MÓDULO V

Tema 1

Resumo

Título	
Eficiência das células solares	
Duracção	90 min
Faixa etária dos alunos	10 - 14

Resumo do tema

Trata-se de verificar quanta da energia do sol uma célula solar é capaz de aproveitar. A célula será exposta ao sol, e serão realizadas medições de tensão e corrente em diferentes condições para calcular a potência máxima e a potência fornecida a um pequeno ventilador.

Resultados da aprendizagem

Finalidade/Objetivos de aprendizagem

- Verificar como a energia solar é transformada em eletricidade.
- Compreender o conceito de eficiência de uma célula solar e como esta é medida.
- Verificar como as células solares são dispostas para aumentar a potência que fornecem.

Objetivos transversais

- Compreender o funcionamento dos módulos fotovoltaicos
- Aprender a medir tensões e correntes num circuito elétrico

Conexão com Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Este tema está alinhado com o ODS 7, “Garantir o acesso a uma energia acessível, segura, sustentável e moderna” - Meta 7.2: Até 2030, aumentar consideravelmente a proporção de energia renovável no conjunto das fontes energéticas.

Implementação

Facilitação

- Deve-se escolher um dia com céu limpo e muito sol, realizando a atividade nas horas centrais (com o sol no zénite) ou, em alternativa, utilizar lâmpadas incandescentes de 100 Watts para realizar a experiência em ambiente interior.
- Recomenda-se formar grupos de 4 a 5 estudantes para esta atividade.
- É importante garantir que todos os materiais estejam preparados (células solares com cabos e fichas tipo banana, ventiladores com cabos e fichas, multímetros…; pode ser necessário usar um ferro de soldar para fixar os terminais nos cabos) antes da aula.
- No exterior, serão necessárias mesas ou um local adequado para dispor todo o material e realizar as medições.

Recursos / Materiais necessários

Materiais para cada grupo de alunos (ver Figura V.1.1):

- Duas células solares (preferencialmente com os cabos já conectados) (similares a esta)
- Um multímetro para medir tensão e corrente em CC
- Luz solar ou outra fonte de luz potente, como uma lâmpada incandescente de 100 watts
- Um pequeno ventilador USB (que funcione a 5 volts) ou qualquer motor pequeno de 5 volts CC, como os utilizados com Arduino, com cabos vermelho e preto para a ligação (pode ser necessário soldar)
- Fichas tipo banana ou pinças de crocodilo (três vermelhas e três pretas) para os cabos das células solares e do ventilador
- Régua
- Calculadora, papel e caneta

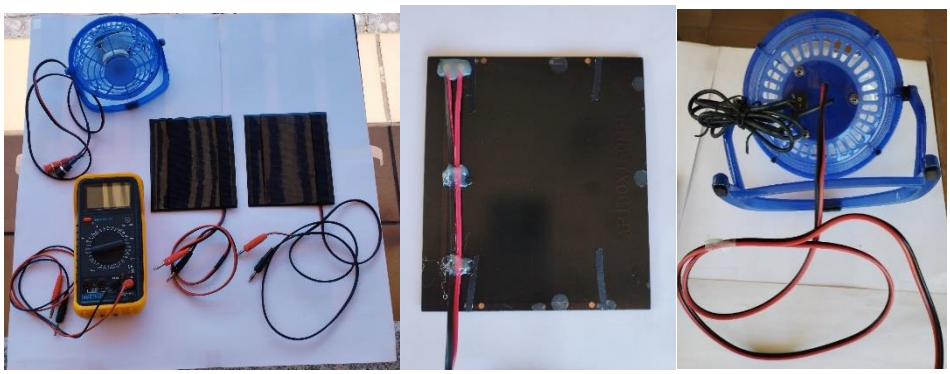


Figura V.1.1. Materiais para cada grupo de alunos

Ideias para continuar

- Verificar o efeito das sombras sobre as células solares, medindo a sua tensão e corrente com diferentes áreas das células sombreadas.
- Visitar uma instalação fotovoltaica e verificar quanta eletricidade é gerada.

Fontes/Materiais para preparação da aula

Esta atividade está baseada em https://www.exploratorium.edu/snacks/output-solar-cell, criada pelo Exploratorium Teacher Institute, licenciada sob a licença Creative Commons Attribution-Noncommercial-ShareAlike 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Para aprender sobre energia solar fotovoltaica:

- Energy Kids é um site dirigido a estudantes e hospedado pela Administração de Informação Energética (EIA) do Departamento de Energia dos Estados Unidos. O site inclui informações variadas e atividades sobre energia.

