

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UTILIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTÁICA NO ENSINO DE FÍSICA

Moisés Andrade de Jesus

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Física.

Orientador:
Prof. Dr. Victor Carlos Magno

Recife - Agosto de 2021.

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO ENSINO DE FÍSICA

Moisés Andrade de Jesus

Orientador:
Prof. Dr. Wictor Carlos Magno

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Wictor Carlos Magno

Prof. Dr. Alberto Einstein Pereira de Araújo

Prof. Dr. Michael Lee Sundheimer

Recife - Agosto de 2021.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

J58u

Jesus, Moisés Andrade de

Utilização da Energia Fotovoltaica no Ensino de Física / Moisés Andrade de Jesus. - 2021.
84 f. : il.

Orientador: Wictor Carlos Magno.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS), Recife, 2021.

1. Energia fotovoltaica. 2. Ensino de Física. 3. Aprendizagem Significativa. I. Magno, Wictor Carlos, orient. II. Título

CDD 530

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo seu infinito amor e bondade, o qual até aqui tem me concedido força e sabedoria para superar as dificuldades. Reconheço que sem Deus a vida não tem sentido e que se cheguei até aqui, foi porque ele nunca me abandonou. Obrigado, meu Senhor!

A minha esposa Thaynná Alves Nobre de Jesus pelo companheirismo, dedicação, paciência e incentivo, principalmente nos momentos mais difíceis, dedicados a mim durante toda a nossa trajetória.

A minha filha Maria Alice Nobre de Jesus por todo o carinho e amor demonstrados a mim e por tornar a minha vida mais alegre e feliz.

Aos meus pais, Sivaldo Matos de Jesus e M. Edilene Andrade de Jesus, por todo amor, compreensão e incentivo que dedicaram a mim, sempre acreditando que o conhecimento e a educação são as maiores heranças que podemos obter na vida. Ao meu irmão e amigo Márllon Andrade de Jesus pelo companheirismo e união que sempre demonstrou. Ao meu amado sobrinho Márllon Andrade de Jesus Jr. pelo carinho, amor e respeito demonstrados a mim, bem como pelo exemplo de força, esperança e fé.

Ao Prof. Wictor Carlos Magno, orientador deste trabalho, pelo acompanhamento durante a elaboração do estudo, pela atenção, compreensão, paciência e por toda confiança depositada em mim.

Aos meus companheiros e amigos de pós-graduação: Raphael e Demétrius pelo companheirismo e valiosa amizade. Vocês tornaram essa caminhada mais prazerosa.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

De uma forma geral, a todos que diretamente e indiretamente contribuíram não apenas com este trabalho, mas também com o meu desenvolvimento pessoal. Meu muito obrigado!

RESUMO

Neste trabalho estudamos a utilização da energia fotovoltaica no ensino de física, objetivando a criação de uma sequência didática, com aulas teóricas e práticas, que permitam ao docente de física ensinar de forma inovadora, conceitos da tecnologia de energia solar fotovoltaica em sala de aula. Com isso, é possível proporcionar ao aluno um conhecimento básico que o direcione para esse mercado que tende a crescer com o avanço do setor elétrico.

O presente trabalho tem como base de referência a teoria da aprendizagem de David Ausubel, onde aborda sobre a ancoragem de novos conhecimentos em seus subsunçores. Partindo desse princípio, a sequência didática apresentada, aborda os conceitos básicos de eletricidade, em uma sequência lógica, de tal forma que possibilite o entendimento básico do sistema solar fotovoltaico.

Palavras-chave: 1. Energia fotovoltaica; 2. Ensino de Física. 3. Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

In this work we study the application of photovoltaic energy in the research of Physics Teaching. This work aims to create a didactic sequence, with theoretical and practical classes, which allow the physics teacher to teach in an innovative way, the concepts of photovoltaic solar energy technology. With this, it is possible to provide the student with a basic knowledge that directs him to this market that tends to grow with the advancement of the electric sector.

The present work is based on David Ausubel's theory of learning, where he addresses the anchoring of new knowledge in his subsumers. Based on this principle, the didactic sequence, presented, addresses the basic concepts of electricity, in a logical sequence, in such a way as to enable the basic understanding of the photovoltaic solar system and its applications in nowadays.

Keywords: 1. Photovoltaic energy; 2. Meaningful learning; 3. Didactic sequence.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	10
1.2	OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	17
2.2	CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA.....	21
2.2.1	<i>CORRENTE ELÉTRICA</i>	21
2.2.2	<i>DIFERENÇA DE POTENCIAL OU TENSÃO</i>	23
2.2.3	<i>RESISTÊNCIA ELÉTRICA E LEI DE OHM</i>	23
2.2.4	<i>POTÊNCIA E ENERGIA ELÉTRICA</i>	25
2.2.5	<i>GERADORES</i>	26
2.2.6	<i>FONTE DE TENSÃO EM SÉRIE E FONTE DE CORRENTE EM PARALELO</i>	26
2.3	CONCEITOS SOBRE A ENERGIA	28
2.3.1	<i>PRINCIPAIS DEFINIÇÕES SOBRE ENERGIA</i>	28
2.3.2	<i>ENERGIA SOLAR EM PERNAMBUCO</i>	28
2.3.3	<i>CONCEITOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA</i>	29
3	MATERIAL E MÉTODO.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5	CONCLUSÕES	47
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
7	APÊNDICES.....	52
7.1	APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO	52
7.2	APÊNDICE B: GABARITO DO QUESTIONÁRIO	53
7.3	APÊNDICE C: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL.....	54
7.4	APÊNDICE D: PRODUTO EDUCACIONAL.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do novo ensino médio.....	11
Figura 2: Mapa conceitual proposto por Marco Antônio Moreira para incluir o computador como elemento mediador na obtenção do conhecimento na escola.	21
Figura 3: Gráfico das correntes contínua e alternada, no tempo.	22
Figura 4: Associação de resistores em série.	24
Figura 5: Associação de resistores em paralelo.....	24
Figura 6: Circuito simples contendo: resistor equivalente, tensão total e corrente total do circuito.	25
Figura 7: (a) Gerador ideal, não apresenta perdas internas. (b) Gerador real, apresenta perdas internas. Sua resistência interna é dada por r e a força eletromotriz \mathcal{E} é maior que a tensão externa entregue a um circuito.....	26
Figura 8: Fontes de tensão e de corrente em série e paralelo.....	27
Figura 9: Possíveis locais para a instalação de um sistema solar fotovoltaico.....	28
Figura 10: Efeito fotovoltaico (a) e efeito fotoelétrico (b).	29
Figura 11: Radiação direta e difusa no plano horizontal do solo.	30
Figura 12: Célula, painel e arranjo fotovoltaico.	30
Figura 13: Trajetória do sol em relação a um observador no solo.	31
Figura 14: Obtendo a latitude e longitude do local desejado através do google maps.....	32
Figura 15: Definição do ângulo azimutal.....	32
Figura 16: Mapa de correção de ângulo para encontrar o norte geográfico.	33
Figura 17: Curva I-V de um módulo comercial CS3U – 370MS.....	33
Figura 18: Associação em série de dois módulos fotovoltaicos.....	34
Figura 19: Associação em paralelo de dois módulos fotovoltaicos.	35
Figura 20: Painel solar comercial usado como teste. Especificações: potência 30W e tensão máxima (circuito aberto) de 12 volts.	36
Figura 21: Minicélula solar comercial usada na aplicação do Produto desta dissertação. (a) Visão superior. (b) Visão inferior. Especificações: dimensões de 60 mm x 55 mm x 2,7 mm e peso de 11 gramas. Potência máxima 0,36 W e tensão nominal máxima 3 volts	36
Figura 22: Multímetro digital utilizado nesta dissertação de mestrado.....	38
Figura 23: Aula remota desenvolvida durante o primeiro encontro.....	39
Figura 24: Apresentação dos conceitos básicos de eletricidade e do simulador PhET.	40
Figura 25: Aula remota sobre a primeira lei de Ohm e associação de resistores.....	41
Figura 26: Aula sobre o conceito de produção de energia solar.....	41
Figura 27: Aula prática sobre orientação ótima dos módulos fotovoltaicos	42
Figura 28: Aula prática sobre associação das células solares.....	43
Figura 29: Resultado da pergunta: "Defina com suas palavras o significado de energia renovável".....	44
Figura 30: Resultado da pergunta: "Na sua opinião, em dias nublados, o sistema solar fotovoltaico pode gerar energia elétrica?". Fonte: Autor.	45
Figura 31: Resultado da pergunta: "O que é o efeito fotovoltaico?". Fonte: Autor.....	46
Figura 32: Resultado da pergunta: "Quais fatores influenciam na corrente e na tensão de um painel fotovoltaico?".....	46
Figura 33: Resultado da pergunta: "O que acontece com a tensão e a corrente das associações em série e em paralelo dos módulos fotovoltaicos".	47
Figura 34: Conta de luz retirada do site da Celpe.	54
Figura 35: Localização da latitude e longitude.....	56
Figura 36: Irradiação solar no plano inclinado de Jabotão dos Guararapes, PE.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Física, organizador curricular.	11
Tabela 2: Trilhas estabelecidas pelo currículo de Pernambuco.....	13
Tabela 3: Trilhas: Meio Ambiente e Sociedade (NATUREZA) e Desenvolvimento Social e Sustentabilidade (NATUREZA E HUMANAS).....	13
Tabela 4: Escolha do ângulo de inclinação do módulo solar com base na latitude do local....	31
Tabela 5: Caracterização das células solares utilizadas na sequência didática desenvolvida neste trabalho.	37
Tabela 6: Média do consumo durante doze meses.	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Plano Nacional de Educação (PNE) afirma que:

Conforme o art. 39 da LDB, a educação profissional e tecnológica “integra-se aos diferentes níveis e modalidades e às dimensões do trabalho, da ciência e da tecnologia” a fim de possibilitar o desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva. Já o art. 40 estabelece que a educação profissional deve ser desenvolvida em articulação com o ensino regular ou por diferentes estratégias de educação continuada.

Com base nos artigos 39 e 40 da LDB (Lei de Diretrizes Bases da educação Nacional) o PNE apresentou 20 metas e entre elas, a 11ª meta pretende “triplicar as matrículas da educação profissional técnica de nível médio, assegurando a qualidade da oferta e pelo menos 50% (cinquenta por cento) da expansão no segmento público.”

Em outras palavras, o PNE afirma que não há educação eficiente se a formação geral está dissociada da educação profissional e com isso sugere, como meta, a associação da educação base com a profissional. Além disso, a Lei de Diretrizes Bases da Educação Nacional (LDB) estabelece em seu artigo 35, incisos II e IV, respectivamente: “A preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores” e “A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”. Ou seja, em outras palavras, o ensino básico de física deverá dar base, teórico e prático, para o aluno que deseja prosseguir com estudos posteriores onde se faz necessário uma boa base de física.

A nova proposta curricular, regulamentado pela lei nº 13.415 de 16 de fevereiro de 2017, trouxe alterações na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os itinerários formativos.

De acordo com a Figura 1, pode-se perceber que a estrutura do novo ensino médio, para a formação geral básica, apresenta quatro áreas de conhecimento, linguagens e suas tecnologias, matemática e suas tecnologias, ciências da natureza e suas tecnologias, ciências humanas e sociais aplicadas, os quais terão a possibilidade de conversarem entre si (interdisciplinaridade).

Já os itinerários formativos apresentam as áreas de conhecimento e a formação técnica e profissional. Eles serão organizados em um ou mais eixos estruturantes, que

são: investigação científica, processos criativos, mediação e intervenção sociocultural e empreendedorismo.



Figura 1: Estrutura do novo ensino médio.
Fonte: Base Nacional Comum Curricular.

Os itinerários formativos, de acordo com o artigo 36 da LDB (Leis e Diretrizes Bases da Educação Nacional), contemplam projetos, oficinas, núcleo de estudos e outros; os quais têm como objetivo aprofundar o conhecimento de áreas básicas e da formação técnica e profissional.

O currículo de Pernambuco no ano de 2021 para o ensino médio apresenta os conteúdos básicos em física e nas demais disciplinas, bem como também os itinerários formativos.

O currículo expõe três tópicos, em física, para o 3º ano, os quais são: habilidades da área BNCC, habilidades específicas do componente e objetos do conhecimento, conforme verificadas na tabela 1.

Tabela 1: Física, organizador curricular.

FÍSICA		
3ª ANO		
HABILIDADES DA ÁREA BNCC	HABILIDADES ESPECÍFICAS DO COMPONENTE	OBJETOS DO CONHECIMENTO
(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de	(EM13CNT106FIS04PE) Avaliar, com ou sem o uso	Circuito Elétrico (rendimento, comparação)

<p>dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.</p>	<p>de dispositivos, aplicativos digitais e/ou experimentos, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem as diferentes transformações, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos e o tempo de renovação, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.</p>	<p>entre tensão elétrica contínua e alternada, comparação entre redes de 110V e 220V, cálculo de consumo de energia elétrica e custo), avaliando as contribuições Tesla para as novas tecnologias e transformação de outras modalidades de energia em energia elétrica.</p>
<p>(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.</p>	<p>(EM13CNT107FIS05PE) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre potência elétrica, resistências, tensão, corrente elétrica, capacitância, o funcionamento e aplicações de geradores e receptores elétricos e seus componentes (como bobinas e indutores), utilizando a simbologia de cada um no funcionamento de transformadores e dispositivos eletrônicos (como sensores), com base na análise dos processos de transformação, condução, consumo, armazenamento e eficiência da energia elétrica – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais e/ou experimentos –, para propor ações que visem a sustentabilidade.</p>	<p>Circuito Elétrico (componentes do circuito elétrico básico (corrente elétrica, condutores e isolantes, potência, energia elétrica e cálculo de consumo). Dispositivos de segurança (chave e/ou interruptor, fusível e disjuntor). Resistores, Lei de Ohm, Efeito Joule associações (série, paralelo e mistas). Geradores e associações (série e paralelo). Capacitores e associações (série e paralelo). Receptores e seus elementos, uso de transformadores e indutores. Funcionamentos de sensores que convertem dados do ambiente em tensão elétrica.</p>

Fonte: Currículo de Pernambuco, Ensino Médio.

O currículo do Estado de Pernambuco estabelece algumas trilhas de aprofundamento específico por área de conhecimento, conforme se pode ver na tabela 2.

Tabela 2: Trilhas estabelecidas pelo currículo de Pernambuco

Trilhas	Comunicação (LINGUAGENS)
	Identidades e Expressividades (LINGUAGENS)
	Línguas e Culturas de Mundo (LINGUAGENS)
	Soluções Ótimas (MATEMÁTICA)
	Saúde coletiva e qualidade de vida (NATUREZA)
	Meio Ambiente e Sociedade (NATUREZA)
	Direitos Humanos e Participação Social (HUMANAS)
	Juventude, Liberdade e Protagonismo (HUMANAS)
	Diversidade Cultural e Territórios (HUMANAS)
	Modos de Vida, Cuidado e Inventividade (NATUREZA E LINGUAGENS)
	Possibilidades em rede e Humanização dos espaços (HUMANAS E MATEMÁTICA)
	Desenvolvimento Social e Sustentabilidade (NATUREZA E HUMANAS)
	Tecnologias Digitais (MATEMÁTICA E NATUREZA)
	Matematização, Design e Criatividade (MATEMÁTICA E LINGUAGENS)

Fonte: Currículo de Pernambuco, Ensino Médio.

Especificamente nas trilhas: Meio Ambiente e Sociedade (NATUREZA) e Desenvolvimento Social e Sustentabilidade (NATUREZA E HUMANAS), encontram-se informações sobre os conteúdos a serem trabalhados (ver tabela 3). Tais conteúdos têm como assuntos temas importantes como: eficiência energética, fontes renováveis e não renováveis e suas tecnologias.

Tabela 3: Trilhas: Meio Ambiente e Sociedade (NATUREZA) e Desenvolvimento Social e Sustentabilidade (NATUREZA E HUMANAS)

3º Ano – 2º Semestre				
Unidade Temática: CIÊNCIA, SUSTENTABILIDADE E SOCIEDADE				
Objetivo do Semestre: Compreender como os amplos conceitos de sustentabilidade, biodiversidade e ecologia se mobilizam para a sobrevivência equilibrada do meio ambiente, de forma humanizada para o empreendimento de projetos pessoais ou coletivos.				
PERÍODO	UNIDADE	EIXO	HABILIDADE DA	EMENTA

	CURRICULAR OBRIGATÓRIA	ESTRUTURANTE	UNIDADE CURRICULAR	
3º Ano 2º Semestre	Matriz Energética e Impactos ambientais (40 h) Formação docente: Física, Biologia, Química, Geografia	Empreendedorismo	(EMIFCNT10PE) Avaliar como conhecimentos, recursos e oportunidades, relacionados às matrizes energéticas e suas formas de exploração, podem ser utilizados na concretização de projetos de eficiência energética, considerando os diversos tipos de fontes renováveis e/ou não renováveis, analisando as tecnologias disponíveis e os seus impactos socioambientais.	Princípio de funcionamento de Hidroelétricas, Termoeletricas, Usinas Nucleares, Coletores Eólicos, Células Fotovoltaicas e Aquecedor Solar. Formas de armazenamento de excedente de energia. Análise dos aspectos socioambientais, geopolíticos e econômicos das diferentes matrizes energéticas. Relação de diferentes fontes de energia com os Impactos ambientais e sustentabilidade. Eficiência e diversificação dos processos de transformação e aproveitamento energético. Tomada de consciência e inovação.

Fonte: Currículo de Pernambuco, Ensino Médio.

Este trabalho de dissertação de Mestrado foi motivado por todas essas demandas atuais, com a finalidade de tornar o Ensino de Física mais contextualizado e próximo da realidade dos alunos; bem como, da necessidade de realizar atividades práticas intercaladas com as aulas teóricas de Física no Ensino Médio.

Em novembro de 2019, o Ministério da Educação (MEC) divulgou a liberação de R\$ 125 milhões, em recursos extras, para as 63 universidades federais brasileiras investirem em energia solar fotovoltaica. Tal medida irá gerar uma economia, para as universidades, de até R\$ 25,5 milhões ao ano. O valor economizado será utilizado para ampliar os incentivos aos estudos dos acadêmicos, beneficiando cerca de mais de 2 milhões de universitários das universidades federais do Brasil (Ministério da Educação, 2019).

O uso de energia fotovoltaica em instituições públicas no Brasil começou a ser implementado nos últimos anos. Por exemplo, o MEC recentemente fez um aporte de recursos financeiros, dá ordem de R\$ 60 milhões em janeiro de 2020, para a instalação de painéis fotovoltaicos em instituições federais de ensino do país. Esse investimento foi motivado por estudos prévios relacionados com a economia de recursos públicos em decorrência de menores gastos com a energia elétrica da rede local; bem como, relacionado também com questões de sustentabilidade. A previsão de economia de recursos públicos com a utilização da energia fotovoltaica nas universidades federais do país poderá chegar até aproximadamente R\$ 18 milhões por ano (Ministério da Educação, 2020). Com essa previsão, em aproximadamente três anos e meio o investimento inicial seria pago, o que representaria uma economia de recursos públicos nos anos seguintes.

