nesta área por parte dos EUA e da União Soviética durante a corrida espacial⁵. Em 1957, a União Soviética lança ao espaço o satélite artificial *Sputnik*, porém, para funcionar, este equipamento necessitava de pilhas químicas ou baseadas em materiais radioativos⁶.

Em 1958, os EUA levam ao espaço o satélite artificial chamado *Vanguard I*, que também possuía um sistema de energia gerado por pilhas – mas que apresentou falha durante a missão –, e outro sistema alimentado com painéis fotovoltaicos, que acabou gerando energia elétrica para o funcionamento do rádio de comunicação com a base no planeta Terra, utilizando um pequeno painel solar com 100 cm², que produzia apenas 0,1 W de potência e que consumia somente 5 mW^{6,7}.

No ano de 1963, a empresa multinacional *Sharp Corporation* inicia a comercialização de painéis fotovoltaicos e, em 1964, a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) lança ao espaço outro satélite chamado *Nimbus*, equipado com painéis solares capazes de gerar 470 W⁸.

Nos primeiros anos na década de 1970, a indústria petrolífera mundial começou a apresentar declínio na produção de petróleo quadruplicando o preço do barril, sendo necessário o aperfeiçoamento de novas fontes de energia, como foi o caso da produção em massa das células solares, forçando o mercado a reduzir seus preços e, também, gerando uma nova qualidade deste dispositivo que ainda não era muito eficiente, mas que começava a apresentar preços mais reduzidos⁹.

As décadas de 1980 e 1990 foram marcadas com a preocupação e a consciência sobre as alterações do clima na Terra causadas pela queima de combustíveis fósseis e, por isso, reduzir o uso de fontes de energia não renováveis era um objetivo a ser alcançado. Então, como incentivo, os Estados Unidos realizam a instalação da primeira usina solar de grande porte gerando 1 MW de potência, na cidade da Califórnia; e novos programas conhecidos como “telhados verdes” começam a ser difundidos na Alemanha, em 1990, e no Japão, em 1936.

Aplicações das células solares

Com o contínuo aumento da população no mundo todo, alguns desafios que o homem tem encontrado são as questões relacionadas não somente à produção de alimentos, água potável e lixo, mas também a produção de energia elétrica, com o propósito de trazer menores impactos negativos ao meio ambiente, diminuindo a utilização de combustível fóssil e reduzindo o efeito estufa, e evitando, assim, o aumento no buraco da camada de ozônio. Em relação às fontes energéticas, a busca por meios alternativos em produzir energia limpa, renovável e de baixo custo para a melhoria da qualidade de vida no planeta tem sido uma das principais preocupações. Então, aproveitar da melhor maneira possível a energia da luz solar, não somente pelos vegetais para a realização da fotossíntese – mas também para beneficiar as necessidades dos próprios seres humanos –, é um objetivo que a área da energia solar vem conseguindo progresso ao longo dos últimos anos^{9,10}. Seja pelo aproveitamento na forma de grandes painéis solares ou a partir de pequenos dispositivos, melhorar os aspectos do consumo de energia de forma mais eficiente contribui significativamente para o avanço dessa tecnologia em: sistemas de iluminação; equipamentos utilizados nos lares e indústrias; bombeamento para irrigação em lavouras; rádios retransmissores de sinais e até aplicações marítimas¹¹. Com o objetivo de utilizar a energia produzida para outras necessidades, em que a

demanda energética é menor, a utilização de células solares tem sido cada vez mais presente em eletrônicos de consumo, como: relógios, calculadoras, suvenires, carregadores de celular, luminárias a LEDs e até brinquedos educativos, que é o principal propósito deste artigo.