Para aprender sobre tensão e corrente:

- BBC Bitesize é um recurso online gratuito de apoio ao estudo, projetado para ajudar com o aprendizado, a revisão e os deveres. O Bitesize oferece apoio a alunos de 5 a 16 anos em uma ampla gama de matérias escolares.

Esquema do tema

Duração	Instruções passo a passo
20 min	**Introdução** O que é uma célula solar, como funciona, o que é tensão e corrente e como são medidas.
15 min	**Medidas de tensão e corrente (Voc, Isc)** 1. Coloque a célula solar sob a luz solar e meça a tensão (V) e a corrente (I) usando o multímetro. 2. Coloque a célula solar com a face para baixo (para que não receba a luz solar) e meça novamente a tensão e a corrente. 3. Depois, oriente a célula solar até verificar que obteve o valor máximo de tensão. Neste ponto, os raios solares incidem perpendicularmente sobre a sua superfície. Meça o valor da tensão neste momento. Este valor é denominado Voc (tensão de circuito aberto). 4. Repita o mesmo procedimento para medir a corrente. O valor obtido é denominado Isc (corrente de curto-circuito). 5. Calcule a potência máxima (Pmax) usando a fórmula: (Pmax=Voc x Isc)
15 min	**Medidas de tensão e corrente com uma carga (Vload, Iload)** 1. Ligue os dois terminais da célula solar aos dois cabos do ventilador. 2. Gire a célula solar para a orientar em direção ao sol e observe como o ventilador começa a rodar. Verifique como a velocidade do ventilador varia em função do ângulo de orientação da célula em relação à luz solar. Ajuste a orientação da célula solar até atingir a velocidade máxima. 3. Sem desligar o ventilador, meça a tensão com o multímetro. 4. Configure o multímetro para medir corrente e conecte-o em série com o ventilador e a célula solar. 5. Calcule a potência fornecida à carga usando a fórmula: Pload=Vload×IloadP
10 min	**Calcular a eficiência da célula solar** Medir a área ativa, A, da célula solar. Calcular a potência solar recebida pela célula multiplicando a intensidade da luz solar (1000 W/ m^2) pela área A. Obter a eficiência máxima teórica e a eficiência real com o ventilador conectado.
15 min	**Maximizar a potência: 2 células em série** Conectar o terminal positivo de uma célula ao terminal negativo da outra. Medir a tensão utilizando os outros dois terminais das células. A tensão total deve ser aproximadamente a soma das tensões de cada célula. Com esta disposição, alterar os terminais do multímetro para medir a corrente.

	A corrente no circuito em série deve ser aproximadamente igual à corrente de uma única célula. Com esta configuração, obterás o dobro da potência, pois a tensão será duplicada.
15 min	**Maximizar a potência: Duas células em paralelo** Conectar o terminal positivo de uma célula ao terminal positivo da outra e fazer o mesmo com os terminais negativos. Depois, ligar o multímetro em paralelo para medir a tensão. A tensão total deverá ser aproximadamente igual à tensão de uma única célula. Com esta configuração, alterar os terminais do multímetro para medir a corrente. A corrente no circuito paralelo deverá ser aproximadamente a soma das correntes das duas células. Com esta configuração, obterás o dobro da potência, pois a corrente será duplicada.

Avaliação formativa

Metodologias a utilizar: Observações em aula e questionário.

Feedback

Net Promoter Score (NPS) é uma ferramenta amplamente utilizada para medir a lealdade e satisfação dos clientes ou, em um contexto educativo, dos estudantes. Mede a probabilidade de que os estudantes recomendem o tema ou o curso a outras pessoas. A seguir, explica-se como analisar e aplicar o NPS:
Desenvolvimento da pergunta NPS:

- Pergunta principal: "Numa escala de 0 a 10, que probabilidade há de que recomende este tema a outros estudantes?"
- Perguntas de seguimento: "Por que selecionou essa pontuação?" e "Como podemos melhorar este tema?"

