Produto educacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO AUXÍLIO AO ENSINO DE FÍSICA NO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

Alê de Souza Cruz

Produto Educacional associado à dissertação do aluno Alê de Souza Cruz apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física polo 4.

Orientador: Prof. Dr. José Anglada Rivera

Manaus

2019

ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR

Caro professor, este guia servirá como subsídio para aplicação do produto educacional de maneira a responder possíveis dúvidas sobre a sequência didática. Desta forma, a presente guia vem apresentando a duração de cada atividade, seus objetivos e de que forma o professor deve atuar para obter o melhor aproveitamento.

O objetivo deste material é apresentar uma sequência didática baseada na energia solar fotovoltaica como auxilio ao ensino de Física no terceiro ano do Ensino Médio. Além disso, esta sequência didática tem como intuito mostrar ao professor como ensinar o tema proposto, onde encontrar células solares com baixo custo financeiro e ainda incentivar o discente a utilização de energias renováveis e o aproveitamento de parte da energia solar de nossa região. Vale ressaltar que o professor que utilizar este guia é autônomo para modificar as etapas da sequência (ordem ou até mesmo incluir ou excluir etapas), e ainda escolher uma teoria que tenha mais facilidade para avaliar o aprendizado dos alunos.

A aplicação de experiências visa um melhor entendimento dos alunos na abordagem de conceitos como: carga elétrica, corrente elétrica, campo e força elétrica, resistência e potencial elétrico, semicondutores, energia solar, calor, temperatura, entre outros. Dessa forma, o ideal é que o professor aplique esta sequência em alunos da terceira série do Ensino Médio, os quais já tiveram contato com a maioria dos conteúdos listado acima, sendo concomitante com o conteúdo trabalhado em sala de aula. Lembrando que não necessariamente o aluno precisa conhecer esses conceitos antes da aplicação do projeto, podendo, portanto, ser aplicado em outras séries do Ensino Médio.

Professor Alê de Souza Cruz

SUMÁRIO

UNIDADE 1 04
FUNDAMENTOS PARA ENEGIA SOLAR FOTOVOLTAICA 04

UNIDADE 2 09
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA ENEGIA SOLAR FOTOVOLTAICA....09

UNIDADE 3 15
CONCEITOS BÁSICOS PARA A ENEGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....15

UNIDADE 4 17
APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS BÁSICOS PARA A ENEGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....77

UNIDADE 5 19
MONTAGEM E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 1: CIRCUITO ELÉTRICO SIMPLES 19
ROTEIRO DE CIRCUITO ELÉTRICO 20
CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE 22

UNIDADE 6 24
MONTAGEM E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 2: PLACA SOLAR FOTOVOLTAICA.....24
ROTEIRO DE PLACA SOLAR FOTOVOLTAICA.....25
PLACA SOLAR FOTOVOLTAICA 29

UNIDADE 7 121
CONCEITOS BÁSICOS PARA A ENEGIA SOLAR FOTOVOLTÁICA POS-TESTE.....31

REFERÊNCIAS.....33

UNIDADE 1

FUNDAMENTOS PARA A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Estaremos iniciando esse capitulo com uma abordagem dos conceitos físicos da energia solar fotovoltaica, levando em conta que o público alvo são turmas do terceiro ano do ensino médio. Desse modo o discutiremos aqui o que o professor deverá entender para que o mesmo esteja apto a aplicar a sequência didática de ensino e aprendizagem que será apresentada mais a diante. Deixando claro que não apresentaremos todos os conceitos e nem formulações matemáticas, trabalharemos conceitos mais voltados para a prática apresentada a qual é voltada para o lado experimental e fenomenológico.

A energia solar fotovoltaica envolve a produção de energia elétrica a partir da energia proveniente do sol, então veremos uma introdução passando pela eletricidade e chegaremos projeto a ser produzido.

Um breve histórico da eletricidade

O desenvolvimento da ciência e tecnologia é muito cheio de acertos e erros, muito rico de história, no caso da eletricidade, não existe um único momento que define seu início. A maneira como produzimos, distribuímos, instalamos e usamos a eletricidade e os dispositivos relacionados fazem parte de 300 anos de pesquisa e desenvolvimento.

Esforços para entender, capturar e dominar a eletricidade começaram no século XVIII. E nos 150 anos seguintes, vários cientistas como Willian Gilbert, que, em 1600, denominou o evento de atração dos corpos de eletricidade na Inglaterra, até posteriormente chegar em Benjamin Franklin nos Estados Unidos. (TONIDANDEL, 2018).

Naquela época onde supostamente Benjamin Franklin havia descoberto a eletricidade com a experiência de uma pipa atingida por um raio, a eletricidade já era bem conhecida através dos estudos de Tales de Mileto no século IV, e tempos depois Willian Gilbert, Stephen Gray e Charles Dufay também tiveram suas contribuições. Na realidade Benjamin estava tentando somente provar a natureza elétrica dos raios. As pessoas queriam uma maneira barata e segura de iluminar casas, e os cientistas pensaram que a eletricidade poderia ser um caminho.

Segundo Santos (2015), aprender a produzir e usar eletricidade não foi fácil. Por muito tempo não havia fonte confiável de eletricidade para experimentos. Quando em

1800, Alessandro Volta, um cientista italiano, fez uma grande descoberta. Volta percebeu que com que se ele pegasse um pedaço de papel embebido em água com sal, e colocasse entre duas placas metálicas uma de cobre e outra de zinco, ocorria uma reação química que produzia corrente elétrica. Nesse momento, Volta tinha criado a primeira célula elétrica.

Ao conectar muitas dessas células juntas, Volta foi capaz de "amarrar uma corrente "e criar uma bateria. É em homenagem a Volta, que avaliamos baterias em volts, e finalmente, uma fonte segura e confiável de eletricidade estava disponível, tornando mais fácil para os cientistas estudarem eletricidade.

Posteriormente, Hans Christian Oersted descobriu que uma bússola havia reagido quando uma bateria em seu laboratório foi ligada e desligada. Isso só aconteceria se houvesse um campo magnético presente para interferir com a agulha da bússola, e mais adiante se descobriu que esse campo magnético foi gerado a partir da eletricidade que flui da bateria. Mas Oersted mudou para o campo da química e deixou a pesquisa de eletricidade e magnetismo para outros. (PINTO, 2017).

Um cientista inglês, Michael Faraday, foi o primeiro a perceber que quando se variava um fluxo magnético nas proximidades de um fio de cobre, proporcionava o surgimento de uma corrente elétrica. Foi uma incrível descoberta. Quase toda a eletricidade que usamos hoje é feita com ímãs e bobinas. Tanto o gerador elétrico e motor elétrico tem como base o mesmo princípio. Um gerador converte energia de movimento em eletricidade, e um motor pode converter energia elétrica em energia de movimento.

A relação entre eletricidade e magnetismo não tinha sido estudada completamente até 1873, quando o físico James Maxwell observou a interação entre cargas elétricas positivas e negativas. Através da experimentação contínua, Maxwell determinou que essas cargas podem atrair ou repelir uma a outra com base em sua orientação. Ele também foi o primeiro a descobrir que os ímãs têm polos, Maxwell também observou que quando uma corrente passa por um fio, a mesma gera um campo magnético ao seu redor. (RAMOS, 2017)

Conceitos Básicos da eletricidade.