Portanto, este estudo demonstra o conceito de energia renovável envolvendo uma aplicação em um produto comercial, ou seja, a simples movimentação de um miniveículo solar educativo montado por estudantes do ensino técnico do curso de Eletrotécnica, que utilizaram um kit de peças e que foi comparado com outro miniveículo montado com o mesmo kit, porém, acrescentando novos componentes, com objetivo de explorar a velocidade média de locomoção, o desempenho dos novos componentes e o peso total de cada miniveículo e a influência da iluminação artificial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Montagem dos miniveículos solares educativos

Para a montagem dos miniveículos solares educativos foram obtidos kits comerciais (fabricados pela empresa OEM, modelo do kit VB217P)¹². Esses kits são compostos pelas seguintes peças: (a) 01 chassi de plástico (montado com ABS – acrilonitrila butadieno estireno) com tamanho de 60 mm (de comprimento) x 37 mm (de largura) x 2,5 mm (de espessura); (b) 01 pequeno motor com baixa tensão de operação, de $\approx 2,0$ V, fixado com fita dupla face (sobre o chassi); (c) 01 célula solar com tamanho de 30 x 25 mm (com tensão máxima de 2,0 V e corrente elétrica máxima de 20 mA); (d) 04 minianilhas de plástico; (e) 02 eixos metálicos; (f) 04 rodas de plástico (montadas em ABS) com tamanho de: 29,0 mm de diâmetro e 9,0 mm de espessura; (g) 01 engrenagem de plástico (com 36 dentes); (h) 01 coroa de plástico (com oito dentes); (i) 08 miniparafusos; (j) 08 miniporcas; (k) 04 mini suportes metálicos fixadores (para sustentarem os eixos das rodas ao chassi).

Como a célula solar disponível no kit é muito pequena (com tamanho de 25 x 30 mm) e, portanto, oferece baixa eficiência energética, optou-se pela utilização de outro modelo, porém, com tamanho maior (de 40 x 55 mm), fornecida pela empresa Modelix Robotics Open Source, que é capaz de atingir até 3,3 V e apresentar corrente elétrica máxima de 30 mA. Como referência durante os testes, um miniveículo solar educativo foi montado e nomeado como MVS-0, utilizando esta célula solar de maior tamanho e as outras peças disponíveis no kit. Tal modelo, MVS-0, apresenta geometria de 76 mm (de comprimento) x 67 mm (de largura) x 26 mm (de altura).

O miniveículo solar educativo com todas as peças fornecidas no kit original – incluindo a célula solar de pequeno tamanho –, é mostrado na Fig.1a, e o miniveículo solar educativo (MVS-0), montado com todas as peças fornecidas no kit, incluindo a célula solar de tamanho maior, é mostrado na Fig.1b.

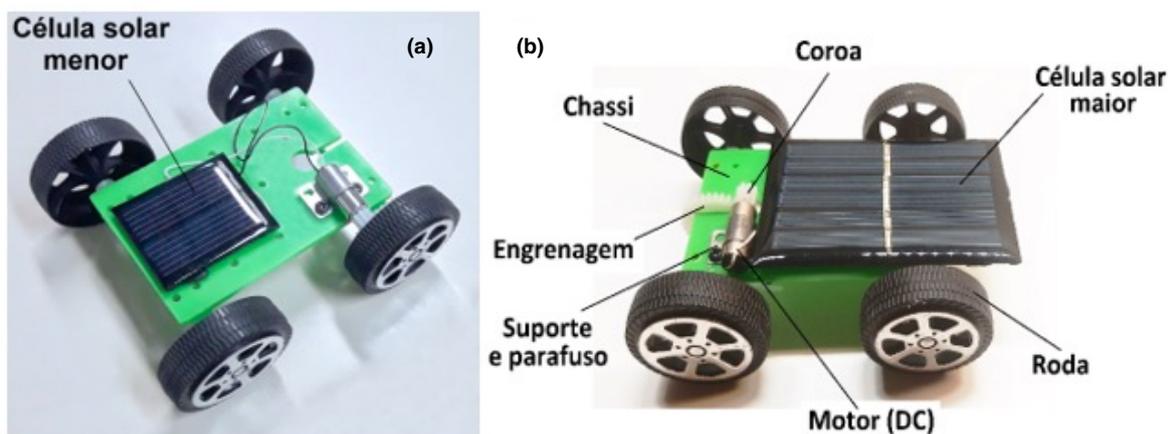


Figura 1: (a) Miniveículo solar educativo montado com todas as peças contidas no kit, incluindo a célula de tamanho menor e (b) miniveículo solar educativo (MVS-0) utilizado como referência e montado com todas as peças contidas no kit, incluindo a célula solar de tamanho maior.