Recolha de respostas:

- Inquéritos digitais: Utilize ferramentas online como Google Forms, SurveyMonkey ou Typeform para recolher respostas dos estudantes.
- Inquéritos em papel: Distribua questionários em papel no final da lição para que os alunos os preencham. No Anexo apresenta-se um modelo para recolher as respostas com inquéritos em papel.
- Aplicações interativas: Utilize aplicações interativas como Quizziz, Mentimeter ou Kahoot para recolher respostas em tempo real.

Classificação das respostas:

- Promotores (Pontuação 9-10): Estudantes muito satisfeitos e propensos a recomendar o tema.
- Passivos (Pontuação 7-8): Alunos satisfeitos, mas não entusiasmados; podem mudar de opinião facilmente.
- Detratores (Pontuação 0-6): Alunos insatisfeitos e com poucas probabilidades de recomendar o tema; podem fazer críticas construtivas.

Cálculo do NPS:

- Fórmula: NPS = % de promotores - % de detratores.
- Interpretação da pontuação: O NPS varia entre -100 e +100. Uma pontuação positiva (acima de 0) costuma ser boa, e uma pontuação acima de 50 é excelente.

Analisar e utilizar os comentários:

- Revise os comentários para compreender as razões subjacentes às pontuações.
- Identifique padrões e áreas específicas de melhoria entre detratores e passivos.
- Utilize os comentários positivos dos promotores para reforçar os aspetos positivos do tema.

Anexos

QUESTIONÁRIO PARA RECOLHER AS MEDIÇÕES DAS CÉLULAS SOLARES

Preencher a Tabela V.1.1 com as medições de tensão e corrente de uma célula.

	Luz máxima	Pouca luz
Voc		
Isc		

Tabela V.1.1. Medidas de tensão e corrente de uma célula

Preencher a Tabela V.1.2 com as medições de tensão e corrente de uma célula ligada ao ventilador

	Luz máxima
Vload	
Iload	

Tabela V.1.2. Medições de tensão e corrente de uma célula ligada ao ventilador

Preencher a Tabela V.1.3 com os cálculos de potência

$$Potência = VxI$$

	V	I	Potência
Potência máx			
P real			

Tabela V.1.3. Resultados dos cálculos da potência

Preencher a Tabela V.1.4. com os cálculos daeficiência

$$Eficiência(\%) = \frac{Pout}{Psun} x100$$

	Área (A)	Psun	Pout	Eficiência (%)
Eficiência máx				
Eficiência real				

Tabela V.1.4. Resultados dos cálculos de eficiência

Preencher a Tabela V.1.5 com as medições de tensão e corrente em duas células em série e em paralelo, e calcular a potência em cada caso.

	Voc	Isc	Potência
Série			
Paralelo			

Tabela V.1.5. Medidas de tensão e corrente de duas células em série e em paralelo

Guia de apoio para os professores

Medição de tensão

Meça a tensão em circuito aberto (Voc) da célula solar. Esta é a tensão quando não circula corrente pela célula. Como não há fluxo de corrente, o voltímetro mede a tensão do circuito aberto.

Configure o multímetro para medir tensão (DC V) numa escala que permita medir até 10 volts. Conecte o terminal comum (COM) do multímetro ao terminal negativo da célula e depois conecte o terminal positivo do multímetro ao positivo da célula.

Incline e oriente a célula solar até verificar que obtemos o valor máximo de tensão possível. Na Figura V.1.2 mostra-se como conectar o multímetro, sendo que, neste caso, por exemplo, obteve-se um valor de Voc = 5,68 volts.



Figura V.1.2. Medida de tensão Voc

Se colocarmos a célula virada para baixo, quando recebe apenas uma pequena quantidade de luz solar, a tensão medida, no nosso caso, é de 3,80 volts, como pode ser visto na Figura V.1.3.



Figura V.1.3. Medida de tensão co pouca luz

Medição de corrente

Coloque a célula novamente orientada para o sol, ajuste o multímetro para medir corrente "DC amperes" em uma escala que permita medir correntes em mA. Conecte o terminal comum (COM) do multímetro ao terminal negativo da célula solar. Depois, conecte o terminal positivo do multímetro ao positivo da célula. É importante destacar que é necessário mudar a posição do terminal positivo no multímetro para poder medir correntes.