Eletricidade é um termo geral que abrange uma variedade de fenômenos resultantes da presença e do fluxo de carga elétrica. Esses incluem muitos fenômenos de nosso cotidiano, tais como relâmpagos, eletricidade estática, e correntes elétricas em fios

elétricos. Além disso, a eletricidade engloba conceitos menos conhecidos, como o campo eletromagnético e indução eletromagnética.

A seguir temos alguns conceitos que estão inseridos na eletricidade, que podem fornecer mais clareza referente a seu entendimento.

Carga elétrica.

A carga elétrica é uma propriedade básica da matéria da mesma forma que a massa, sendo que elas geram duas das quatro forças fundamentais da Física que é a força elétrica e a força gravitacional. A carga elétrica pode ser positiva ou negativa. A unidade de carga elétrica no sistema internacional de unidades SI é o coulomb, equivalente à quantidade líquida de carga elétrica que flui através de uma seção transversal de um condutor.

Corrente elétrica.

Uma corrente elétrica é um fluxo de carga elétrica, em um circuito elétrico, esta carga é frequentemente transportada por elétrons em movimento em um fio. Também pode ser transportada por íons, como em um gás ionizado. A unidade no SI para medir uma corrente elétrica é o ampere, cujo valor pode ser traduzido como o fluxo de carga elétrica através de uma superfície na taxa de um coulomb por segundo. A corrente elétrica pode ser medida usando um dispositivo chamado amperímetro.

Correntes elétricas causam aquecimento conhecido como efeito Joule, o que permite o surgimento da luz em lâmpadas incandescentes. Eles também criam campos magnéticos, que são usados em motores, indutores e geradores. (HALLIDAY, 2018).

Campo Elétrico

O entendimento do campo elétrico está diretamente ligado ao entendimento da Força elétrica, que surge das interações entre cargas elétricas quaisquer. O campo elétrico que atua entre duas cargas, age de maneira similar ao modo como o campo gravitacional atua entre duas massas, e como ele, estende-se em direção ao infinito e mostra uma dependência inversa quadrada com a distância.

Uma segunda forma de se definir o campo elétrico é aquela descrita pela lei de indução eletromagnética de Faraday, na qual ele formulou que a força eletromotriz produzida em torno de um caminho fechado é proporcional à taxa de mudança do fluxo magnético através de qualquer superfície delimitada por esse caminho.

Variar um campo magnético em uma superfície fechada produz um campo elétrico induzido. Após ser modelada matematicamente por James Clerk Maxwell, a Lei de Faraday tornou-se uma das equações de Maxwell, que desde então evoluiu para a teoria de campo. (MACHADO, 2013).

Energia Potencial Elétrica

Como dito anteriormente a força elétrica é uma das quatro forças fundamentais da Física, e surge da interação entre as cargas elétricas, sendo essa força considerada conservativa, podemos definir uma energia potencial elétrica associada a essa força. O que se assemelha a Física Newtoniana tal como energia potencial gravitacional está associada a força gravitacional. Essa energia potencial elétrica está relacionada ao trabalho realizado pela força elétrica no deslocamento de uma carga de prova. (MACHADO, 2013).

Potencial Elétrico

O potencial elétrico é uma propriedade característica das cargas elétricas, assim como acontece com o campo elétrico. Pode ser definido como o trabalho realizado por uma força externa ao trazer, em equilíbrio, uma carga de prova q situada no infinito para uma posição rq, dividido pela carga q, estando essas sobre a ação das forças elétricas produzidas por cargas geradoras. (MACHADO, 2013).

Circuito elétrico.

Um circuito elétrico é uma conexão entre componentes elétricos de tal forma que a carga elétrica possa fluir ao longo de um caminho fechado, geralmente para realizar alguma tarefa.

Existem uma grande variedade de circuitos elétricos, que podem ser utilizados como soluções para uma infinidade de problemas, existem circuitos abertos, fechados, circuitos em série, em paralelo, etc. Os componentes de um circuito elétrico podem apresentar diferentes propriedades com características, podendo ser resistores, capacitores, interruptores, transformadores, entre outros, eles podem ser formados por materiais condutores sendo que os mais usuais são o cobre, alumínio e ouro, e por materiais semicondutores como o silício e o germânio, usados na fabricação de diodos, transistores e processadores. (GONZALES, 2014).

Condutores semicondutores e isolantes.

A classificação elétrica dos materiais ocorre de acordo com a facilidade com que as cargas elétricas se movem em seu interior. O comportamento dos condutores e não condutores ocorre de acordo com a estrutura e propriedades elétricas da matéria. Quando os átomos de um material condutor são unidos para formar um sólido, alguns elétrons que estão mais afastados do núcleo desses átomos (que estão submetidos a uma força de atração menor) se tornam livres para se deslocar pelo material, e são chamados de elétrons de condução. Podemos dizer que esse material tem uma boa condutividade elétrica. Já em materiais isolantes, esses elétrons de condução não existem, ou existem em quantidades muito inferiores.

Um material semicondutor é um intermediário entre os condutores e isolantes, e tem um valor de condutividade elétrica entre o de um material condutor, como o cobre, ouro, etc., e um isolante, como o vidro. Sua resistência diminui à medida que a temperatura aumenta, comportamento oposto ao de um metal. Suas propriedades condutoras podem ser alteradas de maneiras úteis pela introdução deliberada e controlada de impurezas na estrutura cristalina, o que chamamos de dopagem. Quando duas regiões que foram dopadas para terem receptividade diferente, são unidas em um mesmo material temos uma junção semicondutora. O comportamento dos portadores de carga que incluem elétrons, íons e buracos nessas junções são a base de diodos, transistores e de todos os eletrônicos modernos. Alguns exemplos de semicondutores são o silício, o germânio e o gálio. (HALLIDAY, 2018).

UNIDADE 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Um breve histórico da energia solar fotovoltaica

O efeito fotovoltaico, foi observado por Edmond Bequerel em 1839, e consiste no aparecimento de uma diferença de potencial nas extremidades de um semicondutor, quando ele absorve a luz. E este efeito fotovoltaico que nos motivou a realizar aplicações em sala de aula para alunos do ensino básico, com o objetivo de construção de um módulo solar fotovoltaico.

Deve-se levar em conta que são praticamente incontestáveis as vantagens da energia solar fotovoltaica, pois a matéria prima é inesgotável, não há emissão de poluentes durante a geração da eletricidade e os sistemas podem ser instalados em todo o globo terrestre.

A energia solar fotovoltaica tem alguns pontos de desvantagens, os quais podem ser a densidade de fluxo de radiação solar pela diferença de potencial (o fluxo de potencial que chega à superfície terrestre) ser um tanto pequeno aproximadamente de ($1kW/m^2$), isso quando comparado às fontes fósseis. A energia solar disponível para uma determinada região varia ao longo do ano, além de ser afetada pelas condições climatológicas. Os equipamentos utilizados na captação e conversão necessitam de investimentos financeiros um tanto elevados quando comparado aos sistemas convencionais, e devido ao baixo fluxo de potencial solar, necessitamos de uma grande área captadora, com o objetivo de obter maior potencial.

Em Silva (2015), podemos observar que a utilização da energia gerada pelo sol, seja como fonte de calor ou de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para se enfrentar os desafios energéticos do novo milênio, sendo o sol praticamente responsável pela origem de todas as outras fontes de energia, e em apenas uma hora, o Sol fornece à terra uma quantidade de energia superior ao que aqui se consome durante um ano inteiro.