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir do kit comercial e utilizando a célula solar de tamanho maior, um segundo miniveículo educativo foi montado, adicionando e retirando componentes, com o objetivo melhorar sua eficiência quanto à questão da velocidade média de locomoção. Esse “novo” modelo, que é chamado de MVS-1, apresentou tamanho de: 76 mm (altura) x 78 mm (comprimento) x 67 mm (largura) e foi montado com a utilização de um cone de papelão reforçado (extraído de caixa de porta ovos) para sustentar a célula solar. A célula solar foi conectada eletricamente em paralelo com o motor e com um capacitor eletrolítico com características elétricas de 25 V e 47 μ F. Ainda nesse modelo MVS-1, a engrenagem com 36 dentes presente no kit original foi substituída por outra engrenagem contendo 48 dentes, que foi conectada à roda. A Fig. 2 mostra o modelo MVS-1.



Figura 2: Miniveículo solar educativo, modelo MVS-1 montado com o kit comercial e outros acessórios, como: suporte de papelão para sustentação da célula solar sobre o chassi, capacitor eletrolítico de 25 V e 47 μ F (que foi conectado eletricamente em paralelo com o motor e a célula solar) e a nova engrenagem com 48 dentes conectada à roda.

Fonte: elaborado pelos autores.

Iluminação e “pista” para a movimentação dos miniveículos solares educativos

Uma mesa foi utilizada como “pista” para a circulação dos miniveículos solares educativos, na qual se delimitou uma distância de 01 m de comprimento. Os miniveículos foram iluminados com lâmpada LED da marca Ouro Lux¹³, modelo Super LED Ouro 9 de 09 W de potência (código 20031; fluxo luminoso de 806 lm; tensão de operação automática de 100 ou 240 V; frequência da rede elétrica de 50/60 Hz; branca fria de 6500K; fator de potência (FP) > 0,7; rosca modelo E-27 e data de fabricação de 10/2020). Utilizou-se a distância de 20 mm entre os LEDs da lâmpada e as células solares de ambos miniveículos. Para diminuir o fecho de luz proporcionado pela lâmpada LED, e concentrando melhor a intensidade luminosa suficiente para as células solares alimentarem os motores, o bulbo difusor de plástico (que possui pouca transparência)¹⁴ foi removido, como mostra a Fig. 3. À lâmpada, foi conectado um porta-lâmpada (ou soquete) com fiação de tamanho de 3,0 m, em tensão de rede elétrica de 220 V.



Figura 3: Lâmpada LED de 09 W da marca Ouro Lux, sem o bulbo difusor de plástico, utilizada durante os testes.

Fonte: elaborado pelos autores.

Para obter-se a velocidade média de cada miniveículo solar educativo (MVS-0 e MVS-1), utilizou-se a equação da velocidade média que varia em função da distância e do tempo decorrido¹⁵:

$$Vm = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

onde: Vm é a velocidade média atingida por cada veículo solar, Δx é a variação da distância (de 01 m de comprimento); e até a variação do tempo decorrido (em s), que durante os experimentos foi cronometrado.

Para se obter a velocidade média (em m/s) de cada miniveículo solar, 30 medições foram realizadas, fazendo cada veículo percorrer a distância de 01 m cronometrando-se o tempo. Para a conversão de m/s para km/h, a média aritmética total das 30 medições foi multiplicada pelo fator de 3,6.