A corrente máxima que uma célula solar pode produzir ocorre quando um cabo é conectado ligando os seus terminais. Esta é chamada de corrente de curto-circuito ou Isc. Assim como um cabo, um amperímetro tem uma resistência muito baixa, portanto, registrará uma medição como um curto-circuito.

Observe na Figura V.1.4 a corrente Isc através da célula solar. Na nossa configuração, a corrente da célula solar foi medida como Isc = 0,508 amperes sob plena luz solar (os seus resultados podem variar).



Figura V.1.4. Medida da corrente Isc

Experimente inclinar a célula solar. Como é que a corrente muda? Veja a Figura V.1.5

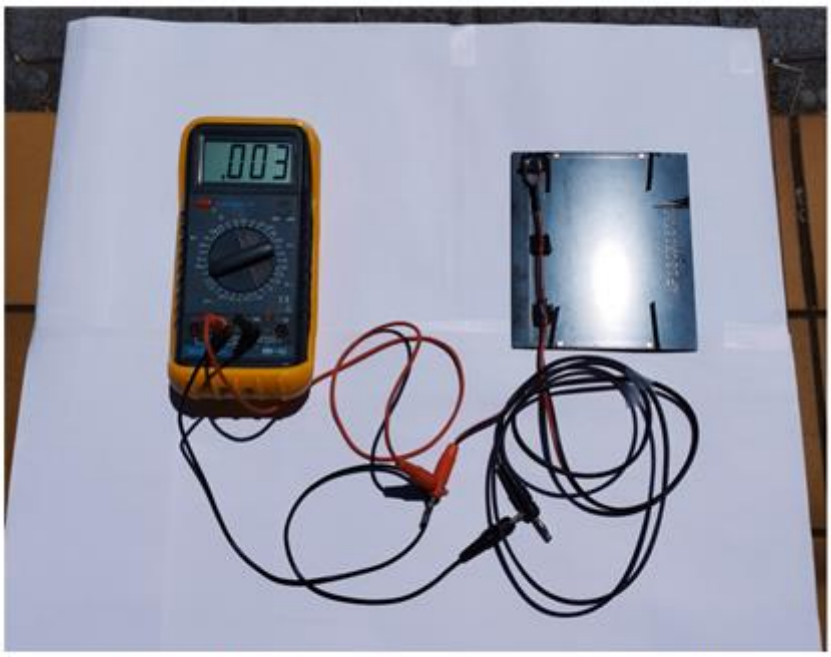


Figura V.1.5. Medida da corrente Isc com pouca luz

Cálculo da potencia

Conecta os dois terminais da célula solar aos dois terminais do ventilador, como mostrado na Figura V.1.6. Vira a célula solar e observa como ela gira quando a luz do sol incide sobre ela.

Inclina a célula solar para maximizar a velocidade do ventilador, e depois inclina-a afastando-a da sua orientação máxima. (Tem cuidado para não fazer sombra na célula solar enquanto a seguras.) Observa que a velocidade do ventilador é máxima quando a célula solar está orientada perpendicularmente a uma linha que vai do sol até à célula solar.

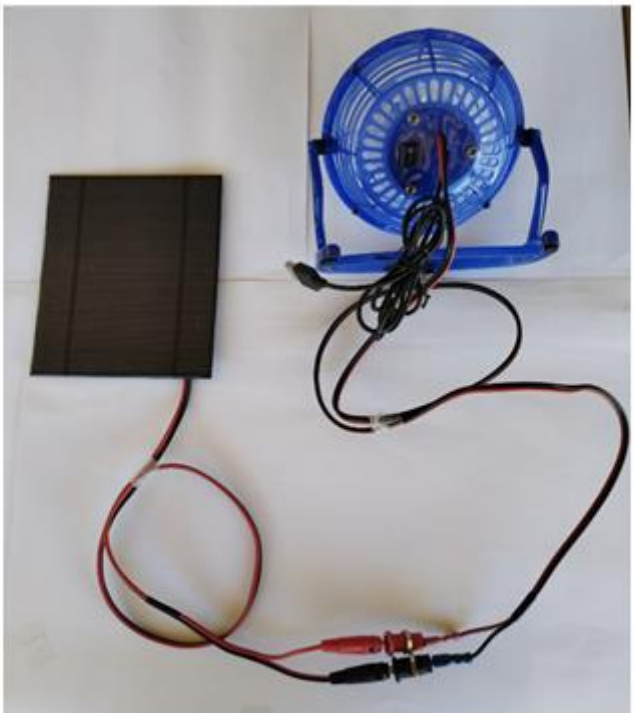


Figura V.1.6. Conexão da célula com o ventilador

Medir a tensão através do motor do ventilador enquanto funciona a velocidade máxima, conectando o medidor da mesma forma que foi feito para medir a tensão Voc. Esta disposição implica colocar o multímetro em paralelo, como mostrado na Figura V.1.7.