Um exemplo próximo a ser citado foi da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que em novembro de 2020 deu início a implantação de um sistema de energia fotovoltaica no campus sede localizado na cidade do Recife. A primeira parte do sistema entrou em funcionamento no final de dezembro do mesmo ano. A conclusão da instalação de todo o sistema solar fotovoltaico se deu no início do atual ano de 2021, totalizando uma potência de 554 kW. Estima-se que esse sistema trará uma economia de aproximadamente R\$ 370 mil por ano na conta de energia da universidade com a companhia local de energia elétrica, a CELPE (Jornal do Commercio, 2020).

Outro exemplo importante do uso da energia fotovoltaica foi encabeçado pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), localizada em Petrolina, Pernambuco. Um projeto pioneiro na região de parceria público-privada, iniciado pela UNIVASF, pela UFPE, pela Universidade de Pernambuco (UPE) e pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf), órgão financiador da iniciativa, visando estudar e instalar plantas de produção de energia fotovoltaica na região. Essa parceria visa a execução de um projeto de Pesquisa & Desenvolvimento e Inovação (P&D+I) que está

em andamento na cidade de Petrolina, cujo objetivo é desenvolver produtos e processos para ampliar as possibilidades de implantação, no Brasil, de sistemas e plantas fotovoltaicas que operem com maior eficiência e, ao mesmo tempo, a custos menores e com menor impacto ambiental. A planta tecnológica tem uma capacidade de geração de energia de até 500 kW.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), apesar da pandemia do novo coronavírus (covid-19), houve um crescimento na Geração Distribuída, cerca de 5,2% em maio de 2020, em relação ao mês anterior.

O número de instalações de sistemas de geração fotovoltaica, em residências e empresas, chegou a 300 mil. O montante representa investimentos superiores a 14 bilhões de reais, desde 2012. Apesar do avanço, a geração solar no Brasil ainda é tímida, em comparação com outros países. Atualmente, essa fonte representa menos de 1% da matriz elétrica nacional (ABSOLAR).

É fato que o uso de fontes de energia renovável é uma tendência mundial e mesmo o Brasil, cuja principal matriz energética está focada na produção de energia por hidroelétricas e termoeletricas, também poderá se beneficiar da energia fotovoltaica. Existem fortes indícios de crescimento do uso desta forma de produção limpa de energia elétrica e com isso, a possibilidade de gerar empregos diretos e indiretos. Nesse contexto, ter mão de obra qualificada será essencial para o crescimento do setor elétrico. Muitos desses profissionais, hoje, são alunos do ensino médio. Esse fato motivou bastante o autor deste trabalho na escolha do tema desta dissertação de Mestrado.

Com relação ao público-alvo deste trabalho, esta dissertação de Mestrado tem como alvo os professores de Física que lecionam no ensino médio; bem como os alunos de graduação do curso de Licenciatura em Física da universidade; podendo servir este trabalho como um ponto de partida inicial de estudo sobre fontes de energias renováveis, energia fotovoltaica e suas aplicações no Ensino de Física. Já o Produto Educacional ou Didático (ver Apêndice B) que foi desenvolvido com base nos resultados deste trabalho, este tem como público-alvo ou se destina aos alunos do terceiro ano do ensino médio. Por este motivo, o Produto Didático que pode ser encontrado ao final deste trabalho, não apresenta muitas equações e tem pouca teoria, uma vez que os alunos do ensino médio ainda estão aprendendo a disciplina de Física e não tiveram contato com o assunto antes.

1.2 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

OBJETIVO GERAL:

- Estudar o uso da energia fotovoltaica no ensino de física, analisando as possibilidades de aplicação desta nova matriz energética num futuro próximo na nossa sociedade.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Criar seqüências didáticas que permitam ao professor de física potencializar as competências dos seus alunos no desenvolvimento de aulas sobre eletricidade e energia fotovoltaica;

- Desenvolver aulas teóricas e práticas sobre energia fotovoltaica para alunos do ensino médio da escola EREM EPITÁCIO ANDRÉ DIAS, procurando ajudar a escola a reduzir sua conta de luz com a companhia local (CELPE) de energia elétrica, através do monitoramento e uso consciente da energia elétrica na escola;

- Praticar e ensinar a usar um multímetro digital e outros equipamentos eletrônicos para medidas elétricas como: tensão, corrente, resistência elétrica, pelos alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública do Estado de Pernambuco.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A aprendizagem significativa, de acordo com David Ausubel (2003), ocorre quando um novo conhecimento, adquirido por um indivíduo, pode ser conectado ou relacionado com conhecimentos prévios, ou seja, estruturas cognitivas já existentes. Tais estruturas, já existentes, servirão como âncora ou apoio para os novos conhecimentos. Caso o novo conteúdo, a ser ensinado, não encontre conexões com os conhecimentos existentes, então o que teremos será apenas uma absorção, de forma mecânica, do conteúdo apresentando e ele será facilmente esquecido pois não se tornou significativo para a estrutura cognitiva.

David Ausubel (2003), afirma que um dos principais objetivos do ensino é proporcionar condições de aprendizagem de todas as ideias apresentadas ao aprendiz, de tal forma que essas ideias sejam entendidas e absorvidas de forma significativa.

Para Marco Antônio Moreira (1999), o armazenamento de informações ocorre de forma organizada gerando, assim, uma hierarquia conceitual onde elementos mais específicos são ligados a conceitos mais gerais e mais inclusivos. Esse entendimento e absorção significativo só será possível se o conhecimento adquirido puder ancorar-se ou conectar-se a um conhecimento já existente. Com isso, o aluno terá condições de contextualizar e aplicar de forma inovadora os conhecimentos adquiridos.

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informação no cérebro humano como sendo organizado; formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos. (MOREIRA, 1999, p.153)

De acordo com Moreira (2016) a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento se relaciona com o conhecimento prévio e nesse processo, não literal e não arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico ou estável. Nesse contexto, a estrutura cognitiva do aluno sofre modificações quando a nova informação se relaciona com a já existente, “subsunçor”. A essa modificação ou alteração na estrutura cognitiva, chama-se assimilação. Para Ausubel, a estrutura cognitiva é formada por ideias já existentes (conhecimentos) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação. A assimilação ocorre quando um conceito potencialmente significativo interage com o subsunçor, conceito já existente e que serve como âncora para a nova informação, onde ambos se modificam dando origem a uma nova estrutura.

Se o aprendiz não possui os subsunçores, então a aprendizagem significativa não ocorrerá. Nesse caso, a aprendizagem será mecânica. Ausubel define a aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem de novas informações os quais tem pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes e existentes na estrutura cognitiva.

Para desenvolver os conceitos de subsunçores, Ausubel sugere o uso de organizadores prévios os quais servirão de âncora para o desenvolvimento dos subsunçores. Esses organizadores são materiais introdutórios apresentados antes do material específico a ser aprendido. Em outras palavras, os organizadores prévios servem como ponte para ligar o que o aprendiz já sabe ao que deve saber, possibilitando que o material específico, a ser aprendido, possa ser feito de forma significativa.

Ausubel *et al.* (1980) afirmam que a aprendizagem significativa pode ocorrer de três formas diferentes: representacional, conceitual e proposicional.

A aprendizagem significativa representacional é o entendimento do significado de determinados símbolos a que eles representam (tipicamente palavras). Ela ocorre quando novas palavras passam a representar ideias ou objetos (referentes) equivalentes aos quais se referem.

Já a aprendizagem de conceitos é semelhante ao representacional, ou seja, os conceitos são representados pelos símbolos. Contudo a diferença é que tais significados são mais genéricos e representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes.

A aprendizagem significativa proposicional pode ser definida no trecho abaixo:

Na aprendizagem proposicional, a tarefa de aprendizagem significativa não se reduz ao aprendizado do que representam as palavras isoladamente [aprendizado representacional] ou a combinação das mesmas [aprendizado de conceitos]; refere-se antes de tudo, ao aprendizado do significado de novas ideias expressas de forma proposicional (AUSUBEL ET AL., 1980, p.40)).

O objetivo desse tipo de aprendizagem significativa é aprender o significado das ideias expressas por meio da combinação de símbolos que formam proposições verbais.

Existem duas condições para que ocorra a aprendizagem significativa, Moreira (1999) afirma que a primeira condição é que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo ou seja, que tal material seja relacionável ou incorporável, de maneira não-arbitrária e não literal, à estrutura cognitiva do aprendiz. Em outras palavras, o aprendiz deve ter subsunçores adequados para ancorar a nova informação. A segunda condição é que o aprendiz deve apresentar uma disposição para relacionar o material potencialmente significativo à sua estrutura cognitiva. As duas condições são fatores que se complementam para que ocorra, de fato, uma aprendizagem significativa. Se o novo material for potencialmente significativo, porém o objetivo do aprendiz seja apenas memorizá-lo, de forma arbitrária e literal, então o processo de aprendizagem será mecânico e não significativo. Em contrapartida, o aprendiz pode até apresentar disposição para aprender, porém se o novo assunto não for potencialmente significativo ou se o aprendiz não apresentar subsunçores adequados, então a aprendizagem não será significativa.

Caso aprendiz não apresente os subsunçores adequados, para dar significado a novos conhecimentos, é sugerido o uso de organizadores prévios:

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que

geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este (MOREIRA, 2012, p.14).

Para Marco Antônio Moreira (Moreira, 2013) existem três formas básicas de aprendizagem significativa: 1) a subordinada; 2) a superordenada e 3) a combinatória. A primeira forma é a mais comum, pois o novo conhecimento se subordina e se “ancora” num conhecimento prévio do aluno, baseando-se na estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse primeiro tipo de aprendizagem significativa um novo conhecimento se superpõe a um conhecimento prévio, conferindo um maior significado ao aprendizado adquirido. A segunda forma de aprendizagem, a superordenada, ocorre quando há uma reorganização cognitiva do novo conhecimento adquirido, passando este a dominar hierarquicamente sobre os outros conhecimentos prévios do aluno. A última forma de aprendizagem significativa, a combinatória, por sua vez, irá ocorrer quando um novo conhecimento adquirido pelo aluno decorre da interação cognitiva com vários conhecimentos prévios, e não apenas com um único conhecimento previamente adquirido. Isso pode ocorrer tipicamente com um aprendiz que domine um amplo conjunto de conhecimentos sobre determinado assunto.

Com a pandemia da covid-19, tornou-se muito importante o uso do computador e de aulas híbridas (remotas e presenciais), ou seja, semi-presenciais, nas escolas públicas, privadas e também nas universidades em todo o mundo. A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel pode ilustrar bem como o uso do computador pode se tornar uma ferramenta aliada do professor na mediação da obtenção do conhecimento, conforme mostra a Figura 2. Nesta Figura vemos um exemplo de como o uso dos mapas conceituais no Ensino de Física pode facilitar a aprendizagem. Este mapa conceitual foi proposto por Moreira (Moreira, 2013) para demonstrar como o computador pode ser usado como um quarto elemento em um conjunto formado por: aluno; professor; materiais educativos e o computador. A mediação da aprendizagem e a captação dos significados podem ser amplamente facilitados hoje em dia com o uso do computador. No entanto, esta abordagem pode minimizar o papel do professor no processo de ensino-aprendizagem; o que talvez explique porque o uso dos computadores em sala de aula não seja um consenso entre todos os professores das escolas. Entretanto, desde que o processo de ensino-aprendizagem esteja centrado no

aluno e se o computador for apenas um elemento mediador, o professor ainda terá um protagonismo e exercerá um papel importante no processo de ensino.

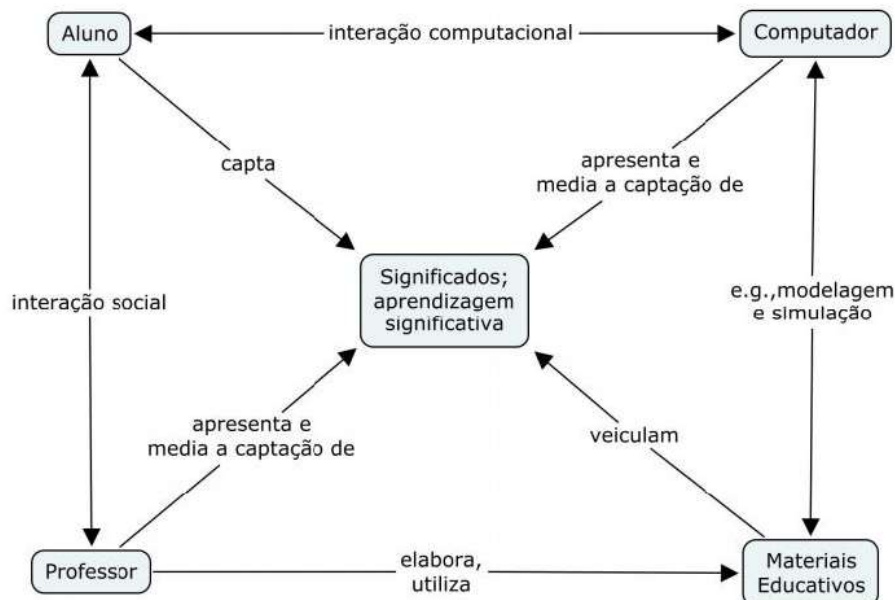


Figura 2: Mapa conceitual proposto por Marco Antônio Moreira para incluir o computador como elemento mediador na obtenção do conhecimento na escola.
Fonte: (Moreira, 2013).

2.2 CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA

A eletrodinâmica é o estudo do movimento de cargas elétricas. Tal movimento ocorre devido à diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um condutor. Os tópicos de eletricidade apresentados neste trabalho terão como base os princípios de conservação da carga elétrica e da energia aplicados em circuitos elétricos fechados. Nesta seção serão apresentados alguns conceitos físicos importantes para o entendimento do processo de geração da energia fotovoltaica, como: corrente elétrica, tensão elétrica ou diferença de potencial (ddp), resistência elétrica, potência e energia potencial elétrica.

2.2.1 CORRENTE ELÉTRICA

De acordo com HALLIDAY, HESNICK E WALKER (2010), a corrente elétrica que passa através de um fio condutor, que compõem um circuito elétrico, é a relação entre a carga positiva dq , que passa por um ponto do circuito, e o respectivo intervalo de tempo dt , conforme a equação (1).

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

No sistema internacional de unidades (SI) a medida de corrente elétrica é o Ampère. Um Ampère é definido como a relação entre o Coulomb (C) e o segundo (seg.); $1A = 1C/1s$. Para realizar medidas de corrente é necessário o uso do equipamento amperímetro. O amperímetro deverá ser ligado em série com o elemento que se quer medir a corrente.

Existem dois tipos de correntes elétricas. A contínua (CC) e a corrente alternada (CA). A corrente contínua possui sentido e intensidade constante, no tempo, ou seja, o fluxo de cargas ocorre em um único sentido. Já a corrente alternada muda periodicamente de sentido e de intensidade. Em outras palavras, os elétrons se movem, no circuito, em um sentido, a princípio, e depois no sentido oposto, oscilando em torno de posições fixas. Isso ocorre devido a alternância de polaridade de voltagem do gerador. No Brasil, a frequência é de 60 hertz, ou seja, 60 ciclos por segundo.

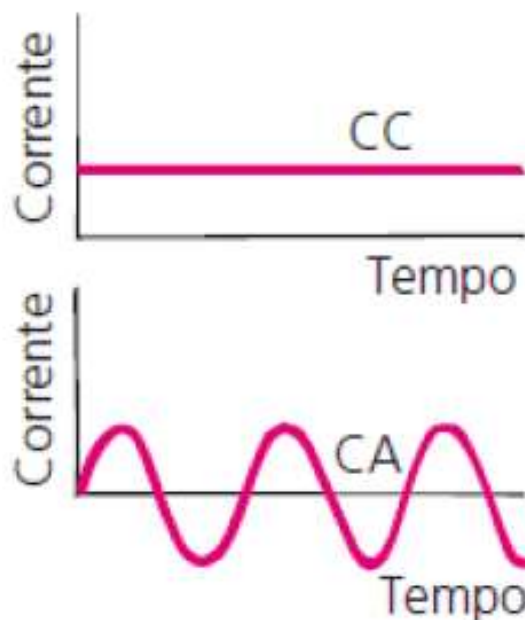


Figura 3: Gráfico das correntes contínua e alternada, no tempo.
Fonte: Hewitt, 2015.

2.2.2 DIFERENÇA DE POTENCIAL OU TENSÃO

Para GIORGIO (2013), tensão é o trabalho total por unidade de carga associada ao movimento da carga entre dois pontos. A diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica, entre dois pontos diferentes de um circuito, define a energia necessária para mover as cargas entre esses dois pontos.

$$v = \frac{dw}{dq} \quad (2)$$

Para realizar medidas de tensão em um circuito usa-se o voltímetro. No SI, a unidade de medida da tensão elétrica é chamada de Volt (V), que pode ser definido como sendo 1 Joule de energia por 1 Coulomb de carga: $1V = 1J / 1C$.

2.2.3 RESISTÊNCIA ELÉTRICA E LEI DE OHM

A resistência entre dois pontos de um condutor é obtida através da aplicação da diferença de potencial V entre esses pontos e medindo a corrente resultante i (HALLIDAY, HESNICK E WALKER, 2010).

$$R = \frac{V}{i} \quad (3)$$

A unidade de medida da resistência elétrica é o Ohm (Ω). Um Ohm equivale a um Volt por Ampère: $1\Omega = 1V / 1A$.

CREDER (2016) evidencia que um resistor é todo elemento cuja função é transformar energia elétrica em energia térmica, em um circuito. Além disso, a utilização de vários resistores pode ser efetuada de duas formas: série e paralelo.

Na associação ou circuito em série (Figura 4) a corrente que passa pelos elementos do circuito é a mesma. Porém, a tensão total do circuito se divide para cada elemento do circuito, de forma direta e proporcional a resistência de cada elemento. Nessa associação todos os resistores podem ser substituídos por um único resistor conhecido como resistor equivalente.

$$i = i_1 = i_2 = i_3 \quad (4)$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \dots + U_n \quad (5)$$

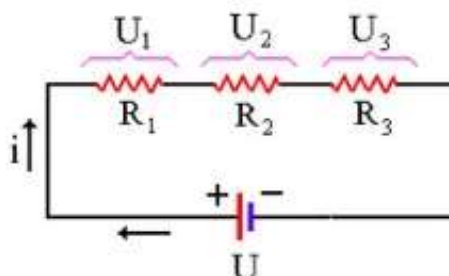


Figura 4: Associação de resistores em série.

Fonte: Disponível em: <https://blogdoenem.com.br/associacao-de-resistores-fisica-enem/>

Já na associação ou circuito em paralelo (Figura 5) a tensão que passa pelos elementos do circuito é a mesma. Porém, a corrente total do circuito é a somadas correntes de cada elemento do circuito, de forma inversa e proporcional a resistência de cada elemento.

$$U = U_1 = U_2 = U_3 \quad (6)$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \dots + i_n \quad (7)$$

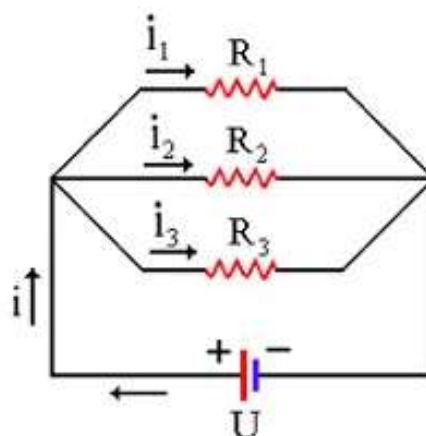


Figura 5: Associação de resistores em paralelo.