Análises de tensão inicial nas células solares

Para se obter a tensão inicial na célula solar de cada miniveículo, primeiramente, utilizou-se um suporte universal (o mesmo utilizado em laboratório de química) e garras metálicas para erguer e fixar a lâmpada LED (sem o bulbo difusor) em uma altura de ≈ 30 cm da base do suporte. Abaixo da lâmpada foi colocado cada miniveículo com distância de 20 mm entre a célula solar e os LEDs da lâmpada. Um multímetro da marca Minipa, modelo ET-2042E, no modo de medição em tensão contínua (mV) foi conectado em paralelo aos terminais da célula solar de cada miniveículo. Para coletar os resultados de tensão contínua de forma segura, uma vez que os valores das análises são mostrados no display do multímetro e decaem rapidamente – devido ao aquecimento da célula solar gerado pela emissão de raios infravermelhos da lâmpada LED – o próprio display do equipamento foi filmado com câmera de aparelho de telefone celular (da marca Samsung, modelo A70) durante as medições. Utilizando este método, foram obtidas 07 medições com intervalos de tempo de ≈ 30 s entre uma e outra medição.

Análises dos pesos (em massa) de cada miniveículo solar

Para avaliar o peso (em massa) de cada miniveículo solar educativo, foi utilizada uma minibalança digital da marca PocketScale, modelo MH-200 que funciona com pilhas modelo AAA e que oferece medições de massa de objetos de até 200 g e precisão com duas casas decimais (0,01 g).

RESULTADOS

Nas análises de peso (em massa), foram encontrados diferentes valores obtidos para ambos miniveículos solares educativos, para os modelos MVS-0 e MVS-1, como são mostrados na Tabela 1. Como ambos os veículos possuem basicamente o mesmo kit, verifica-se que no modelo MVS-1 o cone de papelão utilizado para sustentar a placa solar em posição elevada sobre o chassi, a engrenagem com tamanho pouco maior e, também, com maior quantidade de dentes em comparação com a original disponível no kit e a inclusão do capacitor, acrescentaram a massa de 10,4 g em comparação ao miniveículo solar, modelo MVS-0 (utilizado como referência).

Tabela 1: Peso (em massa) dos miniveículos solares educativos testados, modelos MVS-0 (utilizado como referência) e MVS-1.

Modelo	Peso (g)
MVS-0	24,3
MVS-1	34,7

Fonte: elaborado pelos autores.

A placa solar com tamanho maior, que substituiu a menor contida no kit original, possui uma lâmina de plástico (fina) colada por baixo da célula solar, o que também pode ter contribuído para o aumento do peso.

De acordo com a Tabela 2, verifica-se maior valor de tensão elétrica imediata nos terminais elétricos da célula solar do modelo MVS-1, apresentando a média de 392,3 mV, enquanto que o modelo MVS-0 apresentou somente a média de 67,8 mV. O resultado propiciado pela utilização do capacitor eletrolítico (de 25 V e 47 µF), conectado em paralelo com o motor e, também, à célula solar, proporcionou uma elevação da tensão elétrica quase 06 vezes maior que o valor da tensão elétrica gerada sem este componente eletrônico.

É importante relatar que, na medida em que a célula solar é irradiada com a lâmpada, o valor de tensão elétrica inicial é sempre o mais elevado e diminui rapidamente e, consecutivamente, uma vez que a célula solar se aquece com a absorção dos raios infravermelhos emitidos pelos LEDs. Então, durante as irradiações, considerou-se o valor da tensão inicial imediata, ou seja, no momento exato do acionamento da lâmpada LED, certificando-se que a temperatura na célula solar permaneceu a mesma da temperatura ambiente.

Outro ponto importante que pode ser destacado nesta análise é que a tensão elétrica produzida pela célula solar foi muito menor que seu limite máximo de 3,3 V, ou seja, mesmo removendo o bulbo difusor da lâmpada LED a célula solar não atingiu a tensão máxima suportada.