Figura V.1.7. Tensão U da célula ligada ao ventilador

Ajustar o multímetro para medir a corrente e conectá-lo em um único circuito com o ventilador e a célula solar (ver a foto abaixo). Nesta disposição, o multímetro é conectado em série.

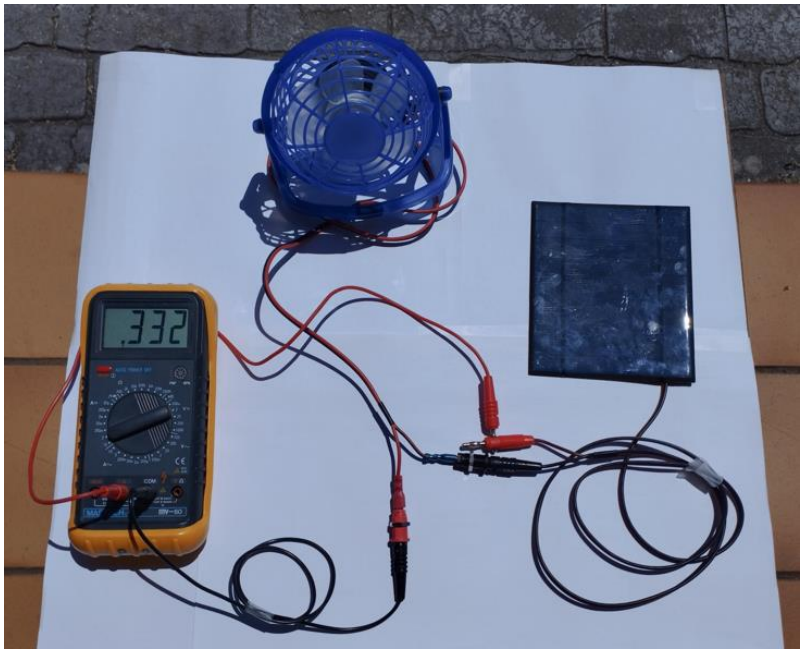


Figura V.1.8. Corrente I da célula ligada ao ventilador

Cálculos de potência

A potência de uma célula solar é o produto da tensão na célula solar pela corrente que a atravessa.

$$Potência = VxI$$

A potência máxima teórica da nossa célula solar, Pmax, é o produto de Voc pelo valor de Isc. Pmax = 5,68 x 0,508 = 2,9 W

A potência real, Pactual, fornecida pela célula solar ao ventilador, na prática, é igual à tensão no ventilador, Vload, multiplicada pela corrente que passa pelo ventilador, Iload. Pactual = 5,16 x 0,332 = 1,7 W

Calcular a eficiência da célula solar

A eficiência de uma célula solar é a relação entre a potência elétrica obtida na sua saída e a potência solar recebida na sua entrada.

$$Eficiência(\%) = \frac{Pout}{Ps} x100$$

Segue-se uma explicação sobre como calcular a eficiência da célula solar:

Primeiro, calcula-se a potência solar que chega à célula solar, multiplicando a intensidade solar pela área da célula solar.

A intensidade solar, Si, sobre uma determinada área da superfície da Terra varia consoante a hora do dia e o estado do céu. Durante as horas centrais do dia e com céu limpo, esta intensidade pode ser aproximadamente 1000 watts/m². Este valor é utilizado como referencia para definir a eficiência e a potência dos módulos solares.

Utiliza uma régua para medir a área ativa, A, da tua célula solar (ver imagem seguinte).