Sendo assim, quando William Grylls Adams e seu aluno, Richard Evans Day, em 1876 descobriram que uma corrente elétrica poderia surgir no selênio (semicondutor) quando exposta a luz, eles se sentiam confiantes de que haviam descoberto algo completamente novo. Werner von Siemens, um contemporâneo cuja reputação no campo

da eletricidade o classificou ao lado de Thomas Edison, e chamou a descoberta de “cientificamente da maior importância”. Esse trabalho pioneiro sustentou a mecânica quântica muito antes que a maioria dos químicos e físicos aceitassem a realidade de átomos. A experiência realizada com células solares de selênio, apesar de não gerar corrente suficiente para alimentar equipamentos elétricos, era a prova que materiais sólidos poderiam transformar luz em eletricidade.

De acordo com KEMERICH (2016), esse efeito fotovoltaico observado está proximamente relacionado ao efeito fotoelétrico. Em qualquer um dos casos, a luz é absorvida, causando a excitação de um elétron ou outro portador de carga para um estado de energia mais alta. A principal diferença é que o termo efeito fotoelétrico é normalmente usado quando o elétron é ejetado para fora do material quando o mesmo é exposto a uma radiação eletromagnética cujo frequência coincida com a frequência de corte do material, e o efeito fotovoltaico é usado quando o portador de carga excitada permanece contido no material. Em ambos os casos, um potencial elétrico (ou voltagem) é produzida pela separação de cargas, e a luz precisa ter energia suficiente para superar a barreira potencial de excitação. A essência física da diferença é que geralmente a emissão fotoelétrica separa as cargas por condução balística e a emissão fotovoltaica as separa por difusão, mas alguns conceitos de dispositivos fotovoltaicos de "portadora quente" apagam essa distinção.

As células solares fotovoltaicas

A chave para a energia solar fotovoltaica é a célula solar, ou célula fotovoltaica. A energia solar é uma das formas mais viáveis e limpas de energia renovável, porque podemos usar a energia proveniente do sol para produzir eletricidade, isso por meio das células solares.

A célula solar opera de acordo com o efeito fotovoltaico, em que o prefixo foto significa luz e a voltaica está relacionada com a eletricidade. As células solares são tecnicamente chamadas células fotovoltaicas.

Essas células fotovoltaicas são dispositivos semicondutores em sua maioria produzidos a partir do silício e semelhantes a aqueles encontrados em produtos eletrônicos como diodos e transistores. A energia fotovoltaica produz eletricidade convertendo a energia solar em uma corrente direta ou corrente contínua usando a ação fotovoltaica da célula sem o uso de qualquer bateria ou produto eletrônico. (MACHADO, 2014)

A luz solar é limpa, fácil de aproveitar e está disponível gratuitamente em todo o mundo, com o único custo envolvido é do painel solar, tornando a energia solar a escolha ideal para a geração de eletricidade doméstica local. A eletricidade solar também é muito ecológica, já que não produz poluição ou desperdício de subprodutos, nem poluição do ar ou da água, e é completamente silenciosa, tornando-a ideal para um futuro saudável do planeta. Um dos tipos mais comuns de células solares fotovoltaicas é feito de semicondutores de silício especialmente tratados e, portanto, é conhecido como célula solar fotovoltaica de silício. (SILVA, 2015).

Convertendo a luz solar em energia elétrica

As células fotovoltaicas são dispositivos semicondutores feitos de placas de silício altamente purificado dopado com impurezas especiais, que lhe permite uma abundância de "elétrons" e "buracos" dentro de sua estrutura de treliça. As células solares convertem a energia solar em corrente elétrica, mas não têm a capacidade de armazenamento, no entanto podem ser consideradas como uma pequena bateria, produzindo uma tensão de saída fixa, dependendo do tipo de célula solar ou da quantidade de energia recebida.

As células solares fotovoltaicas produzem uma corrente contínua de saída que é proporcional ao seu tamanho e à quantidade de radiação solar que incide sobre ela.

Os dispositivos semicondutores de silício, consistem de uma camada carregada positivamente do tipo P e uma camada negativa do tipo N unidos para formar uma "junção PN" como ilustrado na Figura 4.1.

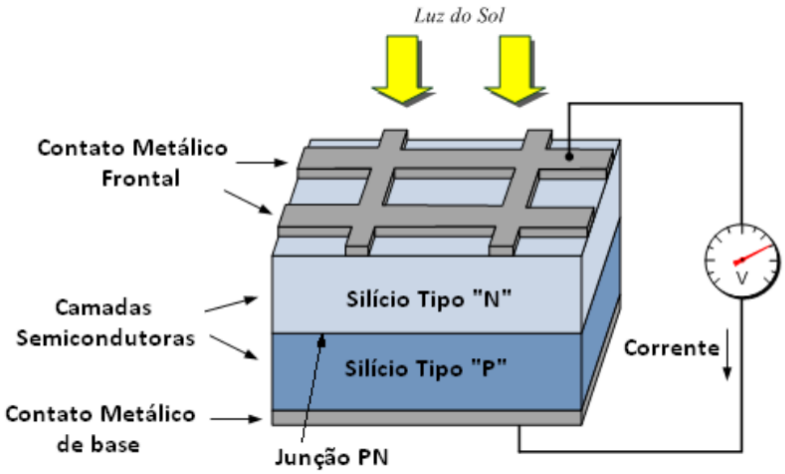

Figura 2.1: Corte transversal de uma célula fotovoltaica mostrando a junção PN. Fonte: CORTEZ, 2013.

Semicondutores fotovoltaicos tipo N

Para que o cristal de silício conduza eletricidade, é preciso introduzir um átomo de impureza como o fósforo (P) na estrutura cristalina do silício. Os átomos de fósforo têm cinco elétrons em seu último orbital para compartilhar com átomos vizinhos e são comumente chamados de impurezas "pentavalentes" (5 elétrons). Isso permite que quatro dos cinco elétrons orbitais se unam aos átomos de silício vizinhos, deixando um "elétron livre" ao redor do material dopado.

Quando expostos à luz solar, os elétrons liberados dos átomos de silício são rapidamente substituídos pelos elétrons livres disponíveis dos átomos de fósforo dopados (fluxo de elétrons). Mas esta ação ainda deixa um elétron extra (o elétron liberado) flutuando em torno do cristal dopado, tornando-o carregado negativamente. Em seguida, um material semicondutor é classificado como tipo N quando tem um excesso de elétrons, criando assim um polo negativo. Como cada átomo de impureza “doa” um elétron, os átomos pentavalentes são geralmente conhecidos como “doadores”. (SONAI, 2015).

Semicondutores fotovoltaicos tipo P

Se formos para o outro lado e introduzirmos uma impureza "Trivalente" (3 elétrons) na estrutura cristalina, como o Boro (B), que tem apenas cinco elétrons dispostos em três cascas em torno de seu núcleo, com o orbital mais externo tendo apenas três elétrons, a quarta ligação fechada não pode ser formada. Portanto, uma conexão estável completa não é possível, dando ao material semicondutor uma abundância de transportadores carregados positivamente conhecidos como "buracos" na estrutura do cristal, região onde os elétrons estão efetivamente ausentes.

Como agora existe um buraco no cristal de silício, um elétron vizinho é atraído para ele e tentará se mover para dentro do buraco para preenchê-lo. No entanto, o elétron que preenche o buraco deixa outro buraco atrás dele enquanto se move. Isso, por sua vez, atrai outro elétron que, por sua vez, cria outro buraco atrás dele, e assim por diante, dando a aparência de que os buracos estão se movendo como uma carga positiva através da estrutura cristalina semicondutora. Este movimento de furos representa o fluxo de corrente convencional.