Tabela 2: Tensão imediata nos terminais das células solares dos miniveículos solares educativos testados, modelos MVS-0 (utilizado como referência) e MVS-1.

Modelo	Tensão inicial (mV) (± desvio padrão)
MVS-0	67,8 ± 0,9
MVS-1	392,3 ± 0,8

Fonte: elaborado pelos autores.

Nas análises de velocidade média, verifica-se que o miniveículo solar educativo, modelo MVS-1 melhorou o desempenho, consideravelmente, em relação ao miniveículo solar utilizado como referência, modelo MVS-0, produzindo quase o dobro da velocidade média em relação ao modelo de referência, como demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3: Velocidade média de locomoção obtida pelo tempo cronometrado e distância da “pista” (de 01 m de comprimento) para ambos miniveículos solares educativos testados, modelos MVS-0 (utilizado como referência) e MVS-1.

Modelo	Tempo (s)	Distância (m)	Velocidade média de locomoção	
			(m/s)	(km/h)
MVS-0	4,94 ± 0,36	1,00	0,20	0,72
MVS-1	2,60 ± 0,20		0,39	1,40

Fonte: elaborado pelos autores.

De acordo com a Tabela 3, verifica-se que a engrenagem com 48 dentes que substituiu a engrenagem original e a utilização do capacitor eletrolítico de 25 V e 47 µF conectado eletricamente em série com o motor e, também, com a célula solar, melhoraram significativamente a velocidade média do modelo MVS-1. Porém, torna-se difícil estabelecer qual dos dois componentes (engrenagem ou capacitor eletrolítico) apresentou maior contribuição para o aumento deste desempenho, mesmo o modelo MVS-1 apresentando maior peso, ou seja, sendo desfavorecido na relação peso/potência. O que se sabe, é que a presença de ambos componentes fez a diferença no desempenho da velocidade média do modelo MVS-1 em relação ao modelo MVS-0 (utilizado como referência).

Para diminuir o peso do MVS-1, optou-se pelo capacitor eletrolítico de tamanho menor, embora existam capacitores de variados tamanhos, pesos e que apresentam diferentes características elétricas, como tensões e capacitâncias. Alguns exemplos de modelos de capacitores eletrolíticos são mostrados na Fig. 4.

Uma vez que as associações entre a relação peso/potência e custo/benefício sejam compensadoras, a implementação de diferentes capacitores eletrolíticos, bem como a quantidade e a maneira como são conectados eletricamente (em série ou em paralelo) com o motor e a célula solar, podem melhorar ainda mais o desempenho

na questão da eficiência energética, aumentando, conseqüentemente, a velocidade média de locomoção. Porém, como este é um estudo exploratório, procurou-se utilizar no modelo MVS-1, apenas 01 capacitor eletrolítico e uma engrenagem com maior quantidade de dentes (em comparação a engrenagem disponível no kit), o que comprovaram uma mudança significativa na velocidade.

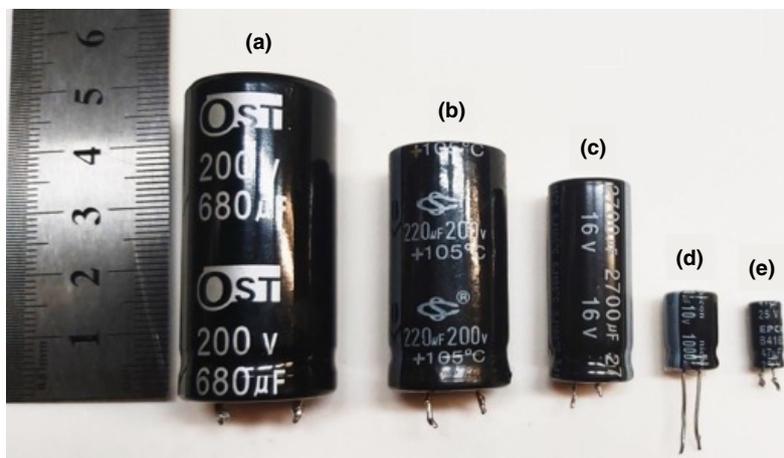


Figura 4: Capacitores eletrolíticos com diferentes tamanhos, características elétricas e pesos. (a) peso de 23,2 g e 200 V / 680 µF; (b) peso de 15,0 g e 200 V / 220 µF; (c) peso de 4,3 g e 16 V / 2700 µF; (d) peso de 1,0 g e 10 V / 1000 µF; (e) peso de 0,3 g e 25 V / 47 µF (componente igual ao utilizado no modelo MVS-1).