Neste caso a célula mede 13 cm x 15 cm:

A = 13 cm x 15 cm = 195 cm² = 0,0195 m²

A potência solar, Ps, recebida pela célula é:

Ps = 1000 W/m² x A (m²) = 1000 x 0,0195 = 19,5 W

A eficiência teórica máxima estimada da célula solar é:

$$Eficiência\,\max(\%) = \frac{Pmax}{Ps} x100 = \frac{2,9}{19,5} x100 = 14,9\%$$

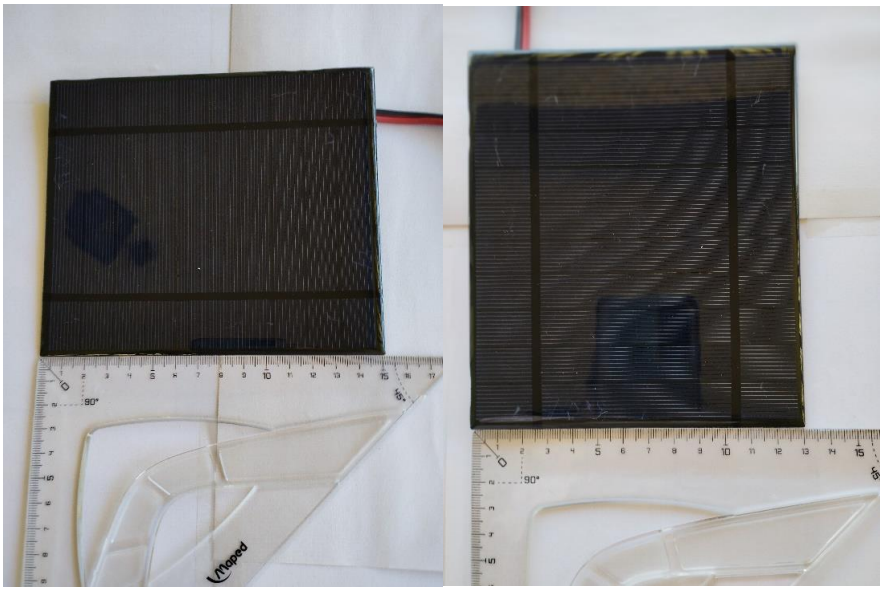


Figura V.1.9. Medidadas dimensões da célula solar

A eficiência da célula solar ao fornecer potência ao ventilador foi de:

$$Eficiência\,\max(\%) = \frac{Pactual}{Ps} x100 = \frac{1{,}7}{19{,}5} x100 = 8{,}7\%$$

Maximizar a potência

Um desafio importante em engenharia é tentar maximizar a potência fornecida ao ventilador usando a energia solar. Uma maneira de alcançar isso é combinar duas células solares em série ou em paralelo. Isso é o que se faz num módulo solar, combinando várias células para obter maior potência.

Duas células em série

Conecte o terminal positivo de uma célula ao terminal negativo da outra. Meça a tensão utilizando os outros dois terminais das células (veja a foto seguinte).

La tensión total es la suma de las tensiones de cada célula, en este caso obtuvimos 11,42 voltios. Recuerda que la tensión medida antes de una célula era de 5,68 voltios