O movimento dos buracos resulta em uma falta de elétrons no silício, transformando todo o cristal dopado em um polo positivo. Portanto, um material semicondutor do tipo P tem mais buracos que os elétrons e, como cada átomo de impureza

gera um furo, as impurezas trivalentes são geralmente conhecidas como “Aceitadores”, pois estão continuamente “aceitando” elétrons extras ou livres.

Sozinhos, os materiais semicondutores do tipo N e do tipo P são eletricamente neutros, mas quando esses dois materiais semicondutores são reunidos pela primeira vez, alguns dos elétrons livres movem-se pela junção para preencher os orifícios no material tipo P. Se os elétrons se moveram eles deixam para trás íons positivos no lado N negativo e os buracos se movem através da junção na direção oposta para a região onde há um grande número de elétrons livres. Este movimento de elétrons e buracos através da junção é conhecido como difusão. (GARCIA, 2018).

Esse processo continua até que o número de elétrons que cruzaram a junção tenha uma carga elétrica grande o suficiente para repelir ou impedir que mais transportadores cruzem a junção. Eventualmente, ocorrerá um estado de equilíbrio (situação eletricamente neutra) produzindo uma zona de " Barreira Potencial " ao redor da área da junção, à medida que os átomos doadores repelem os buracos e os átomos aceitadores repelem os elétrons. Uma vez que nenhuma operadora de carga livre pode descansar em uma posição onde há uma barreira potencial, ela é “esgotada” de qualquer operadora móvel gratuita, e essa área ao redor da junção é agora chamada de Camada de Depleção.

Energia proveniente do sol

Quando a luz do sol incide em uma célula fotovoltaica, os fótons de luz atingem a superfície do material semicondutor e liberam elétrons da estrutura do átomo dos materiais.

Isso cria um fluxo de elétrons formando uma corrente elétrica que começa a fluir sobre a superfície da célula solar fotovoltaica. Tiras metálicas são colocadas na superfície da célula fotovoltaica para coletar esses elétrons que formam a conexão positiva. A parte de trás da célula fotovoltaica, o lado distante da luz solar entrante, consiste de uma camada de alumínio ou metal que forma a conexão negativa com a célula. Então, uma célula solar fotovoltaica tem duas conexões elétricas para fluxo de corrente convencional, uma positiva e outra negativa. (CORTEZ, 2013).

O tipo de energia solar produzida por uma célula solar fotovoltaica produz uma corrente contínua ou DC, o mesmo que de uma bateria. A maioria das células solares fotovoltaicas produz uma tensão de circuito aberto “sem carga” (nada conectado a ela), quando não há nenhum circuito externo conectado.

Curva corrente - tensão de uma placa fotovoltaica

A curva que caracteriza uma célula Solar tem o objetivo de mostrar a corrente e tensão de uma determinada célula, ou módulo fotovoltaico, fornecendo uma descrição detalhada de sua capacidade de conversão e eficiência de energia solar.

As curvas são basicamente uma representação gráfica da operação de uma célula solar ou módulo mostrando uma relação entre a corrente e a tensão nas condições existentes de irradiância e temperatura (CAMPOS, 2013).

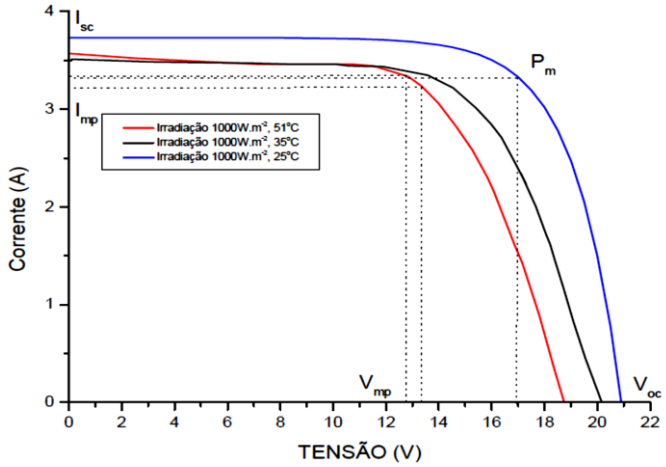

Figura 2.2: curva característica de uma placa fotovoltaica

Fonte: CAMPOS, 2013

A curva corrente x tensão, representada no gráfico, mostra a relação entre a tensão e a corrente de saída de um módulo fotovoltaico sob determinadas condições de temperatura, de modo que o aumento de temperatura na placa solar promove uma variação na produção da corrente elétrica. A tensão ou voltagem é representada na linha horizontal do gráfico e a corrente é representada na linha vertical.

Podemos observar no gráfico as características da tensão e da corrente de uma célula fotovoltaica de silício comum operando sob condições normais. A energia fornecida por uma célula solar é o produto da corrente e tensão. Se a multiplicação é feita, ponto a ponto, para todas as tensões em uma condição de circuito aberto, teremos uma curva de potência definida para cada nível de irradiação.

UNIDADE 3

CONCEITOS BÁSICOS PARA A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.

- **Duração da Unidade:** 1 aula de aproximadamente 50 minutos.
- **Objetivo da Unidade:** Nesta iremos avaliar o conhecimento prévio dos alunos dentro do contexto da Eletricidade a partir dos conceitos como: carga, campo e força elétrica, corrente resistência e potencial elétrico.
- **Instrumento pedagógico:** Pré-teste.
- **Papel do professor:**

Nesta unidade, que é o primeiro contato com os alunos selecionados e ou voluntários, tem como objetivo descobrir qual o nível de conhecimento que o aluno chega ao início do projeto, se o mesmo está ou não preparado para as atividades, e quais as dificuldades que o aluno apresenta referentes ao tema que será abordado, dando ao professor condições prévias de planejar aulas que sejam direcionadas.

O papel do professor nesta unidade é bem simples, tem de ser fiscal no pré-teste, e solicitar aos alunos que sejam sinceros nas respostas, explicando com suas próprias palavras os conceitos que conhecem ou já ouviram falar, e deixando em branco as questões que não têm conhecimento. Um ponto importante é que o professor tem de deixar claro para os alunos a função do teste diagnóstico, explicitando ainda que o mesmo não vale nota. Essa explicação sobre o teste é justamente para que o discente seja responsável enquanto responde ao teste.

É necessário também salientar que os mesmos não utilizem nenhum tipo de consulta tais como: livros, celular, notebook, internet e nem os colegas, justamente para manter a veracidade nas respostas e o direcionamento que será feito pelo professor nas aulas seguintes atue exatamente na dificuldade do aluno.

Não se esqueça de deixar os alunos bem à vontade para responder ao questionário, sempre mostrando para os alunos que o questionário não é uma prova, fazendo com que se tire o peso comum das avaliações. Explique sempre o motivo do questionário para que os discentes estejam motivados a deixar o seu melhor.