Fonte: elaborado pelos autores.

CONCLUSÃO

Durante a elaboração deste trabalho, primeiramente verificou-se que os alunos do ensino técnico do curso de Eletrotécnica não tinham nenhuma familiaridade com os conceitos básicos envolvidos na conversão da energia luminosa em energia elétrica. Então, com este experimento, os alunos conseguiram verificar na prática: (a) que foi possível melhorar a eficiência energética do miniveículo pela substituição da célula solar original por outra de tamanho maior; (b) que a inclusão de componente eletrônico (no caso do capacitor eletrolítico) e mecânico (no que diz respeito à engrenagem) foram possíveis de aumentar o desempenho do miniveículo; (c) que há melhor conversão da energia luminosa em conversão da energia elétrica removendo o bulbo da lâmpada e, também, (d) a importância da energia solar como meio alternativo de energia limpa, mesmo quando aplicada de maneira simples, o que tornou o objetivo deste trabalho, além de educacional, também divertido.

Na parte dos resultados foi averiguado que o aumento do peso causado pelos novos componentes foi compensado pelo aumento significativo da velocidade média de locomoção, apresentando 0,39 m/s (ou 1,40 km/h) para o MVS-1 e 0,20 m/s (ou 0,72 Km/h) para o MVS-0, ambos iluminados na mesma condição. Neste caso, verificou-se que o capacitor eletrolítico, que foi conectado eletricamente em paralelo ao motor, proporcionou maior potência, comprovado pelas análises de tensão elétrica inicial diretamente nos contatos elétricos, obtendo-se o valor de $392,3 \pm 0,8$ mV, para o MVS-1 e somente $67,8 \pm 0,9$ mV, para o MVS-0. O aumento do desempenho também deve-se ao fato de utilizar uma engrenagem com 48 dentes (enquanto a original apresenta apenas 36 dentes), porém, torna-se difícil concluir qual dos dois componentes (capacitor eletrolítico ou engrenagem) apresentou maior influência para atingir melhor desempenho.

Continuando este estudo e buscando-se aumentar ainda mais a velocidade média de locomoção, algumas análises no futuro serão realizadas, como: (a) testes com diferentes engrenagens com maiores quantidades de dentes; (b) testes com capacitores eletrolíticos de diferentes valores de tensões e capacitâncias (com conexões elétricas em série ou paralelo) e (c) testes com lâmpadas(sem os bulbos) ou luminárias com fluxos luminosos maiores que 806 lúmens, para que a célula solar consiga atingir a tensão máxima de 3,3 V, proporcionando ainda mais potência ao motor.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Conceitualização: Santos ER, Duarte AC, Burini EC, Silva WN e Knoch LCNS; **Curadoria de dados:** Santos ER e Silva WN; **Análise formal:** Santos ER; **Aquisição de financiamento:** Santos ER e Knoch LCNS; **Investigação:** Santos ER, Silva WN, Azevedo VM, Silva GM e Vicente RAP; **Metodologia:** Santos ER, Silva WN, Azevedo VM, Silva GM, Vicente RAP, Duarte AC e Burini Junior EC; **Administração do projeto:** Santos ER; **Recursos:** Santos ER e Knoch LCNS; **Software:** Não se aplica; **Supervisão:** Santos ER; **Validação:** Santos ER, Silva WN e Knoch LCNS; **Visualização:** Santos ER; **Redação - Preparação do rascunho original:** Santos ER; **Redação - Revisão e edição:** Santos ER.