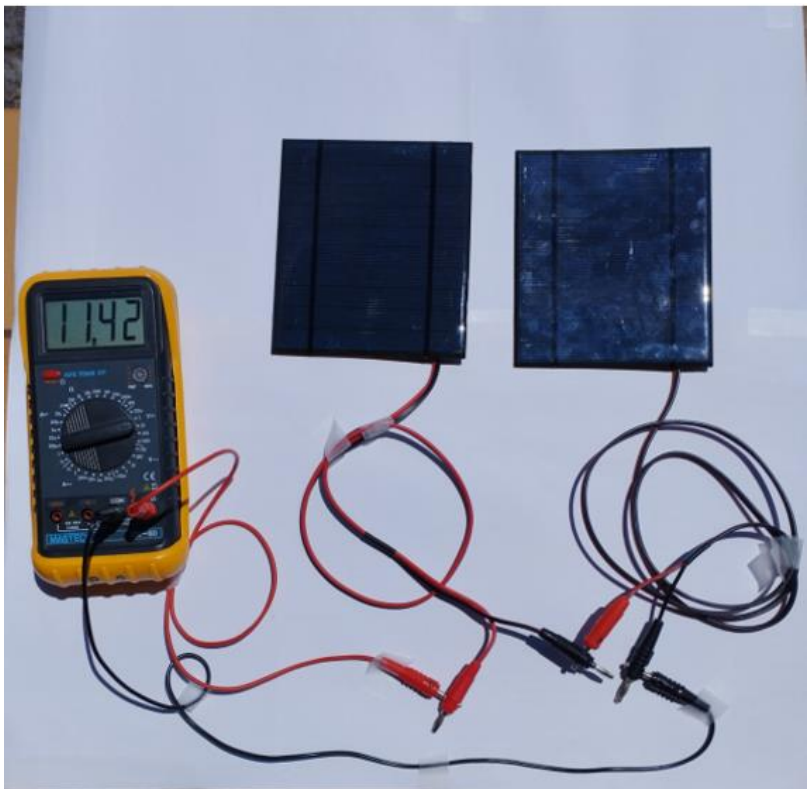


Figura V.1.10. Medição da tensão de 2 células ligadas em série

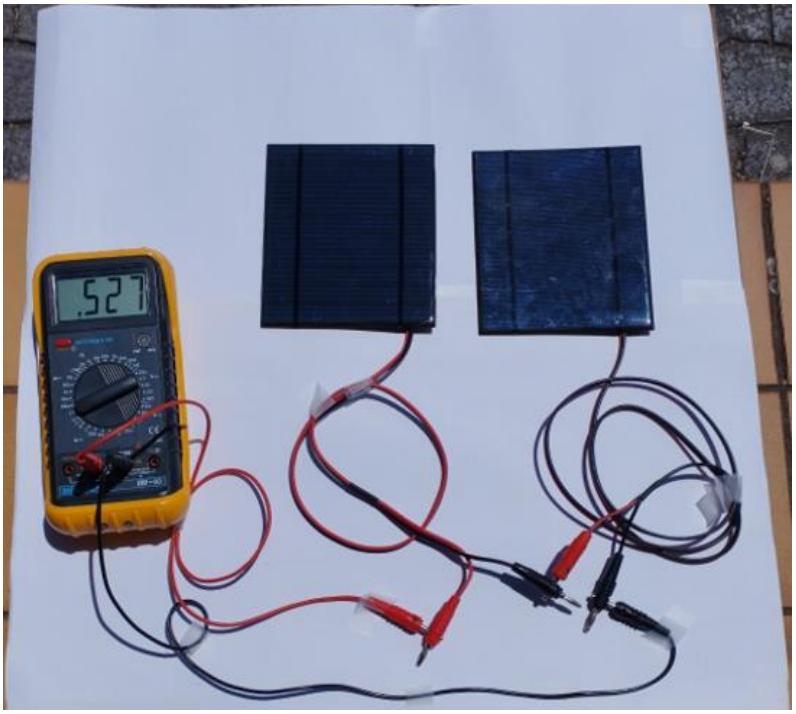


Figura V.1.11. Medição da corrente de 2 células ligadas em série

Mantendo a mesma disposição das células, altere os terminais do multímetro para medir a corrente. A corrente na ligação em série é igual à corrente de uma única célula. Nesta medição, obtivemos 0,527 amperes (figura V.1.11), ligeiramente superior à corrente Isc, devido a melhores condições de luz solar.

A potência das 2 células ligadas em série foi:

Potência série = 11,42 x 0,527 = 6 W

Como temos o dobro da tensão, obtemos o dobro da potência.

Duas células em paralelo

Conecte o terminal positivo de uma célula com o terminal positivo da outra e o terminal negativo de uma célula com o terminal negativo da outra. Em seguida, ligue o multímetro em paralelo para medir a tensão (ver a foto abaixo).