Pré-teste

Mestrado/Professor: Alê de Souza Cruz

Nome:_____

Série:_____ Turma:_____

1. O que você entende sobre corrente elétrica, e como ela interage com um condutor?
2. Explique de que maneira a resistência elétrica interfere na corrente elétrica?
3. Descreva o que você entende sobre geradores elétricos e onde são utilizados.
4. Que tipos de associações podem ser realizadas com geradores elétricos e quais são as características de essas associações?
5. Explique, usando argumentos Físicos, o que você sabe sobre diferença de potencial elétrico.
6. O que você entende sobre semicondutores? E como eles podem funcionar em um circuito elétrico?
7. Descreva o que você entende sobre energia solar fotovoltaica.
8. De que maneira uma placa solar fotovoltaica pode gerar uma corrente elétrica?

UNIDADE 4

APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS BÁSICOS PARA A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA ATRAVÉS DE VÍDEOS

- **Duração da Unidade:** 1 aula de aproximadamente 50 minutos

- **Objetivo da unidade:** Apresentamos os conceitos básicos de eletricidade e energia solar fotovoltaica, verificamos no pré-teste a necessidade de abordar esses conceitos básicos.

- **Instrumento pedagógico:** Vídeos didáticos sobre o tema.

- **Papel do professor:**

A escolha dos vídeos será relacionada de acordo com as dificuldades identificadas no pré-teste. Aqui os alunos assistirão os vídeos propostos e tentarão comparar com o que eles responderão ou não no pré-teste tentando compreender e esclarecer possíveis duvidas e curiosidades.

Nesta aula, apresentaremos vídeos que poderão ser substituídos de acordo com a necessidade ou interesse do professor que irá utilizar essa sequência didática dependendo também da dificuldade apresentada pelo aluno e o ano escolar trabalhado.

Esta aula poderá também, caso haja falta e equipamentos ou os recursos de vídeo não estejam à disposição, ser substituída por uma aula dinâmica com o próprio professor debatendo sobre os conceitos, fazendo conexões com o conhecimento prévio do aluno, e estimulando o mesmo a debater sobre o tema trocando informações entre si.

Outro caso seria fornecer aos alunos o vídeo em mídia, ou armazenado em nuvens como o DropBox e outros, para que possam assistir em casa através de computador ou celulares.

Nesta atividade, o professor usa a sala de aula para apresentar os vídeos, de modo, que teste os equipamentos (projetor, computador, caixas de som) previamente.

Se necessário, o professor pode fazer interrupções durante a exibição dos vídeos para explicar algo que acredite ter ficado vago ou mal explanado, o mesmo pode acontecer caso o aluno tenha alguma dúvida durante as exibições.

Nesta sequência didática, utilizaremos parte dos vídeos da série "A História da Eletricidade" produzido pela rede de tv Norte Americana BBC, no ano de 2011, para o público em geral.

Outro vídeo utilizado foi o da série "Maravilhas Modernas – Eletricidade", produzido pela rede de tv Norte Americana Discovery, no ano de 2015, para o público em geral.

E por fim trabalharemos o vídeo da série "Fontes Renováveis – Energia Solar Fotovoltaica" produzida pela tv USP de São Paulo em 2013.

Os vídeos foram editados devido sua duração. Utilizamos as partes necessárias para trabalhar as dificuldades identificadas no pré-teste.

O quadro abaixo mostra o conteúdo de cada vídeo, a duração de cada um, e o endereço digital que foi encontrado.

Título	**Duração (min)**	**Endereço Eletrônico**
A história da eletricidade episódio 1	58:58	https://www.youtube.com/watch?v=rAqUvE97iCU&t=2731s
A história da eletricidade episódio 2	58:59	https://www.youtube.com/watch?v=t5m-9vjCe1g
A história da eletricidade episódio 3	58:57	https://www.youtube.com/watch?v=BkkoaXCLYGI&t=3042s
Maravilhas Modernas – Eletricidade	45:18	https://www.youtube.com/watch?v=8j0MogfP7hY
Fontes Renováveis – Energia Solar Fotovoltaica	17:20	https://www.youtube.com/watch?v=IAQD7NJjGvk

UNIDADE 5

MONTAGEM E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 1: CIRCUITO ELÉTRICO SIMPLES

- **Duração da Unidade:** Duas aulas de aproximadamente 50 minutos cada

- **Objetivo da unidade:** Mostrar ao aluno como construir um circuito elétrico explicitando o funcionamento do gerador e como surge a corrente elétrica, destacando também as características de um led-diodo.

- **Instrumento pedagógico:** Experimento com utilização de materiais fornecido pelo professor.

- **Papel do professor:**

Este experimento servirá para o aluno se ambientar com a montagem de circuitos elétricos, e na utilização de equipamentos como solda de estanho e ferro de solda.

O professor, nessa parte, deve estar muito atento quanto ao manuseio do material para que não ocorra acidentes, pelo fato do ferro de solda funcionar em alta temperatura. E a partir desta unidade que o professor já irá trabalhar conceitos de eletricidade, através de experimentos, com isso, o professor terá, também, de se atentar a toda e qualquer atitude dos alunos referente à atividade experimental realizada. Dessa forma, perguntas bobas, atitudes curiosas (como não saber usar alguma ferramenta, não conhecer algum equipamento ou elemento do circuito e não ter prática manual) devem ser vistas, relatadas e avaliadas ao fim dessa atividade experimental. É importante a explanação do professor sobre os conceitos que estão sendo vistos na prática, instigando os alunos a responderem o que acham que está acontecendo e dando-lhes o ponto de vista Físico do fenômeno observado.

Temos aqui, um experimento bem simples e fácil de produzir e com baixo custo, pois a maioria dos materiais podem ser encontrados em pequenas lojas de eletrônicos. Caso não haja dinheiro para aquisição de materiais, os mesmos podem ser encontrados e retirados de computadores velhos e queimados, televisores queimados, trabalhando a consciência ambiental e reciclagem.

Vale salientar que este experimento é puramente qualitativo, logo, as medidas físicas numéricas não podem ser retiradas. Dessa forma, é imprescindível a observação do fenômeno e as suas possíveis causas e efeitos.

ROTEIRO PARA O CIRCUITO ELÉTRICO SIMPLES

Objetivo: Construir e analisar o funcionamento de um circuito elétrico simples utilizando materiais reutilizados ou de baixo custo, servido como experimento base para destacar os elementos de um circuito, e aprender a utilizar equipamentos que servirão como auxílio na construção da placa solar fotovoltaica.

Materiais Necessários:

- 1 ferro de solda de 10Watt;
- 1 rolo de solda de estanho;
- 1 led de 3Volts;
- 1 chave liga/desliga de 0,5 amperes;
- 20cm de fio de 1mm preto;
- 20cm de fio de 1mm vermelho;
- Pedaço de papelão;
- 1m de arame tipo recozido;
- 2 pilhas pequenas;
- 1 suporte para 2 pilhas;

Ferramentas:

- Alicate de bico fino e de corte;
- Fita isolante;
- Tesoura;
- Estilete;

Esquema de montagem:

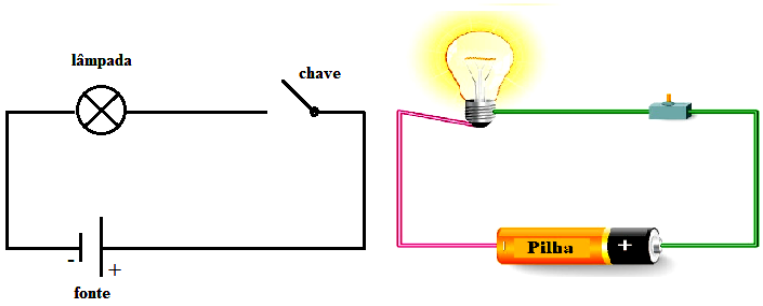

Figura 5.1: Esquema circuito simples. Fonte: Próprio autor.