Fonte: Disponível em: <https://blogdoenem.com.br/associacao-de-resistores-fisica-enem/>

Nas associações, série ou paralelo, todos os resistores podem ser substituídos por um único resistor conhecido como resistor equivalente. Ao substituir os resistores, de

uma determinada associação, pelo resistor equivalente, o circuito mais complexo torna-se um circuito simples (ver Figura 6).

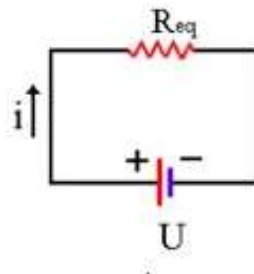


Figura 6: Circuito simples contendo: o resistor equivalente, tensão total e corrente total do circuito.
Fonte: Disponível em: <https://blogdoenem.com.br/associacao-de-resistores-fisica-enem/>

As equações 7 e 8 apresentam como encontrar a resistência equivalente dos circuitos série e paralelo, respectivamente.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \dots + R_n \quad (8)$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots + \frac{1}{R_n} \quad (9)$$

2.2.4 POTÊNCIA E ENERGIA ELÉTRICA

GIORGIO (2013) afirma que a potência é definida como trabalho realizado por unidade de tempo. Lembrando da definição de tensão como trabalho por unidade de carga, pode-se chegar à potência gerada ou dissipada:

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i \quad (10)$$

Em outras palavras, a potência gerada ou dissipada em um circuito é igual ao produto da tensão sobre o elemento e da corrente que flui por ele. CREDER (2016) apresenta a energia como sendo a potência dissipada ou consumida ao longo do tempo:

$$E = P \cdot t \quad (11)$$

Se for considerado o tempo em hora, então a energia será expressa em watts \times hora (Wh). Contudo, na prática, a energia é expressa em quilowatt-hora (kWh). Essa unidade de medida é bastante utilizada pelas concessionárias de energia para mensurar o consumo de energia de uma determinada residência, ou seja, na conta de luz o consumo é apresentado em kWh.

2.2.5 GERADORES

Gerador é todo o equipamento capaz de converter energia primária, não elétrica, em energia elétrica, como por exemplo, a energia cinética dos ventos, através de aerogeradores, em energia elétrica. Ou ainda, irradiação solar, através de células fotovoltaicas, em energia elétrica.

Há dois tipos de geradores, ideal e real, os quais se diferenciam na energia de fornecimento a um circuito. Um gerador ideal tem a capacidade de entregar toda a energia convertida e a tensão elétrica medida entre seus polos é denominada de força eletromotriz. Em contrapartida, o gerador não ideal não tem a capacidade de fornecer toda a energia convertida, pois, uma parte da energia é dissipada devido à existência de perdas internas nos enrolamentos e acoplamentos magnéticos (A. E. Fitzgerald, 2006).

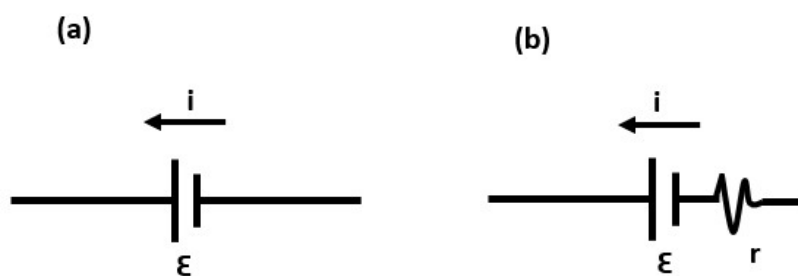


Figura 7: (a) Gerador ideal, não apresenta perdas internas. (b) Gerador real, apresenta perdas internas. Sua resistência interna é dada por r e a força eletromotriz \mathcal{E} é maior que a tensão externa entregue a um circuito. Fonte: Autor.

2.2.6 FONTE DE TENSÃO EM SÉRIE E FONTE DE CORRENTE EM PARALELO

DORF e SVOBODA (2015) afirmam que fontes de tensão em série se comportam como uma única fonte de tensão equivalente. A tensão da fonte equivalente é igual à soma das tensões das fontes em série.

$$v = v_a + v_b \quad (12)$$

$$i = i_a = i_b \quad (13)$$

Já as fontes de corrente em paralelo podem ser substituídas por uma única fonte de corrente equivalente e sua corrente é igual à soma das correntes de cada fonte em paralelo.

$$i = i_a + i_b \quad (14)$$

$$v = v_a = v_b \quad (15)$$

Pode-se verificar na Figura 8 o resumo das fontes e suas associações.

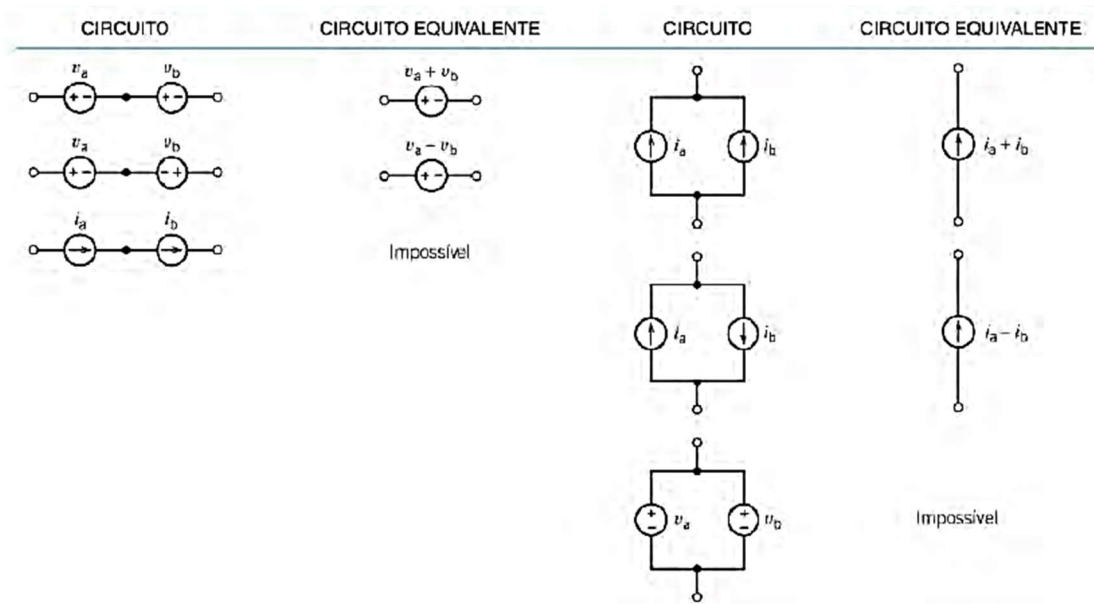


Figura 8: Fontes de tensão e de corrente em série e paralelo.
Fonte: Dorf e Svoboda, 2015.

2.3 CONCEITOS SOBRE A ENERGIA

2.3.1 PRINCIPAIS DEFINIÇÕES SOBRE ENERGIA

No ensino médio, a grandeza física energia é apresentado ao aluno através dos conceitos de energia mecânica, energia térmica e energia elétrica, porém o entendimento desse assunto não é uma tarefa fácil, pois ele carrega uma complexidade na sua definição.

De acordo com BARBOSA e BORGES (2006), o conceito de energia é um dos mais difíceis de ser ensinado e aprendido no âmbito escolar por diversos fatores, dos quais destaca-se: estudo superficial de algumas manifestações de energia, noção equivocada de energia, quando aplicada no cotidiano, confundindo-se com outras grandezas como potência, força e movimento, alto grau de abstração e conhecimento específico das disciplinas eletrodinâmica, mecânica e termodinâmica.

Nesse cenário, talvez a melhor forma de introduzir o tema, tendo como objetivo a aprendizagem significativa, é através da atividade experimental. Tal aprendizagem pode ser potencializada se o tema abordado estiver inserido no cotidiano do aluno (BORGES, DICKMAN, & VERTCHENKO, 2018).

2.3.2 ENERGIA SOLAR EM PERNAMBUCO

TIBA (2000), afirma que a região nordeste possui um grande potencial em energia solar devido à, principalmente, dois fatores: alta incidência de radiação solar (insolação) e poucas variações climáticas sazonais. Tais fatores trazem, consigo, vantagens técnicas e econômicas para os sistemas solares instalados nesta região.

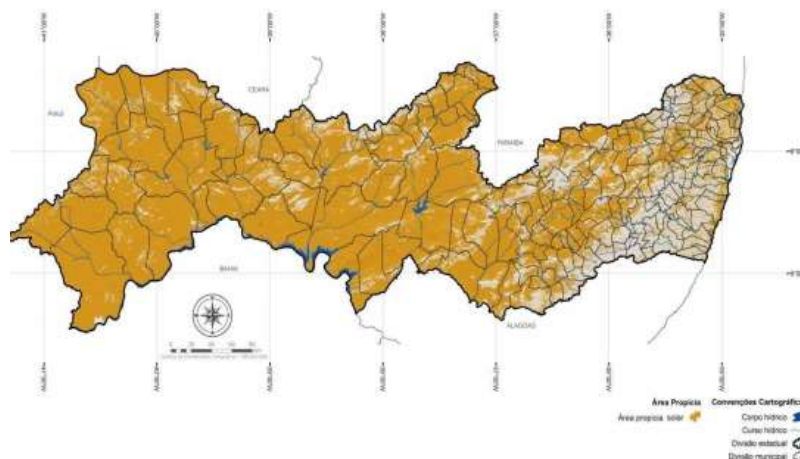


Figura 9: Possíveis locais para a instalação de um sistema solar fotovoltaico.
Fonte: Atlas Eólico e Solar de Pernambuco, 2017.

Conforme pode ser visto na Fig. 9, o Estado de Pernambuco possui uma área considerável e com grande potencial para a geração de energia solar.

2.3.3 CONCEITOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

De acordo com VILLALVA M.G (2015), O efeito fotovoltaico é a base dos sistemas fotovoltaicos voltados para a produção de energia elétrica. A transformação da energia eletromagnética, proveniente do sol, em energia elétrica através da criação de uma diferença de potencial ou tensão é o que chamamos de efeito fotovoltaico. Tal efeito ocorre devido às propriedades elétricas dos materiais que formam o sanduíche semiconductor que compõem a célula fotovoltaica, conforme a figura 10(a). Se nos terminais da célula forem conectados dois eletrodos, então entre esses eletrodos aparecerá uma tensão elétrica. Se entre os eletrodos existir um caminho que possibilite a passagem da corrente, então surgirá uma corrente elétrica.

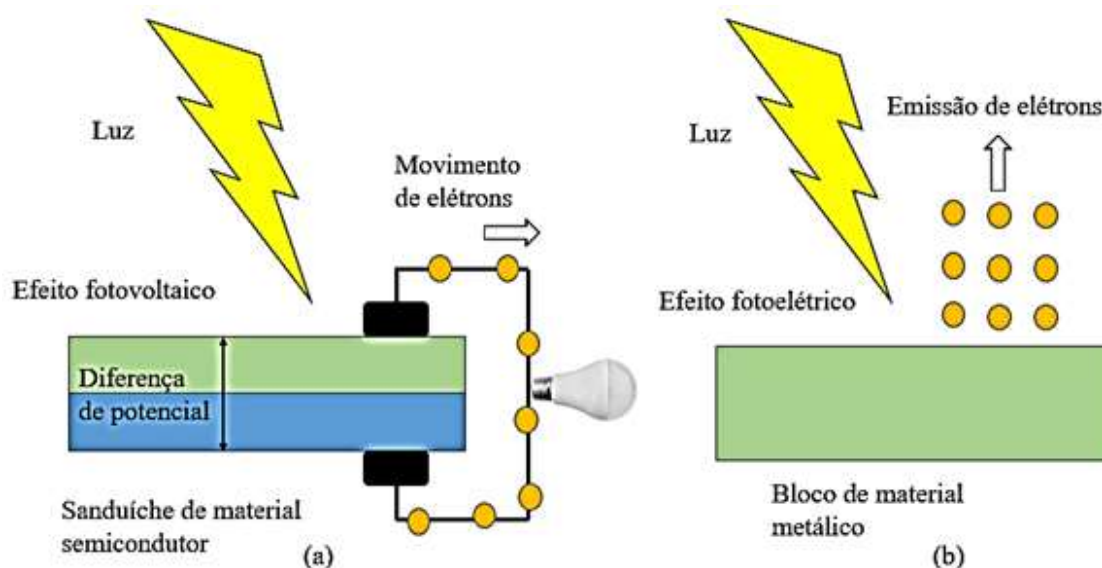


Figura 10: Efeito fotovoltaico (a) e efeito fotoelétrico (b).

Fonte: Energia Solar fotovoltaica conceitos e aplicações, 2015 (Adaptado pelo autor).

O efeito fotoelétrico tem como base a remoção de elétrons de um material metálico sem ser capaz de gerar tensão elétrica nesse material, conforme pode ser visto na figura 10(b) acima. Pode-se chamar de radiação à energia proveniente do sol. A radiação total que chega no plano horizontal do solo é composta pela radiação que chega de forma direta e a radiação que chega de forma indireta, através da reflexão ou

refração dos objetos. Essa radiação é conhecida como radiação direta e difusa (ver Figura 11), respectivamente.

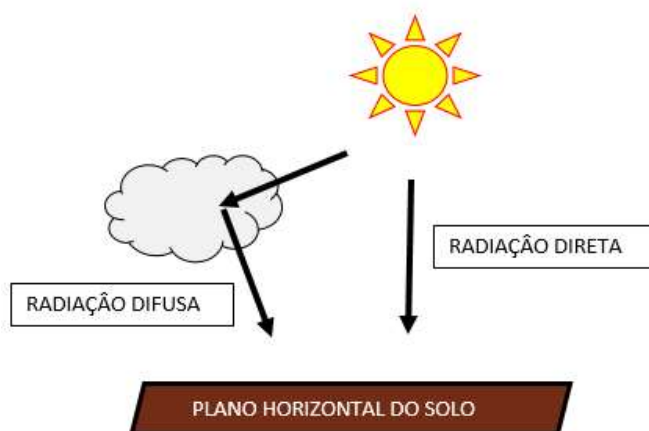


Figura 11: Radiação direta e difusa no plano horizontal do solo.

Para quantificar a radiação solar são necessárias duas grandezas físicas: Irradiância e Irradiação (Insolação). A Irradiância é a potência por unidade de área (W/m^2), enquanto a irradiação é a energia por unidade de área (Wh/m^2).

A célula pode ser entendida como o elemento básico de conversão de energia solar em elétrica. Contudo, devido as suas limitações de tensão e corrente, é necessário agrupá-los em série ou paralelo para se obter tensões maiores. O agrupamento de células dará origem ao módulo fotovoltaico. O agrupamento em série ou em paralelo dos módulos configura-se em um arranjo fotovoltaico. A Figura 12 ilustra as definições apresentadas.

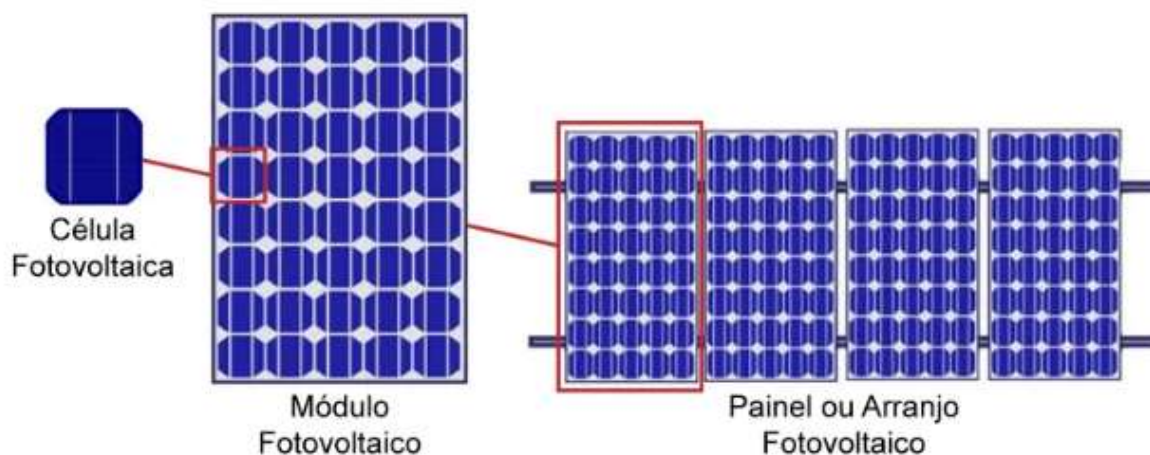


Figura 12: Célula, painel e arranjo fotovoltaico.
 Fonte: <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>

Os raios solares podem ser coletados de forma otimizada para a geração da energia elétrica, quando eles incidem perpendicularmente ao plano ou à área do módulo. Contudo, como a posição do sol varia conforme o dia e o ano; é necessário escolher a posição dos módulos que melhor aproveitam os raios solares ao longo do ano (ver Figura 13).

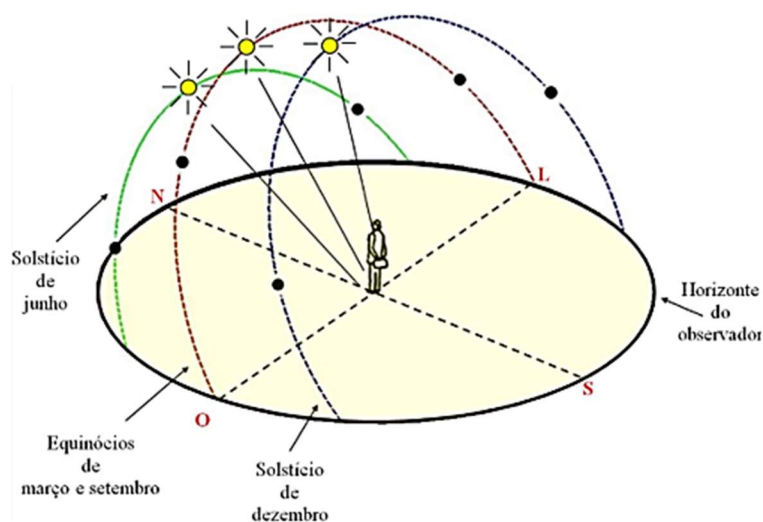


Figura 13: Trajetória do sol em relação a um observador no solo.

Fonte: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000100601

Para quem se encontra abaixo da linha do equador, no hemisfério sul, a melhor orientação é o módulo voltado para o norte geográfico. Já para quem se encontra acima da linha do equador, no hemisfério norte, a orientação mais adequada é para o sul geográfico. Para descobrir o melhor ângulo de inclinação de um módulo fotovoltaico é necessário saber a latitude do local. VILLALVA M.G (2015), apresenta como boa prática, para encontrar o ângulo de inclinação adequado, de forma simples, conforme tabela I.