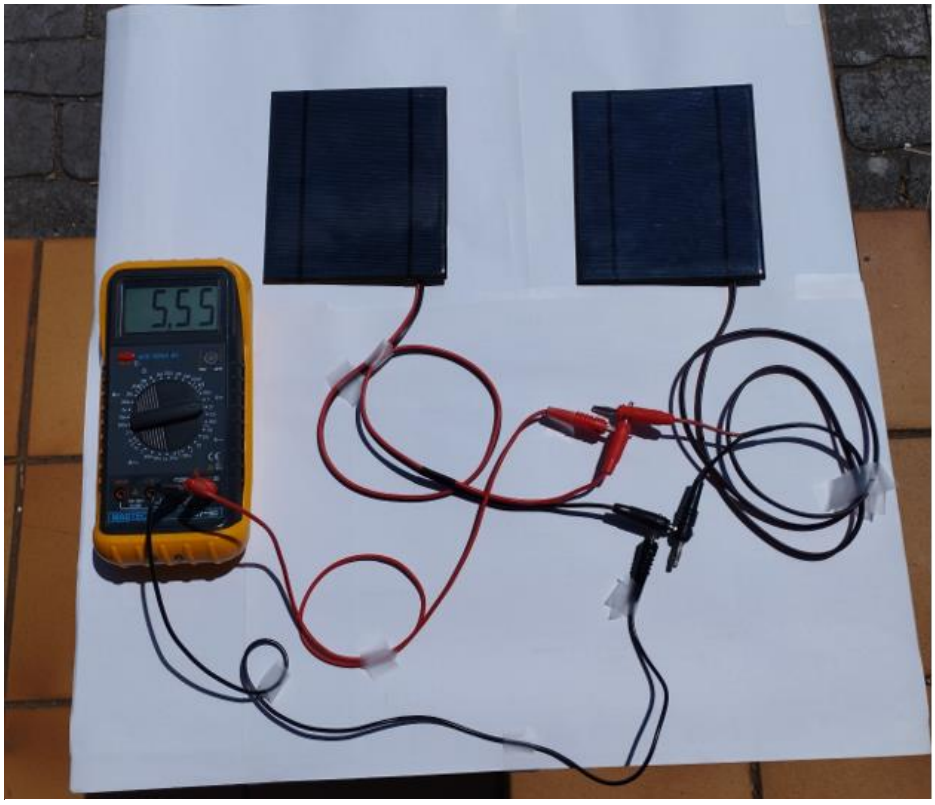


Figura V.1.12. Medição da tensão de 2 células ligadas em paralelo

A tensão medida com as células em paralelo foi de 5,55 volts, aproximadamente o mesmo valor que obtivemos com uma única célula.

Com esta disposição, trocamos os terminais do multímetro para medir a corrente. A corrente no paralelo é a soma das correntes das duas células. Nesta medição, obtivemos 1,1 amperes.

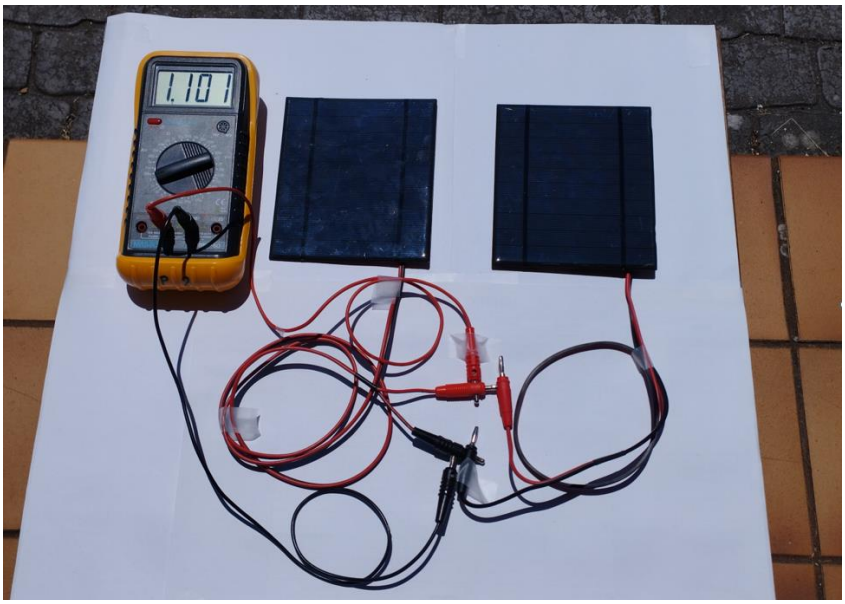


Figura V.1.13. Medição da corrente de 2 células ligadas em paralelo

Portanto, a potência das 2 células ligadas em paralelo foi de:

Potência em paralelo = 5,55 x 1,1 = 6,1 W

Com esta disposição, obtemos novamente o dobro de potência.

QUESTIONÁRIO PARA RECOLHER FEEDBACK DO TEMA

Numa escala de 0 a 10. Qual a probabilidade de recomendares este tema a outros alunos?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nada provável Muito provável

Porque escolheste esta avaliação?

Como se poderia melhorar este tema?