CONFLITO DE INTERESSES

Nada a declarar.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Todo os conjuntos de dados foram gerados ou analisados no estudo atual.

FINANCIAMENTO

Não aplicável.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à Diretoria da Escola Grau Técnico, em especial ao mantenedor Sr. Luiz Henrique Nunes Raposo e à diretora e coordenadora pedagógica Prof^a. Laura Cristina Nogueira Siqueira Knoch, pelo total apoio técnico/científico e infraestrutura.

Os autores também agradecem à jornalista e revisora Marisa Aparecida Italo de Lucia Santos, pela revisão do texto.

REFERÊNCIAS

1. Tonon MAP. Análise dos fatores que influenciam a adoção dos painéis fotovoltaicos no Brasil (trabalho de conclusão de curso). Blumenau: Universidade Federal de Santa Catarina; 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/232788>
2. Danh NT. Application of Solar Energy in Production and Life in Ho Chi Minh City. Rev Geintec Gest Inov Tec. 2021;11(4):4233-55. <https://doi.org/10.47059/revistageintec.v11i4.2455>
3. Roque IB. Simulação das curvas características dos transistores de filme fino (trabalho de conclusão de curso). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista; 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/217271>
4. Oliveira ALS. O desenvolvimento sustentável: um estudo sobre sistemas de energia solar fotovoltaica (trabalho de conclusão de curso). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2021. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/225748>
5. Tizzo ALA. Análise de crateras do polo sul na superfície lunar com técnicas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens para futuras instalações de base se exploração (trabalho de conclusão de curso). Monte Carmelo: Universidade Federal de Uberlândia; 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34932>

6. Vallêra AM, Brito MC. Meio Século de História Fotovoltaica. In: Varandas C (Ed.). As energias do presente e do futuro. Lisboa: Gazeta de Física; 2006, p.10-5. Disponível em: <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/76/pdf>
7. Freitas BB. Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica para o dimensionamento fotovoltaico urbano: um estudo de caso com o ArcGIS (dissertação de mestrado). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/64254>
8. Mendonça YM. Eficiência fotovoltaica: um estudo da evolução (trabalho de conclusão de curso). Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande; 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/18700>
9. Silva ALPM. Influência das faces de exposição solar e período do ano na fotossíntese de indivíduos arbóreos jovens em área de restauração da floresta atlântica (dissertação de mestrado). Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; 2022. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/ecologia-recursosnaturais/wp-content/uploads/sites/7/2022/03/AMANDA-LUCIA-PEREIRA-MACHADO-DA-SILVA.pdf>
10. Oliveira WC, Magedanz A, Lima I, Geller AM. Fotossíntese: Exploração Interdisciplinar. Rev Thema. 2022;21(1):210-23. <https://doi.org/10.15536/thema.V21.2022.210-223.2256>
11. Fadigas EAFA. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade Técnico-Econômica. São Paulo: Grupo de Energia Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; 2022. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf
12. ArduinOmega. Mini Carro Educacional – Energia Solar. ArduinOmega Especializada em Arduino [Internet]; 2021. Disponível em: <https://cdn.awsli.com.br/535/535286/arquivos/Arduino-Omega-Manual-Carrinho-Educacional-Energia-Solar.pdf>
13. Ouro Lux. Catálogo Completo 2021. São Paulo: Ouro Lux; 2021. Disponível em: https://ourolux.com.br/media/sparsh/product_attachment/Cat_Logo_Completo_2021.pdf
14. Burini Junior EC, Furuya HA, Santos ER, Kanashiro AG. Difusor polimérico de lâmpada WLEDi do mercado brasileiro. Rev Bras Apl Vac. 2020;39(2):184-92. <https://doi.org/10.17563/rbav.v39i2.1143>
15. Halliday D, Resnick R, Merril J. Fundamentos da Física - Mecânica. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC; 1994.