Tabela 4: Escolha do ângulo de inclinação do módulo solar com base na latitude do local.

Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: Energia Solar fotovoltaica conceitos e aplicações, 2015.

A latitude de um local pode ser encontrada através do site do *google maps* em: <http://www.google.com/maps>. Com o botão direito do *mouse*, clique na localidade desejada e selecione “O que há aqui?”. No canto inferior, de sua tela, irá aparecer uma janela com as coordenadas geográficas (ver Figura 14).

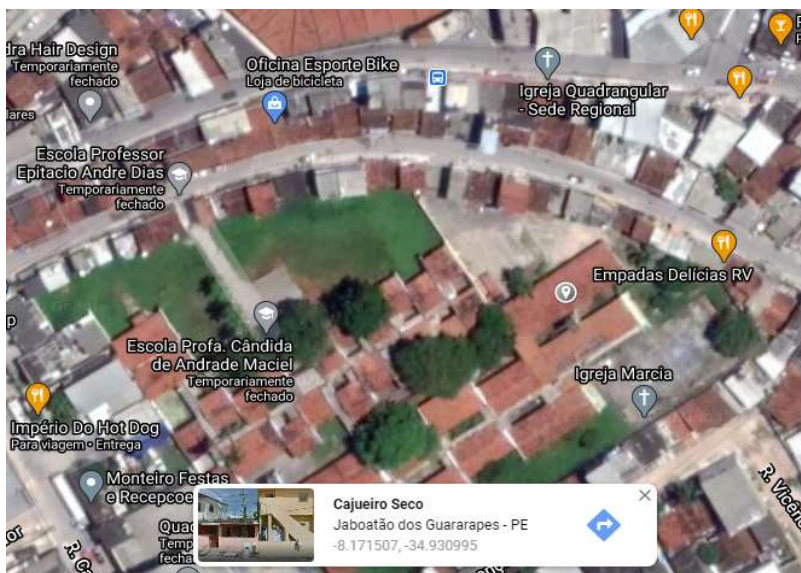


Figura 14: Obtendo a latitude e longitude do local desejado através do google maps.
Fonte: <https://www.google.com.br/maps/>

O ângulo azimutal é o ângulo formado entre o norte geográfico e os raios solares sobre o plano terrestre, conforme a Figura 15.



Figura 15: Definição do ângulo azimutal.
Fonte: Energia Solar fotovoltaica conceitos e aplicações, 2015.

Para se encontrar o norte geográfico, através de uma bússola, é necessário efetuar uma correção na leitura do dispositivo. Isso ocorre devido a declinação magnética de cada localidade, conforme a Figura 16. Com uma bússola, pode-se encontrar o norte magnético. Em seguida, basta verificar qual o ângulo de correção da

localidade desejada e por fim, girar a bússola no sentido horário, conforme o valor a ser corrigido, para se encontrar o norte geográfico.

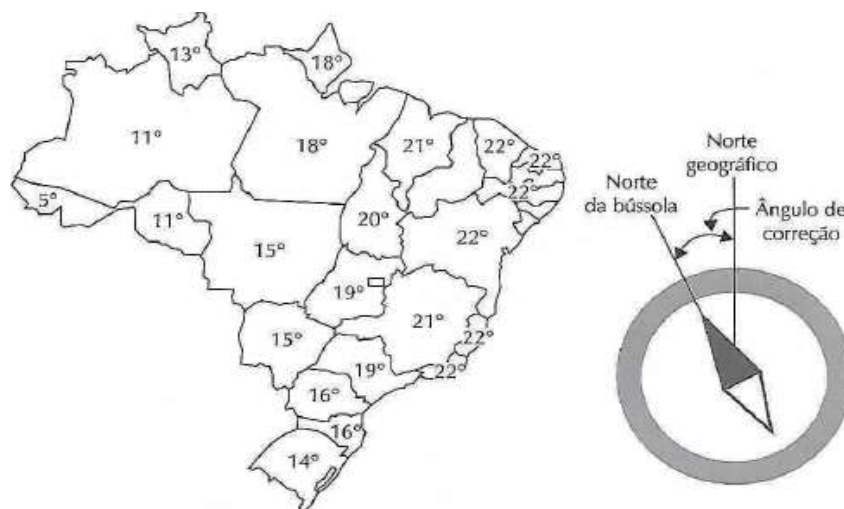


Figura 16: Mapa de correção de ângulo para encontrar o norte geográfico.
 Fonte: Energia Solar fotovoltaica conceitos e aplicações, 2015.

A radiação solar é um fator que influencia de forma direta na corrente que um painel pode fornecer, ou seja, se a radiação diminuir, conseqüentemente a corrente irá diminuir. Já a temperatura influencia de forma inversa na tensão que um painel pode fornecer, em outras palavras, se a temperatura aumentar, conseqüentemente a tensão irá reduzir. A figura 17 apresenta a influência da radiação e da temperatura sobre a corrente máxima produzida por um painel comercial do tipo CS3U - 370MS.

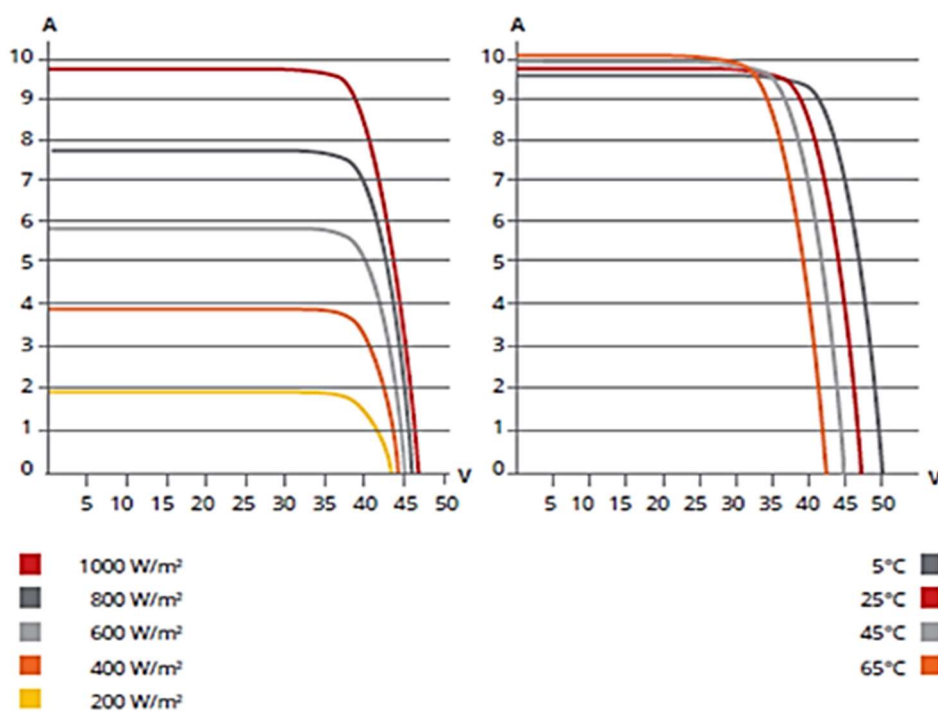


Figura 17: Curva I - V de um módulo comercial, CS3U - 370MS.
 Fonte: <https://energes.com.br/energia-solar/guia-completo-modulos-fotovoltaicos/>

Para aumentar a máxima corrente disponível ou a potência de um determinado sistema fotovoltaico é preciso realizar a associação dos módulos. Na associação em série das células ou módulos fotovoltaicos, temos a conexão do ponto positivo de um módulo com o ponto negativo do outro módulo e assim por diante, conforme mostra a Figura 18.

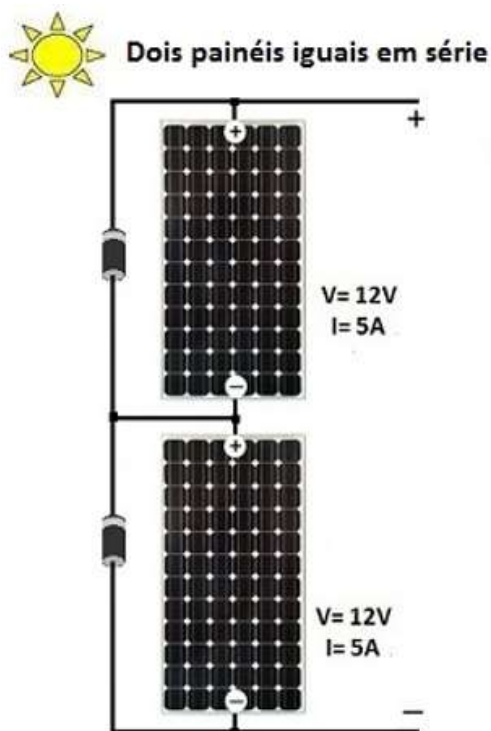


Figura 18: Associação em série de dois módulos fotovoltaicos.

Fonte: <https://leiautdicas.wordpress.com/2016/01/28/3ocapitulo-associacao-de-paineis-solares/>

Pode-se concluir que nessa associação a tensão total da *String* (nome da associação em série) é a soma de cada tensão produzido por seus respectivos módulos. Além disso, verifica-se que a corrente é a mesma para essa configuração.

Na associação das células em paralelo é feita a conexão dos pontos de mesmo polo, ou seja, positivo de um módulo conectado com o ponto positivo do outro módulo e assim por diante, conforme mostra a Figura 19.

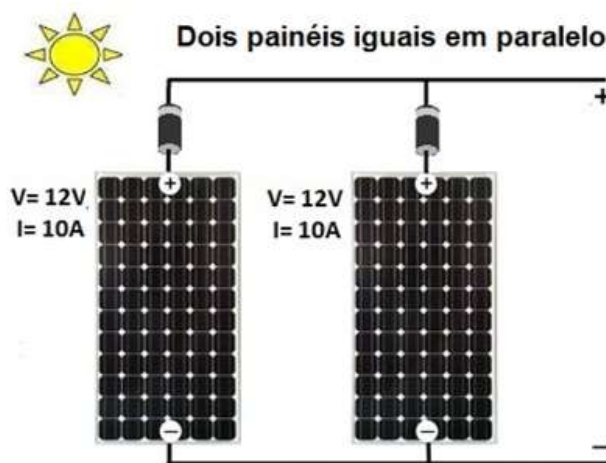


Figura 19: Associação em paralelo de módulos fotovoltaicos.

Fonte: <https://leiautdicas.wordpress.com/2016/01/28/3ocapitulo-associacao-de-paineis-solares/>

Nessa associação a corrente total da *String* (nome da associação em paralelo) é a soma de cada corrente produzido por seus respectivos módulos. Além disso, verifica-se que a tensão é a mesma.

3 MATERIAL E MÉTODO

A primeira atividade prática realizada nesta dissertação de Mestrado consistiu em testar um painel solar portátil comercial de 30W de potência (ver figura 20), com tensão máxima nominal de 12 Volts (voltagem de circuito aberto) e dimensões: 54 cm x 45 cm x 3 cm. Este painel contém 12 células solares ligadas em série e pode ser comprado por um custo aproximado de R\$150 (julho de 2021). Um painel como esse é relativamente leve (3kg), fácil de instalar e é fácil de usar. É ideal para uso em *campings*, em barcos e em veículos leves, como carros e caminhões.

Em seguida, realizamos alguns testes com pequenas células solares comerciais, as quais foram posteriormente usadas nas aulas práticas de uma sequência didática realizada na Erem Professor Epitácio André Dias. A sequência didática que será detalhada no capítulo 4 foi composta por sete aulas e contou com a participação dos alunos do terceiro ano do ensino médio da referida escola, na disciplina de Física onde o autor deste trabalho leciona como professor.

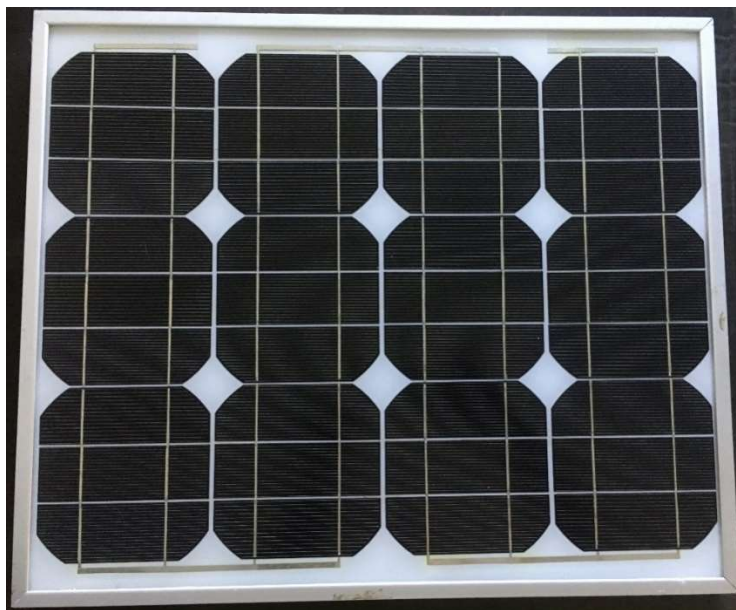


Figura 20: Pannel solar comercial usado como teste. Especificações: potência 30W e tensão máxima (circuito aberto) de 12 volts.

As células solares utilizadas foram de baixo custo (ver Figura 21) e possuem as seguintes especificações: dimensões de 60 mm x 55 mm x 2,7 mm e peso de 11 gramas. Potência máxima de 0,36 W e tensão nominal máxima de saída (circuito aberto) de 3 volts. Essas células solares são vendidas sem a fiação conectada na placa, sendo necessário soldar os contatos elétricos entre os terminais positivo e negativo da célula, com o auxílio de uma estação de solda elétrica e com estanho. Esta etapa deverá ser realizada previamente pelo professor da disciplina de Física e com bastante cuidado.

(a)



(b)



Figura 21: Minicélula solar comercial usada na aplicação do Produto desta dissertação. (a) Visão superior. (b) Visão inferior. Especificações: dimensões de 60 mm x 55 mm x 2,7 mm e peso de 11 gramas. Potência máxima 0,36 W e tensão nominal máxima 3 volts.

Foram empregadas 10 células solares idênticas à figura 21. A Tabela 5 mostra os resultados das medidas de caracterização das células solares utilizadas. A tensão máxima medida em cada célula solar na Tabela 5 foi obtida, aproximadamente, nas mesmas condições de iluminação do sol, em um dia de sol e com poucas nuvens, no horário de máxima irradiância do sol, por volta do meio-dia (12h). As células solares neste teste não foram expostas diretamente à luz solar, estando as mesmas apenas submetidas a iluminação solar indireta. Em seguida, para testarmos a associação em série dessas 10 células solares, mostramos na figura 22 a medida com um multímetro digital Minipa, modelo ET2076 o resultado da associação em série das células solares, para confirmar o resultado teórico apresentado e discutido no capítulo anterior, quando a tensão resultante em uma associação em série é a soma das tensões individuais em cada célula. Somando as tensões em cada célula, de acordo com a tabela 5, obtemos uma tensão de 29,17 Volts. A tensão obtida foi de 29,91 Volts, valor muito próximo do somatório das tensões individuais das células, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5: Caracterização das células solares utilizadas na sequência didática desenvolvida neste trabalho.

Célula solar	Tensão medida
Célula 01.	3.03Volts
Célula 02.	3.08Volts
Célula 03.	3.01Volts
Célula 04.	2.78Volts
Célula 05.	2.97Volts
Célula 06.	3.08Volts
Célula 07.	2.96Volts
Célula 08.	2.66Volts
Célula 09.	2.64Volts
Célula 10.	2.96Volts
SOMA	29.17Volts

Para testar a células solares usadas na aplicação do Produto em sala de aula, utilizamos 04 multímetros digitais para caracterizar as células solares. Realizamos a medida da tensão de circuito aberto nas células, ou seja, quando nenhuma carga estava

ligada à célula. Nesta etapa de caracterização das células solares, usamos o multímetro digital mostrado na figura 22 abaixo.



Figura 22: Multímetro digital utilizado nesta dissertação de mestrado.

Os multímetros digitais utilizados, modelo Victor 88B, foram emprestados pelo Laboratório de Física Experimental do Departamento de Física da UFRPE. Esses equipamentos permitem medidas de tensão (DC e AC), de correntes elétricas (DC e AC), de impedâncias, de temperaturas, de capacitâncias, de indutâncias; bem como, permitem medir a condutância elétrica de metais e semicondutores. Antes da aplicação do Produto, os alunos tiveram contato com os multímetros para se familiarizarem com o instrumento, com o uso das ponteiros e com as modificações nas entradas do equipamento de medida, para permitir a leitura de diferentes grandezas elétricas como: tensão, corrente e resistência elétrica.

Como metodologia para aplicação da sequência didática, conforme será detalhado no próximo capítulo, fizemos alguns questionários de sondagem prévia de conhecimento dos alunos sobre o tema: “Energia Fotovoltaica” nos primeiros encontros, durante a aplicação do Produto em sala de aula. As aulas práticas da sequência didática só foram realizadas ao final da atividade, após os conceitos teóricos terem sido trabalhados com a turma de alunos do terceiro ano do ensino médio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como requisito para a conclusão da dissertação de mestrado, um Produto Didático foi produzido a partir dos resultados deste trabalho. A aplicação do Produto (ver Apêndice D desta dissertação) foi realizada na EREM Professor Eptácio André Dias, município de Jaboatão dos Guararapes - PE, com alunos do 3º ano do ensino médio. Vale ressaltar que devido à pandemia da covid-19, fizemos algumas adaptações durante a aplicação do Produto. A principal alteração se deu na parte prática, quando trabalhamos com um número bem reduzido de alunos: 20 alunos no total.

O primeiro encontro (ver figura 23) da sequência didática teve como título: “Motivações e Justificativas sobre a Energia Solar Fotovoltaica”. Nesta aula explicamos o projeto e aplicamos o questionário de sondagem de conhecimento. Um questionário de sondagem de conhecimento foi aplicado no formato digital através do google forms¹. A 2ª aula da sequência didática (ver figura 24) teve como título: “Conceitos básicos de eletricidade: corrente, tensão, potência e energia”. Nesta aula apresentamos a definição de tensão, corrente, potência e energia; bem como estabelecemos as relações entre essas grandezas. Um segundo questionário avaliativo sobre esses assuntos foi aplicado, também no formato digital². Apresentamos ainda o simulador de circuitos PhET, o qual é um software gratuito e disponível na Internet (Phet, 2021), que serve para simular a montagem de circuitos elétricos simples, sem a necessidade de montar fisicamente o circuito em uma placa de prototipagem (*protoboard*); o que se mostrou bastante conveniente durante a realização das aulas remotas.



Figura 23: Aula remota desenvolvida durante o primeiro encontro.
Fonte: Autor.

¹https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdfsPfhVvk-P6ikUlet8emnCS6A5VXbkiaNAOr_MFRx-SuxqYA/viewform?usp=sf_link

²https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScjtngls_AVnll9ML9FS_8tAZ_JJQ0MuhtfGc3T607OmSb0uw/viewform?usp=sf_link

Vale ressaltar que no primeiro encontro com os alunos foi possível realizar as aulas 1 e 2 da sequência didática. Isso ocorreu porque o tempo das aulas tinha que se adequar ao tempo de cada horário estipulado pelo cronograma escolar. Com isso, o tempo do primeiro encontro teve duração de 51 minutos. Além disso, não havia outro horário disponível, pois os alunos tinham aula de reforço com o EDUCA PE, canal digital da rede estadual de ensino de Pernambuco, que oferecia aulas remotas para o ensino médio.