Montagem do experimento:

Inicie o experimento cortando os dois fios preto e vermelho utilizando o alicate, em tamanhos iguais de 20cm (esse tamanho já possibilita possíveis erros na hora que os alunos forem desencapar os fios), na sequência desencape as extremidades do fio deixando amostra o material metálico cujo fio é formado.

Ligue o ferro de solda e utilize junto com o rolo de solda para conectar os pedaços de fios nas extremidades (pernas) do led. Ligando o fio preto no lado negativo do led (perna menor), e o vermelho no lado positivo do led (perna maior). Essas cores representam, na eletrônica e eletrotécnica, os lados positivos e negativos dos elementos de um circuito. Nesse procedimento, o professor tem de ensinar o aluno a manusear o ferro de solda, e estanhar (revestir com estanho) as extremidades do fio para que a solda possa ser realizada com maior facilidade.

Na sequência faça a união, através do ferro de solda e a solda, entre do fio vermelho do led com uma das conexões da chave que vai ligar e desligar o circuito.

Recomendamos que o professor tente adquirir uma chave que seja resistente ao calor, devido à proximidade que a mesma irá estar do ferro de solda.

Por fim, faça as ligações do suporte para pilha (que já vem os fios das cores preto e vermelho, representando positivo e negativo), o fio preto do suporte com o outro fio preto conectado ao led, e o fio vermelho na outra conexão da chave.

Fixe o circuito no papelão com pedaços do arame, que pode ser cortado com o alicate, coloque as pilhas e teste se o circuito está funcionado.

Caso o professor não saiba manusear o ferro de solda, o mesmo poderá consultar previamente vídeo aulas disponíveis na internet.

Uma outra alternativa é a não utilização do ferro de solda e apenas fazer a conexão dos fios com o led, por meio de torção usando o alicate de bico.

É importante notar que a maioria dos materiais é de fácil acesso e bem simples de serem montados, sendo possível fazer em sala de aula. O horário de aplicação fica a critério do professor, mas sugerimos em um horário extraclasse, pois o tempo não é tão limitado. Outra situação é a substituição de materiais por outros, os quais o professor tenha maior acesso ou acredite que tenha um melhor rendimento científico, como no caso da tira de borracha, que no experimento foi trocada inúmeras vezes para encontrar um material que surtisse o efeito desejado.

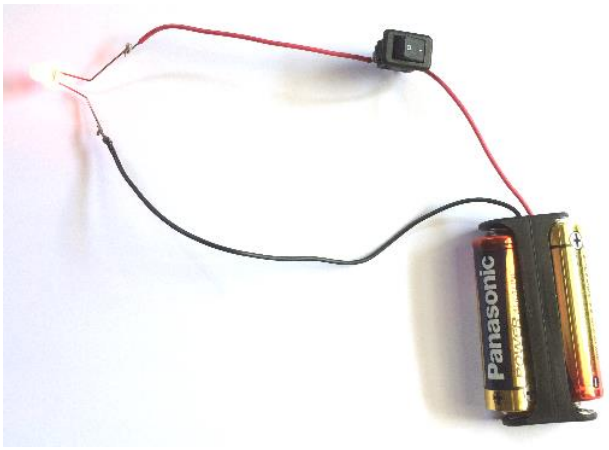

Figura 5.2: Circuito simples desenvolvido pelos alunos.

CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE

- **Duração da Unidade:** 1 aula em torno de 50 minutos.

- **Objetivos da Unidade:** Avaliar o conhecimento prévio dos alunos dentro do contexto de circuitos partir da montagem do Experimento denominado "Circuito Elétrico simples".

- **Instrumento pedagógico:** Teste avaliativo.

- **Papel do Professor:**

Esta unidade tem como intuito avaliar o conhecimento adquirido pelos alunos dentro da atividade experimental, realizada na Unidade 5. Com isso, o professor vai questioná-los, sob a forma escrita, os conceitos abordados na atividade anterior.

Do mesmo modo que ocorreu no pré-teste, o professor solicitará aos alunos que sejam honestos com a resolução do questionário, explicando com suas próprias palavras os conceitos que puderam visualizar na parte prática. Além disso, é necessário lembrar que os mesmos não devem utilizar nenhum tipo de consulta como: livros, celular, notebook, internet e nem os colegas.

Fale da importância do teste avaliativo para os alunos, deixando claro que o mesmo não vale nota e sim uma forma de o professor saber o que realmente se pôde aprender na atividade realizada.

MNPEF
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

INSTITUTO FEDERAL
AMAZONAS

UFAM

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Teste Avaliativo

Mestrado/Professor: Alê de Souza Cruz

Nome:_____

Série:_____ Turma:_____

1. O que você entendeu sobre circuito elétrico no experimento anterior?
2. Como foi possível fazer a conexão dos fios com a pilha, a chave e o led?
3. Explique como a corrente elétrica age no circuito que você montou com sua equipe.

UNIDADE 6

MONTAGEM E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 2: PLACA SOLAR FOTOVOLTAICA

- **Duração da Unidade:** 4 aulas de aproximadamente 50 minutos cada

- **Objetivo da unidade:** Mostrar ao aluno como construir uma placa solar fotovoltaica a partir de células fotovoltaicas, explicitando os processos físicos que permitem o seu funcionamento.

- **Instrumento pedagógico:** Experimento que permita a construção de uma placa solar fotovoltaica.

- **Papel do professor:**

Esse experimento é a principal parte da sequência didática, pois, além de fechar todas as unidades, ele também engloba todos os tópicos utilizados nas unidades anteriores. Dessa forma, o aluno precisa ter ciência dos conceitos de carga, campo, corrente, circuitos e associações, além de ter uma boa noção do funcionamento da célula fotovoltaica. Então, o professor, nesta etapa, precisa observar e instigar mais os alunos, pois de certo modo, os mesmos já estariam ambientados com o projeto, chegando a esta fase, mais autônomos em relação ao processo ensino-aprendizagem.

Por mais que os alunos já estejam inteirados em relação ao projeto, será, possivelmente, a primeira vez que os mesmos irão manusear uma célula fotovoltaica.

Independente da teoria utilizada para avaliar o conhecimento dos alunos, nesta unidade, o professor precisa ser mais mediador que nas outras, ou seja, o professor não precisa dar todas as respostas e sim apenas mostrar o caminho para o aluno enxergar ou descobrir tais respostas.

Este experimento é bem mais complexo de se montar, exige mais paciência e mais detalhes. Dessa maneira, o tempo limite de 4 aulas pode ser ultrapassado, ficando a cargo de o professor adaptar para o tempo que lhe comvir.

Outro tipo de problema que pode ser destacado, está na fragilidade das células fotovoltaicas, principalmente se as que forem adquiridas não tiverem proteção, o que

ocorreu durante o experimento, quando os alunos quebraram algumas durante a execução da montagem.

Quanto aos materiais que serão utilizados, não são de muito fácil acesso, e para que não custe muito caro seria mais aconselhável o professor adquiri-los em sites internacionais.

A tabela a seguir mostra alguns sites, preços e tempo de chegada. Atualizado em 29/08/2018.