No segundo encontro (aula remota de número 3), apresentamos o seguinte título: “Primeira lei de Ohm, associação de resistores e de geradores”. Nesta aula (ver figura 25) foi possível explicar os conceitos de resistores e suas associações, bem como as leis de *Kirchhoff* para a tensão e para a corrente (Alexander e Sadiku, 2013). O segundo questionário de avaliação aplicado na turma de alunos estava no formato digital³ e pode ser encontrado através do *google forms*. Essa aula teve uma duração de 50 minutos.

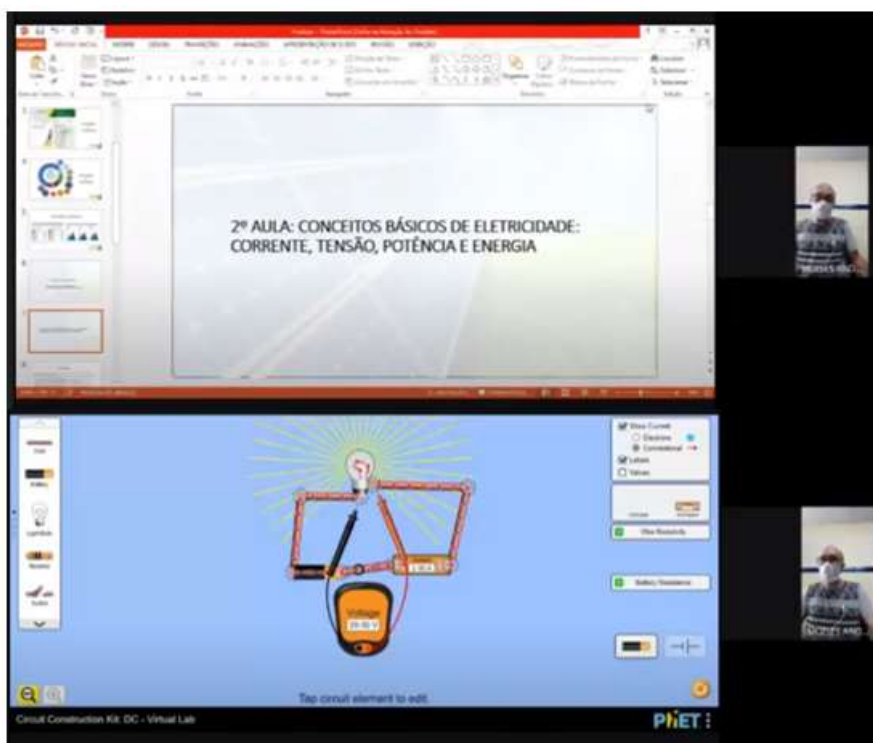


Figura 24: Apresentação dos conceitos básicos de eletricidade e do simulador PhET.
Fonte: Autor.

³https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScVXS9S6xTEA8rE8oa6PTDKbbK0fbjtC34-Hr2ttXRydad8Ng/viewform?usp=sf_link

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

- A tensão do circuito é a mesma em cada resistor.
 $U = U_1 = U_2$
- A corrente do circuito se divide para cada resistor, de forma inversa a resistência.
 $I = I_1 + I_2$

Figura 25: Aula remota sobre primeira lei de OHM e associação de resistores.
Fonte: Autor

A 4ª aula (ver figura 26) teve como título: “Conceitos de Energia Solar Fotovoltaica (1ª Parte)”. Nessa aula introduzimos a definição e os conceitos básicos de produção de energia solar. O tempo utilizado nessa aula foi de 38 minutos.

Figura 1: Efeito fotoelétrico (a) e efeito fotoelétrico (b)

Figura 2: Radiação direta e difusa no plano horizontal do solo

Figura 3: Célula, painel e arranjo fotovoltaico

Figura 26: Aula sobre o conceito de produção de energia solar.
Fonte: Autor

O terceiro encontro, referente à 5ª aula (ver figura 27), ocorreu no formato presencial. A 5ª aula teve como título: “Atividade prática: orientação ótima dos módulos fotovoltaicos”. Devido às restrições ocasionadas pela “covid 19” e o seguimento das normas e orientações da Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco, o número de alunos precisou ser reduzido (3 alunos). Por isso, optou-se por formar um único grupo para executar a atividade prática proposta: para determinar o melhor ângulo ou a melhor inclinação das células solares, na presença do sol, com relação a horizontal do local e o ângulo azimutal, o qual permite uma máxima geração de energia fotovoltaica. Para essa atividade gastou-se em média 2 horas. Os alunos participantes ajudaram na realização da atividade prática e se envolveram ativamente na realização das atividades propostas nesta aula. Durante a realização da atividade, destacamos como a produção de energia fotovoltaica é simples, barata e limpa, do ponto de vista da sustentabilidade ecológica. Nenhum resíduo foi gerado, nenhum material precisou ser descartado e tudo foi feito no ambiente escolar, sem nenhum ruído e com economia de espaço. A disponibilidade da luz solar diariamente é um bem físico extremamente valioso para toda a humanidade, podendo ainda se transformar em uma fonte de energia renovável e potencialmente muito promissora em breve.



Figura 27: Aula prática sobre orientação ótima dos módulos fotovoltaicos.
Fonte: Autor

O quarto encontro, referente à aula 6 (ver Figura 28), ocorreu novamente no formato presencial e teve como título: “Atividade prática: associação de célula/painel em série e em paralelo”. Vale ressaltar que por causa das restrições ocasionadas pela “covid 19” e seguindo as normas e as orientações da Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco, o número de alunos precisou ser reduzido (5 alunos). Por isso, optou-se por formar um único grupo para executar a atividade proposta. Para essa atividade gastou-se em média 1 hora e 40 minutos. Nesta atividade os participantes colaboraram ativamente com a realização da aula prática e puderam constatar as previsões teóricas anteriores, referentes às associações em série e em paralelo das células solares. Em particular, os alunos puderam constatar que, na associação em série das células solares, ocorreu um aumento na ddp, ou seja, na diferença de potencial gerada pela ligação serial das células; enquanto a corrente elétrica disponível permaneceu a mesma. Já na associação em paralelo das células solares ocorreu o oposto.



Figura 28: Aula prática sobre associação das células solares.
Fonte: Autor

O quinto e último encontro, referente à aula 7, ocorreu de forma remota e teve como título: “Questionário Final”, podendo o mesmo ser encontrado no formato digital⁴. Esse questionário final possui as mesmas perguntas do questionário da 1ª aula.

⁴https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSe8G7QJq9hdcfPvGRnBzKkpNLgi445E0a5OYCH46_aI0p6Dcg/viewform?usp=sf_link

Uma nova aplicação do primeiro questionário de sondagem dos conhecimentos dos alunos serviu como um parâmetro de verificação de aprendizagem, podendo-se estabelecer uma comparação entre antes e após a realização da sequência didática, se houve uma melhoria na aprendizagem dos conceitos físicos estudados. A figura 29 mostra uma comparação entre o questionário 1 inicial e o questionário aplicado ao final da sequência didática, referente à questão: "Defina com suas palavras o significado de energia renovável". Visivelmente vemos uma melhora no nível de acertos da turma, ou seja, um aumento de 30%.

Devido a problemas técnicos, não foi possível gravar ou registrar a execução da aula remota (aula 7), nem foi possível fazer um print da tela do computador durante a aplicação desta aula (20 alunos). A impressão final que os alunos deixaram foi que, a sequência didática foi interessante e que os alunos aprenderam alguns conceitos físicos novos. A geração de energia fotovoltaica é um tema novo para muitos alunos do ensino médio e esse trabalho pode ajudar na introdução deste tema para essa turma de jovens estudantes.



Figura 29: Resultado da pergunta: "Defina com suas palavras o significado de energia renovável".

Fonte: Autor

A figura 30 mostra novamente uma comparação entre o questionário 1 inicial e o questionário aplicado ao final da sequência didática, referente à questão: "Na sua

opinião, em dias nublados, o sistema solar fotovoltaico pode gerar energia elétrica?". Mais uma vez é possível notar uma melhora significativa no nível de acertos da turma, representando um aumento de 70%.



Figura 30: Resultado da pergunta: "Na sua opinião, em dias nublados, o sistema solar fotovoltaico pode gerar energia elétrica?". Fonte: Autor.

Na Figura 31 mostramos uma comparação entre o questionário 1 inicial e o questionário aplicado ao final da sequência didática, referente à questão: "O que é o efeito fotovoltaico?". É possível observar outra vez que houve um crescimento, 10%, na aprendizagem da turma, após a realização da sequência didática.

Na Figura 32 apresentamos uma comparação entre o questionário 1 inicial e o questionário aplicado ao final da sequência didática, referente à questão: "Quais fatores influenciam na corrente e na tensão de um painel fotovoltaico?". É possível observar outra vez que houve um crescimento, 20%, na aprendizagem da turma.

Por fim, na Figura 33 apresentamos uma comparação entre o questionário 1 inicial e o questionário aplicado ao final da sequência didática, referente à questão: "O que acontece com a tensão e a corrente das associações em série e em paralelo dos módulos fotovoltaicos?". É possível observar que houve um crescimento de 90%, na aprendizagem da turma desse conceito.



Figura 31: Resultado da pergunta: “O que é o efeito fotovoltaico?”. Fonte: Autor.



Figura 32: Resultado da pergunta: "Quais fatores influenciam na corrente e na tensão de um painel fotovoltaico?". Fonte: Autor.

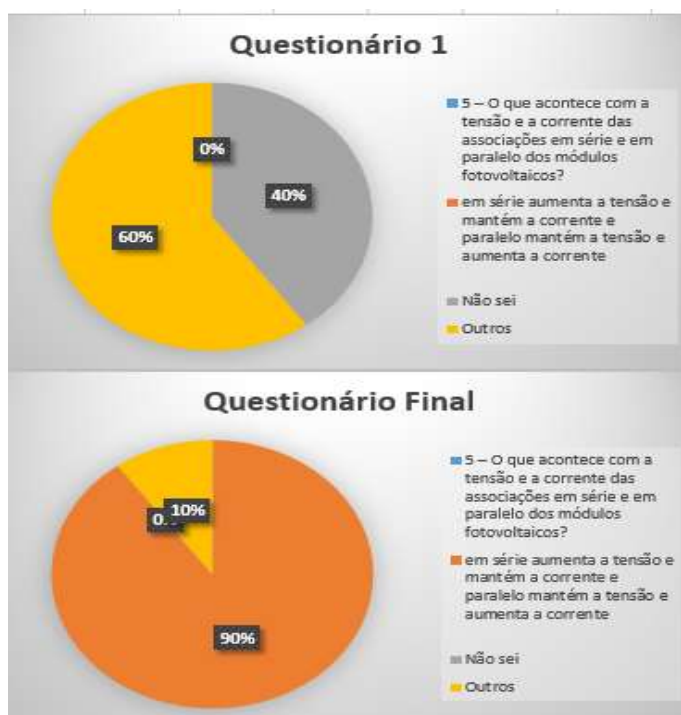


Figura 33: Resultado da pergunta: "O que acontece com a tensão e a corrente das associações em série e em paralelo dos módulos fotovoltaicos". Fonte: Autor

5 CONCLUSÕES

Esta dissertação de mestrado estudou a aplicação dos conceitos de energia solar fotovoltaica em uma turma de 3º ano do Ensino Médio. Tal trabalho teve como base teórica as Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Partindo do princípio que, nem todos os alunos detinham um conhecimento sólido de eletricidade; bem como da premissa que a aprendizagem significativa só ocorre quando o novo conhecimento se ancora no conhecimento prévio, decidiu-se propor aulas que abordassem assuntos de eletricidade.

As aulas de ensino remoto favoreceram um nivelamento de conteúdos e conhecimentos para os alunos, demonstrando a facilidade, a comodidade e a flexibilidade do uso da energia fotovoltaica em Ensino de Física. Porém devemos destacar que nesse percurso de ensino remoto foi perdido um pouco da interação e a percepção da aprendizagem, as quais ocorrem com maior facilidade quando ocorre uma maior interação entre o professor e os seus alunos.

Contudo, mesmo com os desafios que o isolamento social nos impôs nos anos de 2020 e 2021, o presente trabalho traz consigo resultados positivos e interessantes que

mostram, de forma construtiva, a aceitação dos assuntos abordado por parte dos alunos; bem como também da transformação da percepção de mundo desses mesmos alunos.

Pode-se concluir ainda que, o presente trabalho trouxe um novo mundo de oportunidades pois o setor de energias renováveis, mais precisamente energia solar, é o que mais cresce no Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR).

Além disso, o assunto abordado por essa dissertação despertou o interesse em um aluno para desenvolver um pequeno aplicativo sobre cálculo estimativo do sistema solar fotovoltaico para uma residência.

Como perspectiva de continuidade desses estudos, podemos estender a análise e a aplicação da energia solar para sistemas desconectados da rede (*“off grid”*), abordando conhecimentos de outros equipamentos, além de células e placas fotovoltaicas, tais como: controladores de carga, inversores e baterias de lítio, para o uso de armazenamento de energia. Além disso, podem ser propostas atividades que envolvam linguagem de programação, a exemplo, o Excel, para otimizar os cálculos apresentados no apêndice C.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. G., & VERTCHENKO, L. Uma aula sobre conversão de energia utilizando bicicleta, motor, alternador e lâmpada. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n2/1806-1117-rbef-40-02-e2504.pdf>> . Acesso em 23 de junho de 2020.
- ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>>. Acesso em 10 de junho de 2020.
- ALEXANDER, C. K.&SADIKU, M. Fundamentos de Circuitos Elétricos. 5ª edição. Editora AMGH, 2013.
- AUSUBEL, D.P. Aquisição e Retenção do Conhecimento: Uma perspectiva cognitiva. Platano. Rio de Janeiro, 2003.
- BARBOSA, J. P., & BORGES, A. T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do Ensino Médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2006.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em 20 de julho de 2021.
- MOREIRA, M.A. Teorias da Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M.A; Aprendizagem Significativa – A Teoria de David Ausubel, 2ª edição. São Paulo: Centauro Editora, 2016.
- MOREIRA, M.A; Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais. São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigmapasport.pdf>> Acesso em 20 de julho de 2021.
- PCN, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>. Acesso em 15 de Abril de 2020.
- PhET Interactive Simulations. University of Colorado, Boulder, 2021. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc> Acesso em 22 de julho de 2021.
- PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CRESESB, 2014. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=481>>. Acesso em 14 de outubro de 2020.

- TIBA, C. Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres. Recife: Ed. Universitária UFPE, 2000.
- VILLALVA, M. G. Energia solar fotovoltaica. 2.ed. São Paulo: Érica, 2015.
- UFPE vai gerar energia solar e economizar na conta de energia. Jornal do Commercio, Pernambuco, 20 de Novembro de 2020. Disponível em: <<https://jc.ne10.uol.com.br/economia/2020/11/12000119-ufpe-vai-gerar-energia-solar-e-economizar-na-conta-de-energia.html>>. Acesso em 17 de Julho de 2021
- MEC libera R\$ 125 milhões em recursos extras para universidades federais. Ministério da Educação, 29 de Novembro de 2019. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/212-noticias/educacao-superior-1690610854/83121-mec-libera-r-125-milhoes-em-recursos-extras-para-universidades-federais?Itemid=1>>. Acesso em 18 de Julho de 2021
- MEC libera R\$ 60 milhões para instalação de usinas fotovoltaicas em Institutos Federais do País. Governo do Brasil, 21 de Janeiro de 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/educacao-e-pesquisa/2020/01/mec-libera-r-60-milhoes-para-instalacao-de-usinas-fotovoltaicas-em-institutos-federais-do-pais>>. Acesso em 18 de Julho de 2021.
- Univasf integra projeto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação de energia solar fotovoltaica com Chesf, UFPE e UPE. Universidade Federal do Vale do São Francisco, 14 de Dezembro de 2020. Disponível em: <<https://portais.univasf.edu.br/noticias/univasf-integra-projeto-de-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-de-energia-solar-fotovoltaica-com-chesf-ufpe-e-upe>>. Acesso em 18 de Julho de 2021.
- MORAES, C. Célula Fotovoltaica: Tudo O Que Você Precisa Saber. Disponível em: <<https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>>. Acesso em 05 de Setembro de 2019.
- COSTA, I.F; MAROJA, A.M. Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local
- VILLALVA, M. G. Entendendo as curvas IV e PV dos módulos fotovoltaicos. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/entendendo-as-curvas-iv-e-pv-dos-modulos-fotovoltaicos/>>. Acesso em 12 de maio de 2020.
- Guia Completo Do Módulo Fotovoltaico. Energês, a linguagem da energia, 17 de Março de 2020. Disponível em: <<https://energes.com.br/energia-solar/guia-completo-modulos-fotovoltaicos/>>. Acesso em: 12 de Maio de 2020.
- BNCC, Base Nacional Comum Curricular. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf>. Acesso em 16 de Outubro de 2020.

Currículo de Pernambuco Ensino Médio: Disponível em
:<http://www.educacao.pe.gov.br/portal/upload/galeria/523/CURR%C3%8DCULO_DE_PERNAMBUCO_DO_ENSINO%20M%C3%89DIO%202021_Final.pdf>. Acesso em 21 de Agosto de 2021

HEWITT, P. G. Física Conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman. 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2010 vol 4.

DORF, R. C.; SVOBODA, J. A. Introdução aos Circuitos Elétricos. 9º ed. São Paulo: LTC, 2015.

FITZGERALD, A. E. Máquinas elétricas. São Paulo: Bookman, 2006

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Psicologia educacional. Interamericana Ltda, Rio de Janeiro, 1980.

MOREIRA, Marco Antonio, Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa, Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008, pp. 23-30. Revisado em 2012
(<http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESport.pdf>)

CREDER, Hélio. Instalações Elétricas. 16. ed. LTC, 2016.

RIZZONI, Giorgio. Fundamentos de Engenharia Elétrica. 1. ed. Bookman, 2013.

7 APÊNDICES

7.1 APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO

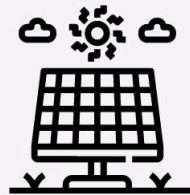
1 AULA: QUESTIONÁRIO

O objetivo deste questionário é sondar o conhecimento prévio do aluno.

1 - Defina com suas palavras o significado de energia renovável



2 - Na sua opinião, em dias nublados, o sistema solar fotovoltaico gera energia elétrica?



4 - Quais fatores influenciam na corrente e na tensão de um painel fotovoltaico?

3 - O que é o efeito fotovoltaico?



5 - O que acontece com a tensão e a corrente das associações em série e em paralelo dos módulos fotovoltaicos?

7.2 APÊNDICE B: GABARITO DO QUESTIONÁRIO

1 – Defina com suas palavras o significado de energia renovável

R: Fontes de energia renováveis são recursos naturais considerados inesgotáveis e cujo o uso não cause o seu esgotamento.

2 – Na sua opinião, em dias nublados, o sistema solar fotovoltaico gera energia elétrica?

R: Sim, pois a produção de energia solar em dias chuvosos ocorre de modo inferior aos dias ensolarados. Isto ocorre pois os painéis solares necessitam da incidência solar direta, logo, com a sua diminuição em dias de chuva, reduz-se a geração de energia solar.

3 – O que é o efeito fotovoltaico?

R: O efeito fotovoltaico é a transformação da radiação eletromagnética, proveniente do sol, em energia elétrica através da criação de uma diferença de potencial ou tensão

4 – Quais fatores influenciam na corrente e na tensão de um painel fotovoltaico?

R: A radiação solar é um fator que influencia de forma direta na corrente que um painel pode fornecer. ou seja, se a radiação diminuir, conseqüentemente a corrente irá diminuir. Já a temperatura influencia de forma inversa na tensão que um painel pode fornecer, em outras palavras, se a temperatura aumentar, conseqüentemente a tensão irá reduzir.

5 – O que acontece com a tensão e a corrente das associações em série e em paralelo dos módulos fotovoltaicos?

Na associação em série a tensão total da *String* é a soma de cada tensão produzido por seus respectivos módulos e a corrente é a mesma para essa configuração.

Já na associação em paralelo a corrente total da *String* é a soma de cada corrente produzido por seus respectivos módulos e a tensão é a mesma.

7.3 APÊNDICE C: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL

Neste momento, vamos calcular qual seria o sistema fotovoltaico mais adequado para o consumo da conta a seguir. No primeiro momento é preciso saber qual é a energia a ser compensada pelo sistema fotovoltaico. Para isso basta solicitar uma conta de luz, do cliente, e realizar uma média de todos os consumos mensais durante um ano. A figura a seguir apresenta uma conta de luz hipotética.

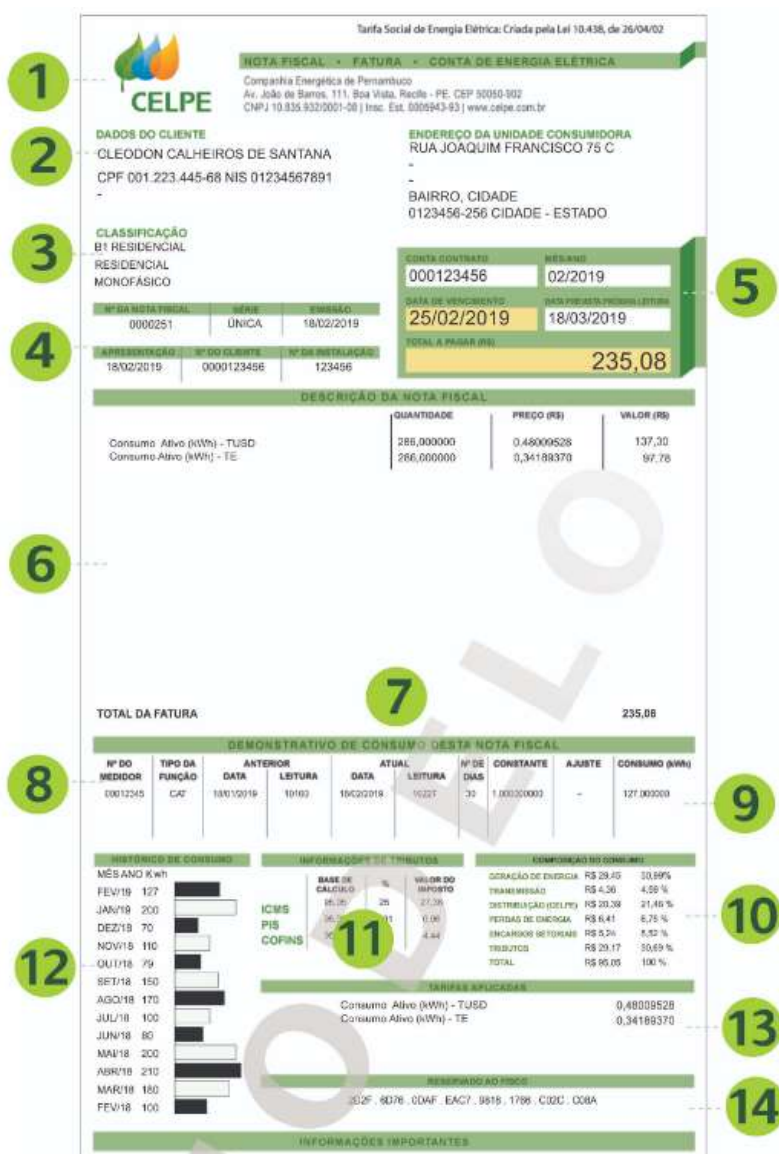


Figura 34: Conta de luz retirada do site da Celpe.

Não faz parte do escopo deste trabalho determinar o significado de cada número discriminado na conta de luz, pois isso pode ser visto no site da Celpe. Contudo é importante conhecer que o número “12” representa o consumo durante 12 meses.

Para encontrar a média de consumo, basta somar o consumo nos últimos doze meses e o resultado dividir por 12.

Como exemplo, considere os valores do consumo mostrados na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6: Média do consumo durante doze meses.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
356	580	250	360	600	290	410	320	390	514	610	480

$$E_{média} = \frac{356+580+250+360+600+290+410+320+390+514+610+480}{12} = 430 \text{ kWh} \quad [I]$$

Deve-se verificar o custo de disponibilidade⁵ de energia elétrica para a conta de energia em análise.

Logo,

$$E_{mc} = E_m - \text{disponibilidade} \quad [II]$$

E_{mc} = Energia mensal corrigido.

A Energia média diária de consumo pode ser obtida através da expressão:

$$E_d = \frac{E_{mc}}{30} \quad [III]$$

De acordo com (PINHO (org), GALDINO (org). 2014), a energia produzida pelo módulo fotovoltaico é encontrada pela seguinte equação:

$$P_{FV} (Wp) = \frac{E_d / TD}{HSP} \quad [IV]$$

Onde,

⁵ “O custo de disponibilidade do sistema elétrico, aplicável ao faturamento mensal de consumidor responsável por unidade consumidora do grupo B, é o valor em moeda corrente equivalente a:

I – 30 kWh, se monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores;

II – 50 kWh, de bifásico a 3 (três) condutores;

III – 100 kWh, se trifásico.”

RN Aneel 414/2010; Seção V; Art. 98.

$P_{FV}(Wp)$ = Potência de pico do sistema fotovoltaico.

E_d = Energia média diária de consumo.

TD = Taxa de desempenho, varia entre 70% e 85%.

HSP = Média diária anual das HSP incidente no plano.

De forma didática, usaremos a escola EREM EPITÁCIO ANDRÉ DIAS como exemplo, de tal forma que a conta de luz acima seja, hipoteticamente, o seu consumo de energia.

Portanto, precisa-se encontrar a latitude e longitude do local. O mais indicado é utilizar o google maps⁶ (ver Figura 35). Clicando no lado direito do mouse já pode ser visualizado a latitude: -8.17117 e longitude: -34.9318. Caso não apareça, basta clicar no “o que há aqui” que aparecerá as coordenadas.

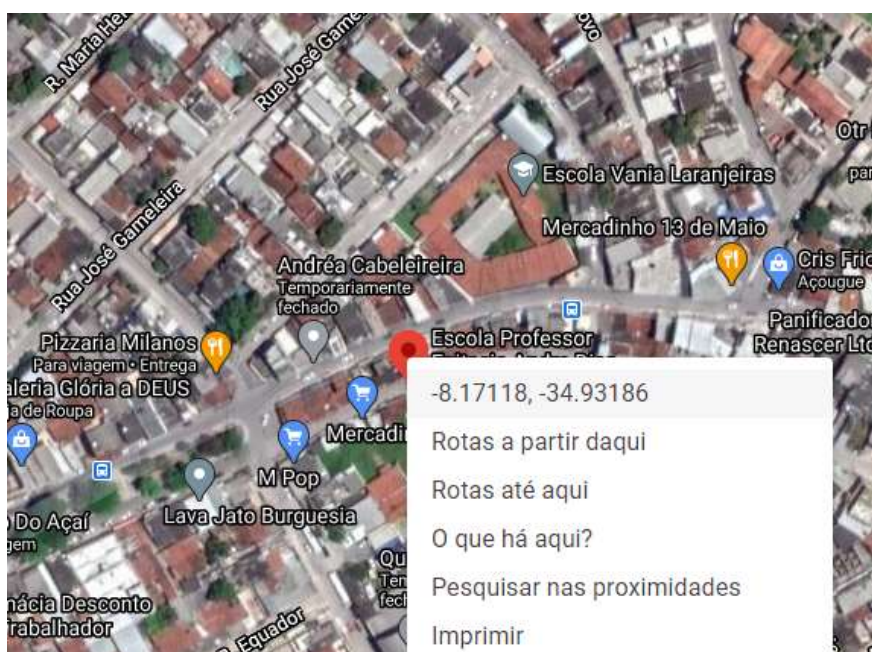


Figura 35: Localização da latitude e longitude.

Fonte: <https://www.google.com/maps/place/Escola+Professor+Epitacio+Andre+Dias/@-8.1712706,-34.9340436,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x7aae1be13a2ef51:0x4738121a5e2e2c0!8m2!3d-8.1712759!4d-34.9318549>

Para encontrar o HSP, de uma determinada localidade, é necessário utilizar o cresesb⁷. Inserindo as coordenadas podemos encontrar o valor desejado (5,45) observando a linha “plano horizontal” e a coluna “média”.

⁶ Site pode ser encontrado em: <http://maps.google.com/>

⁷ Site pode ser encontrado em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Jaboatão dos Guararapes

Município: Jaboatão dos Guararapes, PE - BRASIL

Latitude: 8,201° S

Longitude: 34,949° O

Distância do ponto de ref. (8,171146° S; 34,931866° O): 3,8 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,92	6,01	5,98	5,23	4,55	4,25	4,33	5,06	5,61	5,96	6,20	6,25	5,45	2,00
✓	Ângulo igual a latitude	8° N	5,64	5,85	5,98	5,39	4,81	4,55	4,60	5,28	5,68	5,85	5,93	5,91	5,46	1,43
✓	Maior média anual	5° N	5,76	5,92	5,99	5,34	4,72	4,45	4,51	5,21	5,67	5,90	6,04	6,05	5,46	1,60
✓	Maior mínimo mensal	23° N	4,94	5,34	5,74	5,48	5,11	4,93	4,94	5,48	5,59	5,42	5,23	5,09	5,27	,82

Figura 36: Irradiação solar no plano inclinado de Jaboatão dos Guararapes, PE.

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>

Com base nas informações obtidas, pode-se calcular a potência de pico do sistema fotovoltaico:

$$E_{mc} = E_m - \text{disponibilidade} = 430 - 30 = 400 \text{ kWh}$$

$$E_d = \frac{E_{mc}}{30} = \frac{400}{30} = 13,33$$

$$P_{FV} (Wp) = \frac{E_{mc}/TD}{HSP} = \frac{430/0,8}{5,4} = 3,08 \text{ kWp}$$

Portanto, um sistema fotovoltaico adequado para esse consumo é de, no mínimo, 3,08 kWp.

7.4 APENDICE D: PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTÁICA NO ENSINO DE FÍSICA

Moisés Andrade de Jesus

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Física.

Orientador:
Prof. Dr. Wictor Carlos Magno

Recife - Agosto de 2021.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	2
2	SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM BASE NA TEORIA DE AUSUBEL	2
2.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	3
2.1.1	1ª AULA: INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO DOS ALUNOS SOBRE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	3
2.1.2	2ª AULA: CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE: CORRENTE, TENSÃO, POTÊNCIA E ENERGIA.....	4
2.1.3	3ª AULA: PRIMEIRA LEI DE OHM E ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES.....	8
2.1.4	4ª AULA: CONCEITOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (I PARTE).....	15
2.1.5	5ª AULA: PARTE EXPERIMENTAL	18
2.1.6	6ª AULA: CONCEITOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (II PARTE).....	19
2.1.7	7ª AULA: – NOVA APLICAÇÃO DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.....	22
3	CONCLUSÕES	23
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1 INTRODUÇÃO

O produto educacional apresenta, de forma didática, conceitos de eletrodinâmica tais como: corrente, tensão, potência, energia, resistores e suas associações. Além disso, este produto demonstra esses conceitos aplicados na tecnologia que vem crescendo ao longo dos anos no Brasil que é a solar fotovoltaica.

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM BASE NA TEORIA DE AUSUBEL

O objetivo deste produto é a introdução dos conceitos de sistema solar fotovoltaico no ensino médio. Tal assunto foi elaborado para os alunos do 3 ano do Ensino Médio, sistematizado e com base na Teoria da Aprendizagem de David Ausubel.

A Tabela 1 descreve os conteúdos e o tempo estimado em cada encontro onde a sequência didática pode ser aplicada.

Tabela 1: Cronograma da sequência didática

Aula		Conteúdo/Objetivo	Período estimado	Forma de Ensino
1	Introdução e motivações dos alunos sobre energia solar fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar o projeto e introduzir as ideias da sequência didática - Aplicar o questionário inicial de sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos. 	15 minutos	Virtual
2	Conceitos básicos de eletricidade: corrente, tensão, potência e energia	<ul style="list-style-type: none"> - Será apresentado a definição de corrente, tensão, potência e energia bem como também a relação existente entre as grandezas. - Exercício resolvido e proposto sobre o assunto. - Utilização do PHET como ferramenta auxiliar na análise das grandezas elétricas 	1 hora e 20 minutos	Virtual
3	Primeira lei de Ohm, associação de resistores e de geradores	<ul style="list-style-type: none"> - Será apresentado o conceito da 1ª lei de Ohm e associação de resistores: série, paralelo e mista. Geradores e suas associações Exercício proposto e resolvido. - Aplicação virtual, através do PHET, para fixação dos conteúdos das aulas 2, 3. 	1 horas e 20 minutos	Virtual

4	Conceitos de Energia Solar Fotovoltaica (1ª Parte) e	- Conceito sobre o efeito fotovoltaico, definição de célula e módulo solar, associação série e paralelo dos módulos, influência da temperatura e irradiação no comportamento da corrente e tensão nas células fotovoltaicas.	1 hora	Virtual
5	Atividade prática: Orientação ótima dos módulos fotovoltaicos	- Determinar a melhor inclinação, com relação a horizontal do local, dos módulos, onde se obtenha a máxima conversão de energia. Determinar o ângulo azimutal que permita a máxima conversão de energia.	2 horas	Presencial
6	Atividade prática: Associação de célula/painel em série e paralelo.	- Verificar as implicações causadas na tensão e corrente de um arranjo fotovoltaico através da associação série e paralelo de células/painéis fotovoltaicos.	2 horas	Presencial
7	Conclusão da sequência didática	- Discussão final dos resultados obtidos e elucidação das dúvidas dos alunos. - Aplicar o questionário final de avaliação.	15 minutos	Virtual

2.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

2.1.1 1ª AULA: INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO DOS ALUNOS SOBRE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.

Introdução

No primeiro momento da sequência didática, será feita a apresentação do tema “Energia Fotovoltaica”, destacando sua importância para motivar e despertar o interesse dos alunos.

Para iniciar o tema energia solar, pode-se começar apresentando o assunto como um tema gerador, segundo o educador e pedagogo Paulo Freire (1985), o início de uma problematização do tema deve ter por base o contexto social e ambiental dos estudantes.

Posteriormente, será aplicado um questionário de sondagem de conhecimentos, para analisar os subsunçores existentes dos alunos e se há relação com o novo conteúdo a ser estudado.

PARTE EXPERIMENTAL

Objetivo do experimento

Explicar o projeto e introduzir a ideia da sequência didática e aplicar o questionário inicial de sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos.

Material utilizado

Questionário criado no *google forms*. Tal arquivo, link, pode ser enviado via e-mail ou *Whatsapp*, possibilitando que os alunos preencham em qualquer lugar e utilizando qualquer equipamento eletroeletrônico: notebook, celular, tablet, etc.

Procedimento experimental

Nesse contexto, a problematização será: no Brasil, existe a necessidade de se produzir energia elétrica através de fonte renovável? Em que patamar se encontra a produção e o consumo de energia elétrica?

As questões utilizadas para a sondagem do conhecimento são:

- 1 – Defina com suas palavras o significado de energia renovável.
- 2 – Na sua opinião, em dias nublados, o sistema solar fotovoltaico gera energia elétrica?
- 3 – O que é o efeito fotovoltaico?
- 4 – Quais fatores influenciam na corrente e na tensão de um painel fotovoltaico?
- 5 – O que acontece com a tensão e a corrente das associações em série e em paralelo dos módulos fotovoltaicos?

2.1.2 2º AULA: CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE: CORRENTE, TENSÃO, POTÊNCIA E ENERGIA

Introdução

Não é difícil perceber a importância da energia elétrica na sociedade. Basta observar que os principais equipamentos elétricos, que trazem conforto ou satisfação, dependem da energia elétrica para funcionarem. É por isso que entender os conceitos básicos da eletrodinâmica é essencial.

Corrente elétrica: É o movimento ordenado de elétrons livres contidos em um fio condutor. A corrente elétrica é medida na unidade Ampère (A).

A corrente elétrica possui dois tipos de configuração: contínua ou alternada e isso dependerá da natureza da fonte de tensão ou diferença de potencial (ddp).

A corrente é dita contínua quando apresenta intensidade e sentido constantes. Se o sentido e a intensidade mudam periodicamente, então a corrente é chamada de alternada.

A corrente, em um circuito elétrico, sai do polo positivo e entra no polo negativo de um gerador⁸. O sentido da corrente pode ser verificado na figura 1.

Tensão: É a diferença de potencial (ddp) entre dois pontos distintos. A tensão elétrica é medida na unidade Volt (V).

A tensão pode ser contínua ou alternada. Será contínua se sua polaridade não se alterar com o passar do tempo ou alternada se houver mudança de polaridade.

A tensão usual nas residências, do Nordeste, especificamente em Pernambuco é 220 V (Volts), entre fase e neutro. Em outras regiões, destaca-se o Norte, a tensão usual é de 127 V (Volts).

Potência: Por definição é uma determinada energia por unidade de tempo. A potência também pode ser entendida como uma relação entre tensão e corrente.

$$P = I \cdot U \quad [1]$$

Energia: É a capacidade em que algo realize trabalho. A energia elétrica pode ser entendida como uma relação entre potência e tempo.

$$E = P \cdot \Delta t \quad [2]$$

Quando se trata de um equipamento elétrico, a energia elétrica consumida (em Joules) é o produto entre a potência do equipamento (em Watts) e o tempo (em segundos) em que permaneceu ligado. Normalmente o consumo de energia é expresso em milhares de Watts-hora (kWh), sendo 1 kWh igual a 3600 Joules de energia.

PARTE EXPERIMENTAL

Objetivo do experimento

Apresentar a definição de corrente, tensão, potência e energia bem como também a relação existente entre as grandezas.

⁸ Entende-se como gerador o dispositivo elétrico que converte uma energia não elétrica (cinética, eólica, solar, térmica, química, etc.) em energia elétrica.