Produto	**Site**	**Preço (R$) a cada 10 unidade**	**Tempo médios(dias) dos correios em Manaus-AM**
Célula solar	www.dx.com	18,00	30
	www.dhgate.com	10,00	45 a 60
	www.wish.com	9,00	45 a 60

ROTEIRO PARA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Objetivo: Construir e analisar o funcionamento de uma placa solar fotovoltaica, compreender os conceitos físicos que permitem a transformação de energia solar em elétrica. E ainda poder utilizar a placa solar construída como um carregador de celular.

Materiais Necessários:

- 10 células fotovoltaicas de 0,5v;
- 1m Fita de estanho;
- 2 placas de acrílico 5cmx20cm;
- 1 rolo de solda de estanho;
- 20cm de fio de 1mm vermelho;
- 20cm de fio de 1mm preto;
- Cola instantânea;
- 1 cabo carregador de celular;

Ferramentas:

- Alicate de bico fino e de corte;
- Fita isolante;
- Tesoura;

- Estilete;
- Ferro de solda;

Esquema de montagem:

A célula solar fotovoltaica funciona quando está sujeita a uma irradiação constante, funciona como uma bateria de corrente contínua. Dessa maneira, podemos representar esquematicamente cada célula como uma pequena bateria.

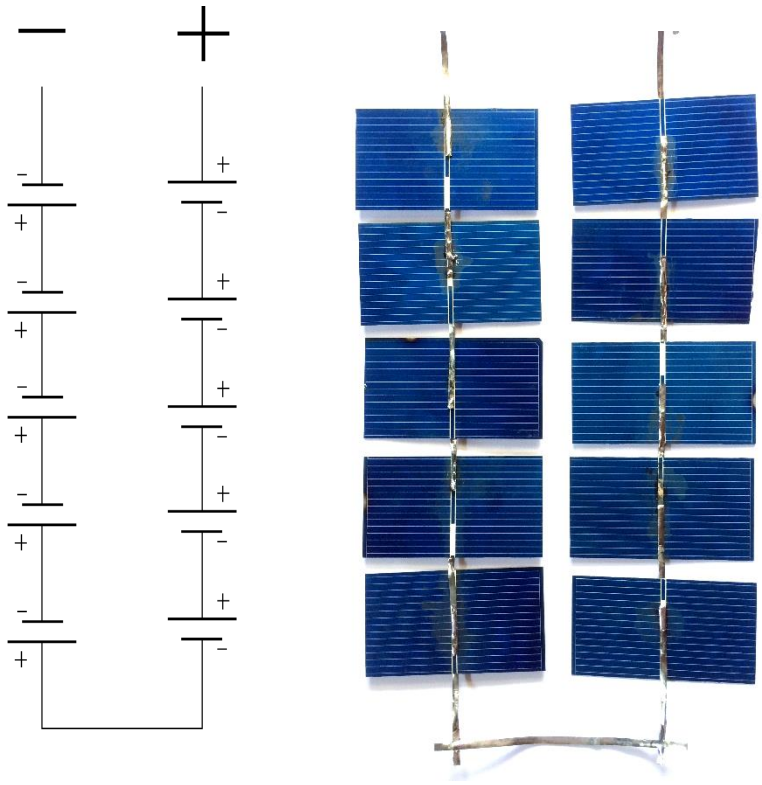

Figura 6.1: Esquema de montagem para placa solar fotovoltaica.

Montagem do experimento:

Temos aqui um experimento em que a placa solar substituirá o carregador do celular, em que o ponto de saída para um carregador tem uma tenção em torno de 5volts e uma corrente de 2 amperes. Portanto, a placa solar precisa preencher essas características para se obter um experimento com boa eficiência. Então, a quantidade de células fotovoltaicas, que o professor fornecerá para os alunos, dependerá do circuito ao qual a placa solar será conectada.

Nesse processo de montagem, ligaremos as dez células fotovoltaicas em série para atingirmos a voltagem necessária.

Primeiro ligue o ferro de solda e o deixe esquentar, enquanto isso corte a fita de estanho em tamanhos de 3 a 5 centímetros e com auxílio do alicate de bico solde a fita de estanho na placa solar fotovoltaica, tanto na parte da frente (lado azul negativo) como a de traz (lado cinza positivo) da placa, conforme visto na Figura 6.2 a seguir.

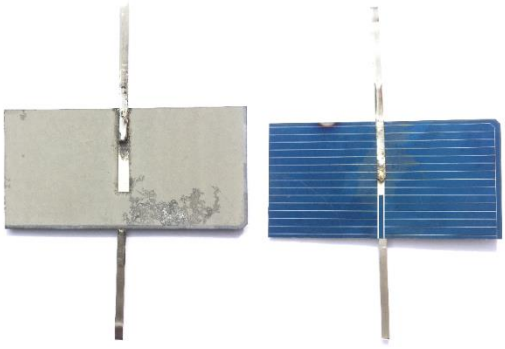

Figura 6.2: Células fotovoltaicas soldadas a fita de estanho.

Após todas as células estarem devidamente soldados com a fita de estanho, solde umas as outras em série, de modo que as voltagens de todas as placas sejam somadas. O que pode ser visualizado na Figura 6.3.

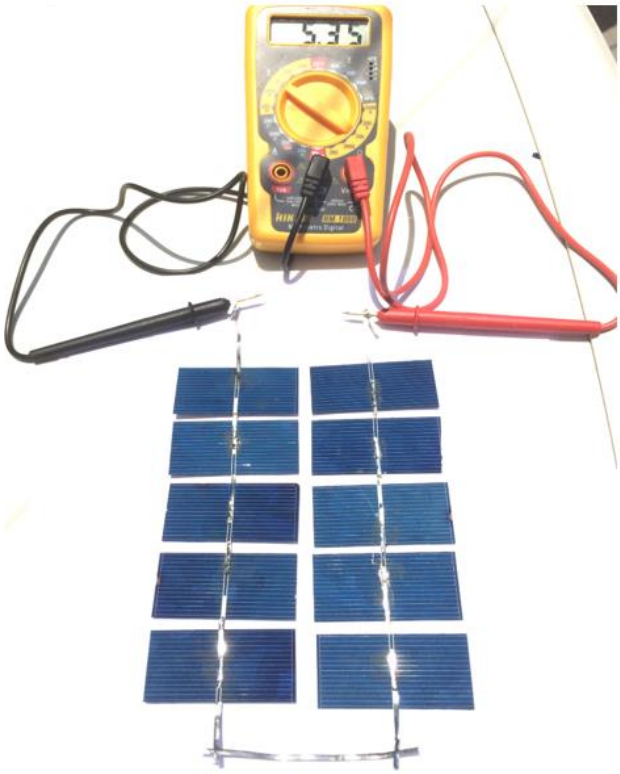

Figura 6.3: Células fotovoltaicas em um esquema de ligação em série.

Use a cola e as placas de acrílico para fixar e proteger a placa solar fotovoltaica construída, de modo que ela fique fixa, deixando as pontas das fitas de estanho, que estão nas extremidades, amostra para podermos soldar os fios do carregador de celular, ou algum equipamento que se tenha interesse, que funcione por meio das placas solares. Ver Figura 6.4.