Material utilizado

Simulador PHET

Procedimento experimental

Pode-se criar um circuito simples de corrente contínua (DC) conforme a figura 1.

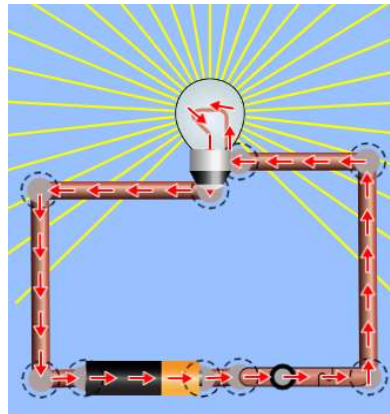


Figura 1: Circuito elétrico contendo uma lâmpada, uma fonte de tensão e uma chave seccionadora.
 Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o PHET

Estabeleça os seguintes valores: $U = 20 \text{ V}$, $R = 10 \text{ } \Omega$, segundo a figura 2.

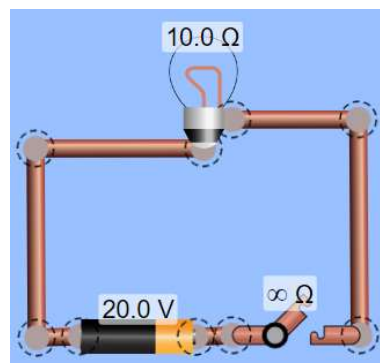


Figura2: Circuito básico contendo os valores propostos.
 Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o PHET

Com os valores estabelecidos, a potência P da lâmpada é 40 W : $P = U^2/R$.

Com essas informações, calcule a corrente elétrica do circuito. Em seguida comprove o valor obtido utilizando o simulador (basta inserir um amperímetro em série no circuito), com base na figura 3.

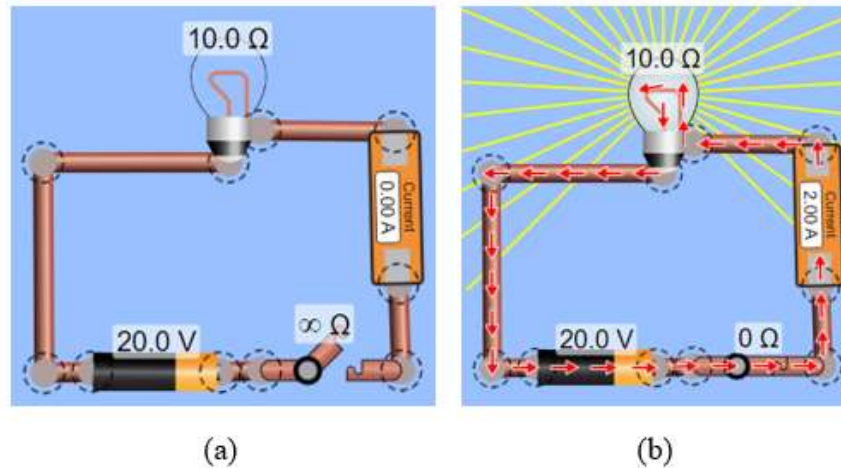


Figura 3: Circuito aberto, corrente igual a zero (a). Corrente igual a 2 A no circuito fechado (b).
 Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o PHET.

Em seguida, propomos a seguinte questão: Se essa lâmpada ficar ligada durante 5 horas por dia, no mês, considerando 30 dias, qual será o consumo em kWh? Se for cobrado uma tarifa de R\$0,68 para cada kWh consumido, qual deverá ser o valor pago?

Com base nas informações, calcule a energia mensal e o valor a ser pago. Em seguida comprove o valor obtido utilizando o simulador⁹, figura 4.



Figura 29: Simulador de consumo de energia. Sala virtual (a). Tabela de resultado (b).
 Fonte: site da ENEL, simulador de consumo de energia.

Exercício proposto

1 – A tensão monofásica, residencial, em Recife é 220 V. Ao ligar um chuveiro elétrico de 3300W sobre ele aparecerá uma corrente de quantos amperes?

⁹ O simulador pode ser encontrar no endereço:
<https://enel-rj.simuladordeconsumo.com.br/ambiente/sala>

2 – As informações de um aparelho elétrico são: 720 W – 120 V. Estando ligado o aparelho corretamente, determine:

A corrente elétrica desse aparelho.

A energia elétrica consumida em 6 horas de funcionamento.

3 – Calcule a energia elétrica consumida no mês por um ar condicionado de 1500 W ligado por 20 minutos diariamente e uma lâmpada de 60 W ligada durante 6 horas por dia.

4 – Com base nas equações [1] e [2] vistas, complete a tabela a seguir:

	Corrente (A)	Tensão (V)	Potência (W)	Energia (Wh)	Tempo (h)
TV		220	200		8
Geladeira		220		3600	12
Ar condicionado	7,5	220			6
Lâmpada	0,25	220			6
Ferro elétrico		220	1200		1

5 – Um chuveiro elétrico possui as seguintes informações: 5500W – 220 V. Utilizando o equipamento durante 1 hora por dia, Determine:

A corrente elétrica que passa pelo chuveiro.

A energia consumida, mensal (30 dias), em kWh.

O valor pago à concessionária Celpe sabendo que a taxa de energia custa 0,79 por kWh.

2.1.3 3º AULA: PRIMEIRA LEI DE OHM E ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Introdução

Resistores podem ser entendidos como elementos de um circuito elétrico que têm a finalidade de dissipar energia elétrica: transformar energia elétrica em energia térmica ou limitar a corrente de um circuito. Além disso, os resistores apresentam uma propriedade elétrica, chamada de resistência elétrica. A resistência elétrica é medida em Ohm (Ω).

A primeira Lei de Ohm afirma que o quociente da tensão (ddp) nos terminais de um resistor e a corrente que passa por ele é igual à resistência elétrica desse resistor.

$$\frac{U}{I} = R \text{ ou } U = R \cdot I \quad [1]$$

Pode-se verificar na figura 5 o gráfico que representa um resistor ôhmico.

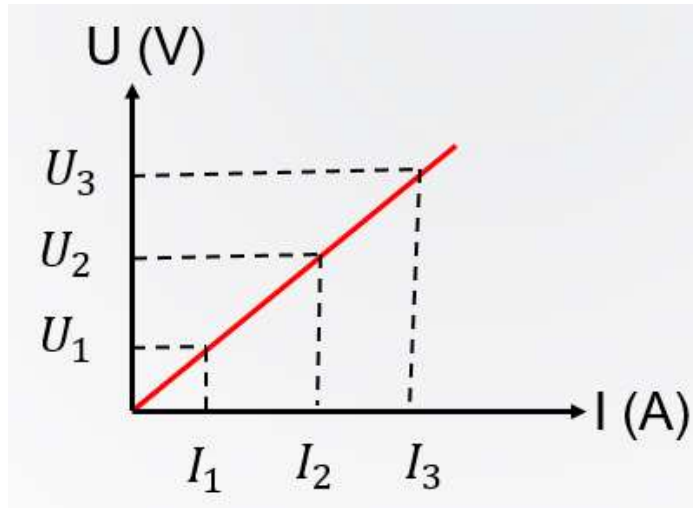


Figura 5: Representação gráfico de um resistor que obedece a 1ª lei de OHM (Ôhmico)
 Fonte: o Autor.

A figura 6, apresenta um circuito com resistência, tensão e corrente. Vale ressaltar que em um circuito aberto a corrente é nula.

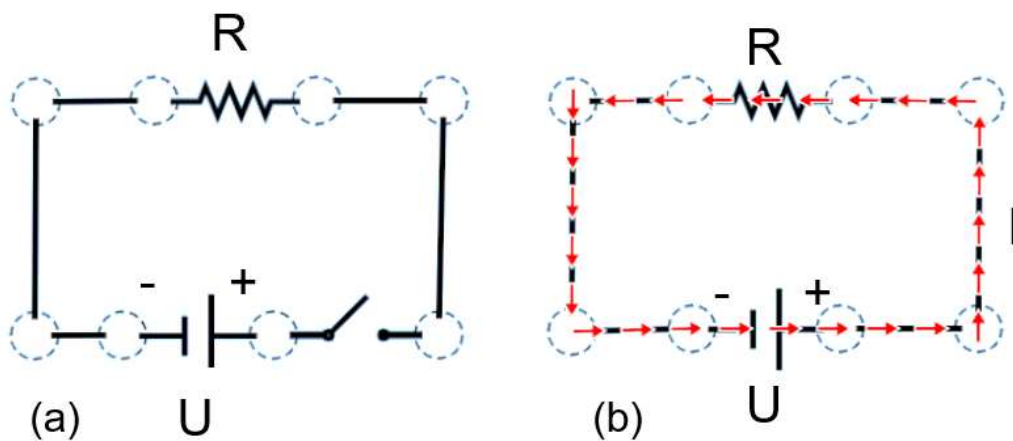


Figura 6: Representação gráfico de um circuito aberto contendo um Resistor e tensão (a) e um circuito fechado com resistor, tensão e corrente
 Fonte: PHET, adaptado pelo autor.

Associação em série

Na associação em série, figura 7, a corrente que passa pelo circuito ou por cada resistor é a mesma, porém a tensão do circuito se divide para cada resistor, de forma proporcional a sua resistência.

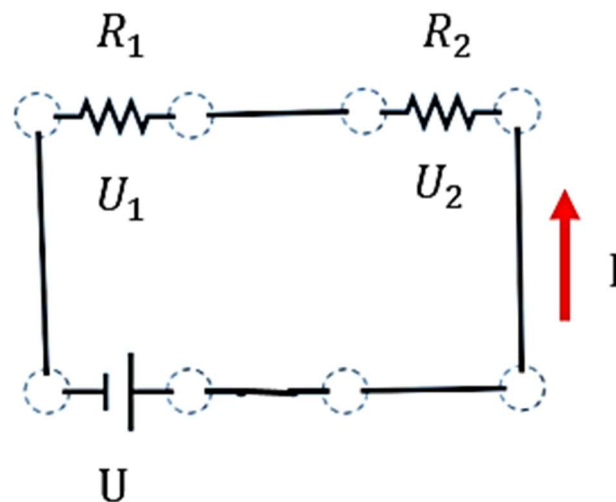


Figura 7: Circuito em série.
Fonte: PHET, adaptado pelo autor.

$$I = I_1 = I_2[1]$$

onde I_1 e I_2 são as correntes que passam pelos resistores R_1 e R_2 , respectivamente. A tensão total fornecida pela bateria é a soma das tensões em cada resistor.

$$U = U_1 + U_2[2]$$

Associação em paralelo

Na associação em paralelo, figura 8, a tensão do circuito é a mesma verificada em cada resistor, entretanto a corrente do circuito se divide para cada resistor de forma inversa a resistência.

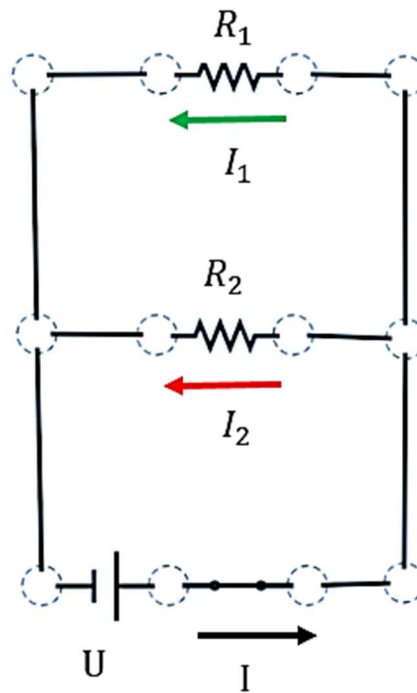


Figura 8: Circuito em série.
 Fonte: PHET, adaptado pelo autor.

$$I = I_1 + I_2[3]$$

$$U = U_1 = U_2[4]$$

PARTE EXPERIMENTAL

Objetivo do experimento

Será apresentado o conceito da 1ª lei de Ohm e associação de resistores: série e paralelo.

Material utilizado

Simulador PHET

Procedimento experimental

Associação em Série

Crie um circuito série conforme a figura 3 e insira os seguintes valores:

$U = 20 \text{ V}$, $R_1 = 10 \ \Omega$ e $R_2 = 25 \ \Omega$.

Efetue as devidas medições e preencha o quadro abaixo:

	Resistor 1	Resistor 2
Tensão (U)		
Corrente (I)		

Agora, insira um terceiro resistor em série, $R_3 = 5 \Omega$ e preencha a tabela abaixo:

	Resistor 1	Resistor 2	Resistor 3
Tensão (U)			
Corrente (I)			

Associação em Paralelo

Crie um circuito série conforme a figura 3 e insira os seguintes valores:

$$U = 20 \text{ V}, R_1 = 10 \Omega \text{ e } R_2 = 20 \Omega.$$

Efetue as devidas medições e preencha o quadro abaixo:

	Resistor 1	Resistor 2
Tensão (U)		
Corrente (I)		

Agora, insira um terceiro resistor em série, $R_3 = 5 \Omega$ e preencha a tabela abaixo:

	Resistor 1	Resistor 2	Resistor 3
Tensão (U)			
Corrente (I)			

Geradores elétricos

Geradores elétricos são equipamentos ou aparelhos que convertem ou transformam uma forma de energia qualquer em energia elétrica.

Associação em série e em paralelo de pilhas

Pilhas são os tipos de geradores mais comuns e fáceis de serem encontrados. Elas convertem a energia química interna em energia elétrica. Contudo, as pilhas de uso residencial (1,5Volt) geralmente são associadas em série ou em paralelo. Vejamos as características dessas associações.

Associação em Série

Nessa associação, a tensão nos terminais da série aumenta, porém a corrente permanece constante.

Conforme pode ser visto na figura 9 (a), nos terminais da pilha obtemos uma tensão de 1,5 V. Na figura 9 (b) a tensão aumentou nos terminais da associação em série para 3 V.

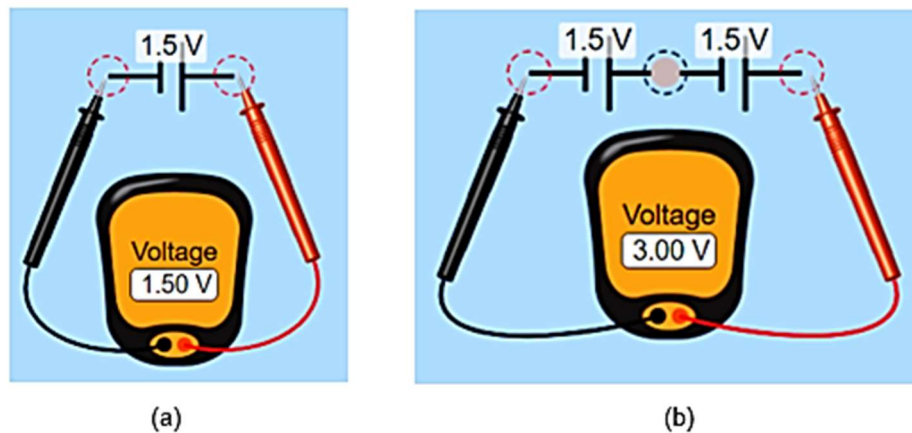


Figura 9: Associação em série de pilhas.
Fonte: PHET, adaptado pelo autor.

Associação em Paralelo

Neste caso, a corrente nos terminais da associação aumenta, porém a tensão permanece constante.

Conforme pode ser visto na figura 10 (a), nos terminais da pilha obtemos uma corrente de 1 A. Na figura 10 (b) a corrente aumentou nos terminais da associação em série para 1,5 A.

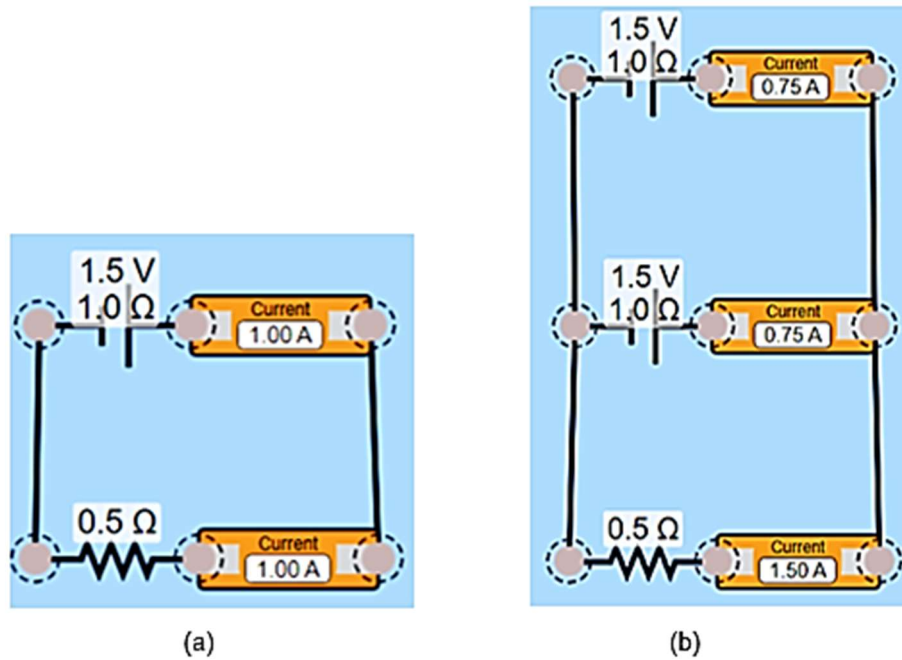


Figura 10: Associação em paralelo de pilhas.
Fonte: PHET, adaptado pelo autor.

PARTE EXPERIMENTAL

Objetivo do experimento

- Será apresentado o conceito da associação de geradores.

Material utilizado

Simulador PHET.

Procedimento experimental

Associação em Série

Crie um circuito série com três geradores e insira os seguintes valores:

$$U_1 = 20 \text{ V}, \quad U_2 = 10 \text{ V}, \quad U_3 = 5 \text{ V}$$

Verifique qual foi o valor total da tensão obtida na associação em série.

Associação em Paralelo

Crie um circuito paralelo conforme a figura 6 (b) e insira os seguintes valores:

$$U = 20 \text{ V}, \quad R_{\text{interna}} = 1 \text{ } \Omega \text{ e } R_{\text{externa}} = 5 \text{ } \Omega.$$

Efetue as devidas medições e preencha o quadro abaixo:

	Gerador 1	Gerador 2	Resistor externo
Tensão (U)			
Corrente (I)			

2.1.4 4ª AULA: CONCEITOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (I PARTE)

Introdução

De acordo com VILLALVA M.G (2015), O efeito fotovoltaico é a base dos sistemas fotovoltaicos voltados para a produção de energia elétrica. A transformação da energia eletromagnética, proveniente do sol, em energia elétrica através da criação de uma diferença de potencial ou tensão é o que chamamos de efeito fotovoltaico. Tal efeito ocorre devido às propriedades elétricas dos materiais que formam o sanduíche semiconductor que compõem a célula fotovoltaica, conforme a figura 11 (a). Se nos terminais da célula forem conectados dois eletrodos, então entre esses eletrodos aparecerá uma tensão elétrica. Se entre os eletrodos existir um caminho que possibilite a passagem da corrente, então surgirá uma corrente elétrica.