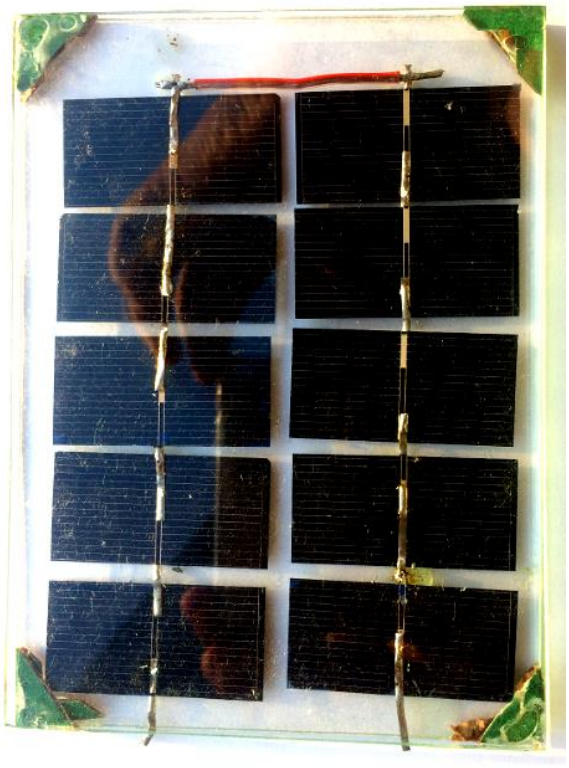

Figura 6.4: Placa solar fotovoltaica. Produto final.

O professor sempre tem de estar atento em todo processo de construção da placa solar, devido ao nível de dificuldade do experimento, a sensibilidade dos equipamentos que serão manuseados, bem como estar apto a responder às perguntas que serão feitas pelos alunos.

O mais aconselhado é que o professor sempre responda às perguntas fazendo uma conexão com o que o aluno já tenha aprendido, para que o novo conhecimento adquirido seja moldado na mente do aluno reforçando assim o aprendizado.

Quanto à dificuldade que se apresenta no manuseio de um ferro de solda, no caso das células fotovoltaicas. As mesmas podem ser substituídas por outros modelos que existem no mercado, que já vêm protegidos e com as afiações soldadas. Com isso, podemos eliminar o processo de soldagem, entretanto o custo será mais elevado.

PLACA SOLAR FOTOVOLTAICA

- **Duração da Unidade:** 1 aula em torno de 50 minutos.

- **Objetivos da Unidade:** Avaliar o conhecimento prévio dos alunos dentro do contexto de circuitos e energia solar fotovoltaica a partir da montagem do Experimento denominado “Placa Solar Fotovoltaica”.

- **Instrumento pedagógico:** Teste avaliativo.

- **Papel do Professor:**

Esta unidade tem como intuito avaliar o conhecimento adquirido pelos alunos dentro da atividade experimental realizada na Unidade 6. Com isso, o professor vai lhes questionar, de forma escrita, os conceitos abordados na atividade anterior.

Do mesmo modo que ocorreu nos testes anteriores, o professor solicitará aos alunos que sejam honestos com a resolução do questionário, explicando com suas próprias palavras os conceitos que puderam visualizar na parte prática. Além disso, é necessário lembrar que os mesmos não utilizem nenhum tipo de consulta como: livros, celular, notebook, internet e nem os colegas.

Fale da importância do teste avaliativo para os alunos, deixando claro que o mesmo não vale nota e sim uma forma de o professor saber o que realmente se pôde aprender na atividade realizada.

Teste Avaliativo 2

Mestrado/Professor: Alê de Souza Cruz

Nome:_____

Série:_____ Turma:_____

1. Como a corrente elétrica é produzida em uma placa solar fotovoltaica?
2. Que tipo de ligações foram feitas quando as células fotovoltaicas foram conectadas e por quê?
3. Qual as vantagens de usarmos a energia solar para o meio ambiente?

UNIDADE 7

CONCEITOS BÁSICOS PARA A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.

- **Duração da Unidade:** 1 aula em torno de 50 minutos.

- **Objetivos da Unidade:** Avaliar o conhecimento adquirido dos alunos durante a aplicação da sequência didática proposta, analisando a sua evolução em relação a seus conhecimentos prévios

- **Instrumento pedagógico:** Pós-teste.

- **Papel do Professor:**

Esta é a última etapa da sequência didática sendo uma das mais importantes. O professor terá que avaliar os alunos na forma de teste avaliativo (Pós-teste), que tem as mesmas perguntas feitas no pré-teste, e verificar qual a evolução do aluno para perguntas que o mesmo aluno respondeu no início do projeto. O docente tem de avaliar se houve evolução da linguagem do aluno para uma linguagem mais próxima da científica. Verificar ainda se o aluno aprendeu realmente os conceitos básicos da teoria.

Outro objetivo desta avaliação é averiguar se a sequência didática alcançou as metas propostas inicialmente, e se ainda é necessária alguma modificação para haver melhorias no processo ensino-aprendizagem. Desta forma, a necessidade de os alunos terem maior atenção e dedicação nesta última avaliação é primordial para a verificação da funcionalidade do projeto.

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

INSTITUTO FEDERAL
AMAZONAS

UFAM

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Pos-Teste

Mestrado/Professor: Alê de Souza Cruz

Nome:_____

Série:_____ Turma:_____

1. O que você entende sobre corrente elétrica, e como ela interage com um condutor?
2. Explique de que maneira a resistência elétrica interfere na corrente elétrica?
3. Descreva o que você entende sobre geradores elétricos, e onde são utilizados.
4. Que tipos de associações podem ser realizadas com geradores elétricos e quais são as características dessas associações?
5. Explique usando argumentos Físicos, o que você sabe ou percebeu sobre diferença de potencial elétrico.
6. O que você entende sobre semicondutores? E como eles podem funcionar em um circuito elétrico?
7. Descreva o que você entende sobre energia solar fotovoltaica.
8. De que maneira uma placa solar fotovoltaica pode gerar uma corrente elétrica?

REFERÊNCIAS

CAMPOS, E. L. F. **Construção de um Caracterizador de Curvas de Painéis Solares Utilizado um Conversor Boost.** 2013. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Viçosa, 2013.

CORTEZ, R. J. **Sistema de Segmento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica de Computadores). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, 2013.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física**: **Eletromagnetismo**. Volume 3. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. Editora LTC, 2018.

KEMERICH, P. D da C.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F.; SILVEIRA, R. B.; FRANÇA, J. R.; LEVANDOSKI, N. Paradigmas da Energia Solar no Brasil e no Mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, vol. 20, n. 1, p. 241-247, jan.-abri. 2016.

GARCIA, S. B.; MOEHLECKE, A.; ZANESCO, I. et al. Analise de Células Solares $P^{+}NN^{+}$ Em Silício Grau Solar Com Emissor Obtido Por BBr. In**: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR** - Gramado, 17 a 20 de abril de 2018.

GONZALES, E. G.; ROSA, P. R. S. Aprendizagem Significativa de Conceitos de Circuitos Elétricos Utilizando um Ambiente Virtual de Ensino Por Alunos da Educação de Jovens e Adultos. **Investigação em Ensino de Ciências**, vol. 19, n. 2, p. 477-504, 2014.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual de Química**, vol. 7, n. 1, p. 126-143, out. 2014.

MACHADO, K. D. **Teoria do Eletromagnetismo**. Volume 1. 2ª Edição. Editora UEPG, 2013.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 3 de fevereiro de 2015.

SONAI, G. G.; MELO, M. A.; NUNES, J. H. B.; MEGIATTO, J. D.; NOGUEIRA, A. N. Células Solares Sensibilizadas por cortantes naturais: Um Experimento Introdutório Sobre Energia Renovável Para Alunos de Graduação. **Quimica Nova**, v. 38, n. 10, p. 1357-1365. 2015.