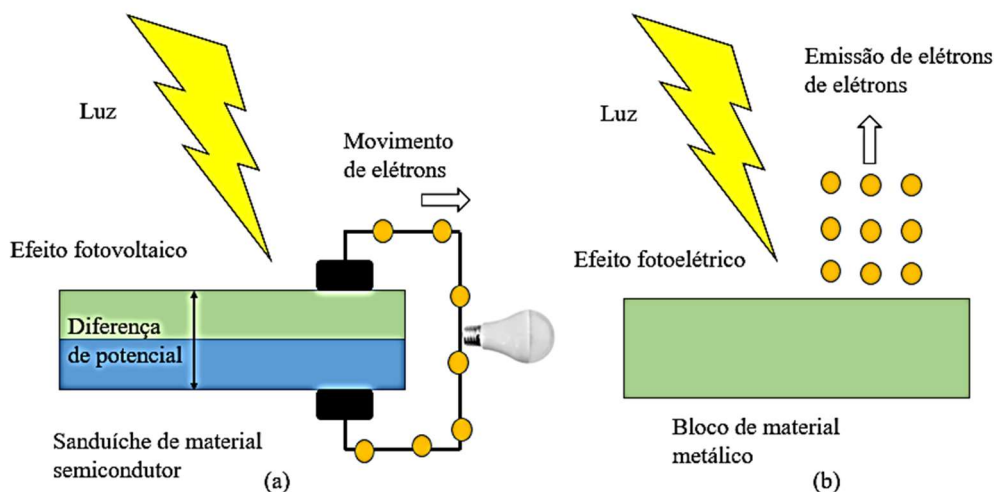


Figura 11: Efeito fotovoltaico (a) e efeito fotoelétrico (b).

Fonte: Energia Solar fotovoltaica conceitos e aplicações, 2015 (Adaptado pelo autor).

O efeito fotoelétrico tem como base a remoção de elétrons de um material metálico sem ser capaz de gerar tensão elétrica nesse material, conforme pode ser visto na figura 11 (b).

Pode-se chamar de radiação à energia proveniente do sol. A radiação total que chega no plano horizontal do solo é composta pela radiação que chega de forma direta e a radiação que chega de forma indireta, através da reflexão ou refração dos objetos. Essas radiações são conhecidas como radiação direta e difusa, figura 12, respectivamente.

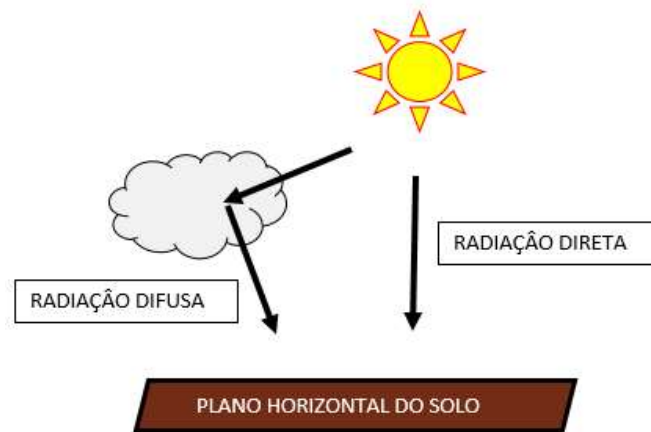


Figura 12: Radiação direta e difusa no plano horizontal do solo
 Fonte: Adaptado pelo autor

Para quantificar a radiação solar são necessárias duas grandezas físicas: Irradiância e Irradiação (Insolação). A Irradiância é a potência por unidade de área (W/m^2), enquanto que a irradiação é a energia por unidade de área (Wh/m^2).

A célula pode ser entendida como o elemento básico de conversão de energia solar em elétrica. Contudo, devido as suas limitações de tensão e corrente, é necessário agrupá-los em série ou paralelo para se obter tensões maiores. O agrupamento de células dará origem ao módulo fotovoltaico. O agrupamento em série ou em paralelo dos módulos configura-se em um arranjo fotovoltaico. A figura 13 ilustra as definições apresentadas.

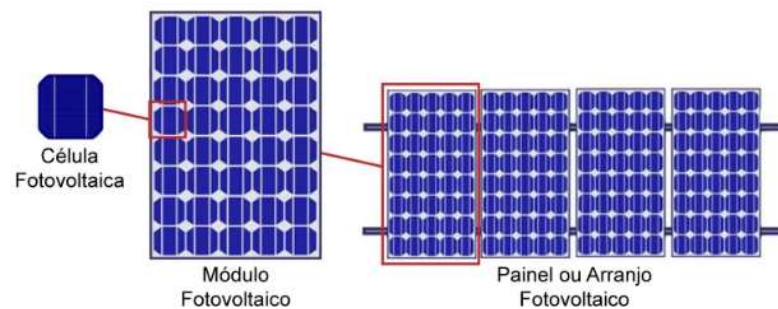


Figura 13: Célula, painel e arranjo fotovoltaico
 Fonte: <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>

Os raios solares podem ser aproveitados de forma otimizada para a geração da energia elétrica, quando eles incidem perpendicularmente ao plano ou à área do módulo.

Para quem se encontra abaixo da linha do equador, no hemisfério sul, a melhor orientação é o módulo voltado para o norte geográfico. Já para quem se encontra acima da linha do equador, no hemisfério norte, a orientação mais adequada é para o sul geográfico.

O ângulo azimutal é o ângulo formado entre o norte geográfico e os raios solares sobre o plano terrestre, conforme a figura 14.

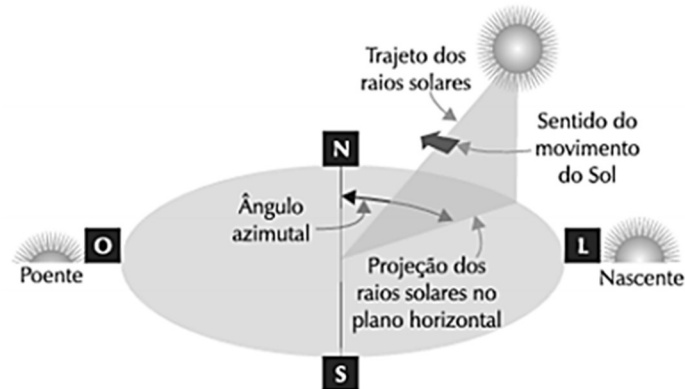


Figura 14: Ângulo azimutal

Fonte: Energia Solar fotovoltaica conceitos e aplicações, 2015.

Para se encontrar o norte geográfico, através de uma bússola, é necessário efetuar uma correção na leitura do dispositivo. Isso ocorre devido a declinação magnética de cada localidade, conforme a figura 15.

Com uma bússola, pode-se encontrar o norte magnético. Em seguida, basta verificar qual o ângulo de correção da localidade desejada e por fim, girar a bússola no sentido horário, conforme o valor a ser corrigido, para se encontrar o norte geográfico.

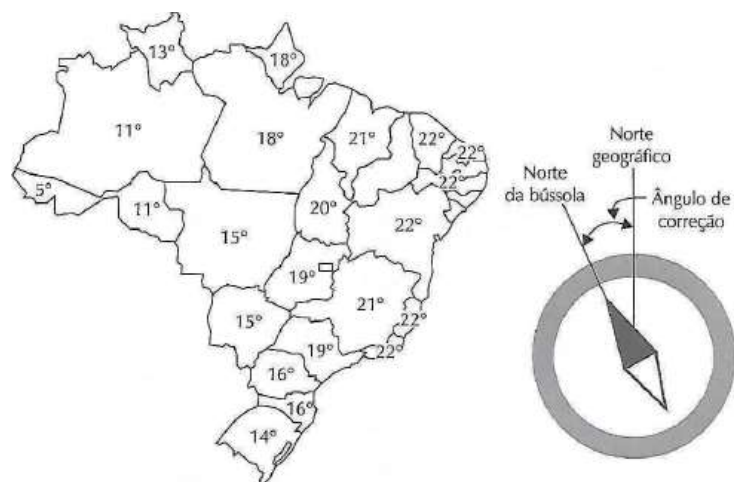


Figura 15: Mapa de correção de ângulo para encontrar o norte geográfico.

Fonte: Energia Solar fotovoltaica conceitos e aplicações, 2015.

2.1.5 5ª AULA: PARTE EXPERIMENTAL

Objetivos:

- Determinar a melhor inclinação, com relação a horizontal do local, dos módulos, onde se obtenha a máxima conversão de energia.
- Determinar o ângulo azimutal que permita a máxima conversão de energia.

Materiais:

- Multímetro
- Módulo FV (1 a 2 células)
- Bussola
- Transferidor

1 - Verifique, com os testes de circuito aberto e circuito fechado, a tensão de circuito aberto e a corrente de curto-circuito, respectivamente (ver figura 16).

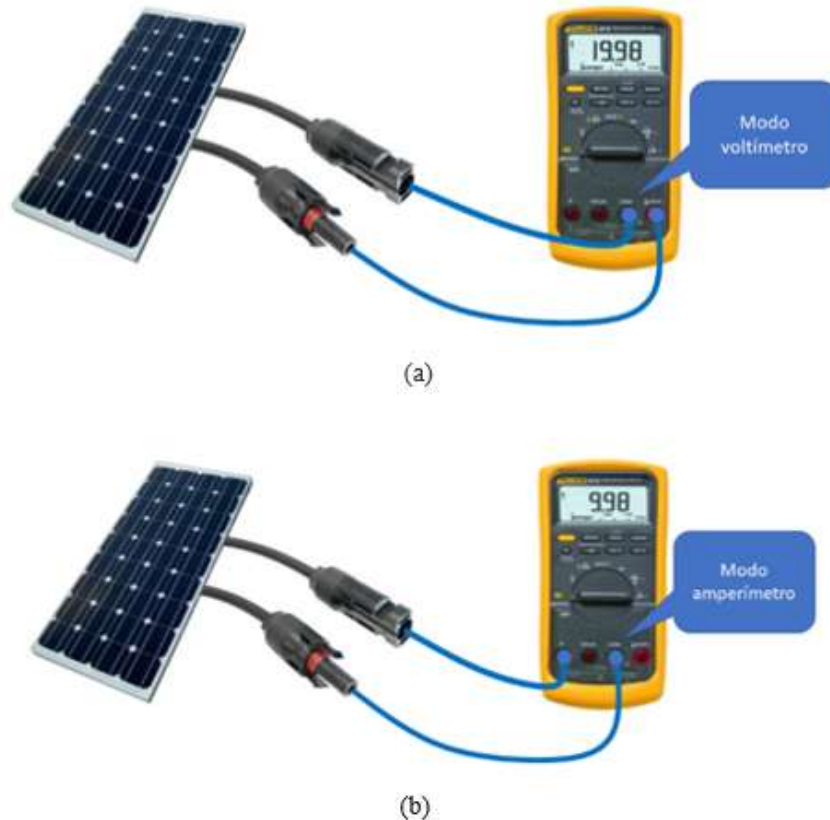


Figura 16: (a) Medida de tensão de circuito aberto, no modo voltímetro.
(b) Medida de curto-circuito, no modo amperímetro.

Fonte: <https://canalsolar.com.br/index.php/artigos/item/59-entendendo-as-curvas-iv-e-pv-dos-modulos-fotovoltaicos>

Obs.: Para a realização desse experimento é preciso ter uma célula ou placa, como referência, na horizontal.

Anotações experimentais:

1 - Fase

Ângulo de inclinação do módulo	Azimute	$V_{ca}(V)$	$I_{cc}(A)$
0	0		
0	30		
0	90		
0	90		

2 - Fase

Ângulo de inclinação do módulo	Azimute	$V_{ca}(V)$	$I_{cc}(A)$
Latitude do local	0		
Latitude do local	30		
Latitude do local	60		
Latitude do local	90		

3 - Fase

Ângulo de inclinação do módulo	Azimute	$V_{ca}(V)$	$I_{cc}(A)$
0	0		
30	0		
60	0		
90	0		

2.1.6 6° AULA: CONCEITOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (II PARTE)

Introdução

A radiação solar é um fator que influencia de forma direta na corrente que um painel pode fornecer, ou seja, se a radiação diminuir, conseqüentemente a corrente irá diminuir. Já a temperatura influencia de forma inversa na tensão que um painel pode fornecer, em outras palavras, se a temperatura aumentar, conseqüentemente a tensão irá reduzir. A figura 17 apresenta a influência da incidência de radiação solar e da temperatura sobre a eficiência de geração dos painéis fotovoltaicos.

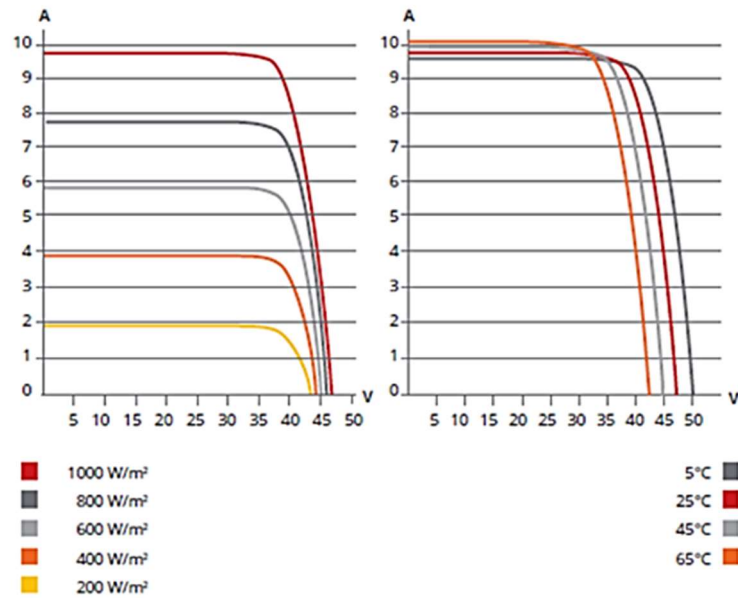


Figura 17: Curva I - V do módulo CS3U - 370MS.

Fonte: <https://energes.com.br/energia-solar/guia-completo-modulos-fotovoltaicos/>

Associação de células em série e paralelo

Associação em série

Associação em série, das células ou módulos fotovoltaicos, é a conexão do ponto positivo de um módulo com o ponto negativo de outro módulo e assim por diante (ver figura 18).

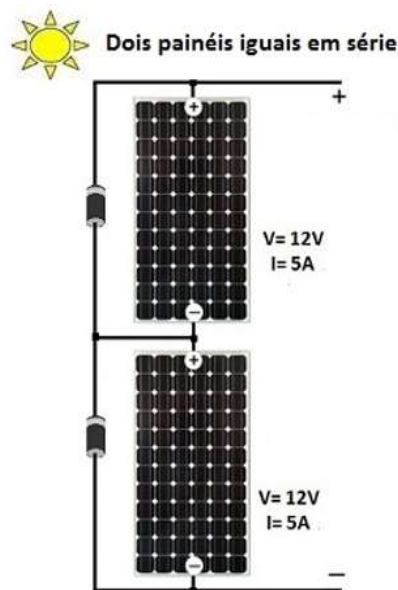


Figura 18: Associação em série de módulos fotovoltaicos.

Fonte: <https://leiautdicas.wordpress.com/2016/01/28/3ocapitulo-associacao-de-paineis-solares/>

Pode-se concluir que nessa associação a tensão total da *String* (nome da associação em série) é a soma de cada tensão produzido por seus respectivos módulos. Além disso, verifica-se que a corrente é a mesma para essa configuração.

Associação em paralelo

Associação em paralelo, das células ou módulos fotovoltaicos, é a conexão dos pontos de mesmo polo, ou seja, positivo de um módulo conectado com o ponto positivo de outro módulo e assim por diante (ver figura 19).

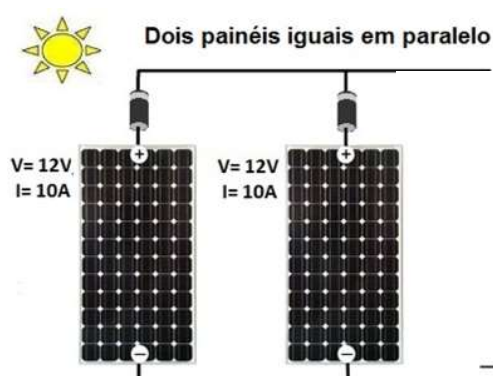


Figura 19: Associação em paralelo de módulos fotovoltaicos.

Fonte: <https://leiautdicas.wordpress.com/2016/01/28/3ocapitulo-associacao-de-paineis-solares/>

MATERIAS

- 01 – Multímetro
- 02 – Módulos Fotovoltaicos

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- 1 - Verifique, com os testes de circuito aberto e circuito fechado, a tensão de circuito aberto e a corrente de curto-circuito, respectivamente.
- 2 - Faça a ligação em série dos módulos e meça, com o multímetro, a tensão e a corrente.
- 3 - Faça a ligação em paralelo dos módulos e meça, com o multímetro, a tensão e a corrente.

ANOTAÇÕES DOS DADOS EXPERIMENTAIS

Único Módulo		
Módulos	Voltagem (V)	Corrente (A)
Módulo 01		
Módulo 02		

Módulos em Série		
Módulos	Voltagem (V)	Corrente (A)
Arranjo		
Repetição		

Módulo em Paralelo		
Módulos	Voltagem (V)	Corrente (A)
Arranjo		
Repetição		

Com base nas medidas feitas, quais conclusões pode-se chegar analisando tensão e corrente da associação em série?

Com base nas medidas feitas, quais conclusões pode-se chegar analisando tensão e corrente da associação em paralelo?

2.1.7 7ª AULA: – NOVA APLICAÇÃO DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO

Justificativa:

Os alunos dos anos finais do Ensino médio, em sua maioria, não têm uma base sólida de eletrodinâmica e não percebem a sua importância e aplicação no dia a dia. Por isso, foi realizado um levantamento prévio com o intuito de conhecer os subsunçores da estrutura cognitiva dos alunos.

Objetivo geral

Analisar os conhecimentos adquiridos durante as aulas ministradas.

Recursos metodológicos

- Questionário no modelo google forms

Desenvolvimento das atividades

Nessa atividade, os alunos foram submetidos ao novo questionário com as mesmas perguntas realizadas no primeiro questionário “sondagem”, onde o objetivo é verificar até que ponto eles conseguiram absorver os novos conhecimentos adquiridos sobre energia solar fotovoltaica.

3 CONCLUSÕES

O presente trabalho pode ser utilizado como forma alternativa de ensino sobre eletricidade e suas aplicações na tecnologia no horário regular ou ainda fazer parte de oficinas ou projetos inseridos no contexto itinerários formativos, descritos nas diretrizes e bases da educação do novo ensino médio.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D.P. Aquisição e Retenção do Conhecimento: Uma perspectiva cognitiva. Plátano. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em 20 de julho de 2021.

MOREIRA, M.A. Teorias da Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M.A; Aprendizagem Significativa – A Teoria de David Ausubel, 2ª edição. São Paulo: Centauro Editora, 2016.

MOREIRA, M.A; Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigmapasport.pdf>> Acesso em 20 de julho de 2021.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CRESESB, 2014. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=481>> Acesso em 20 de julho de 2021.

VILLALVA, M. G. Energia solar fotovoltaica. 2.ed. São Paulo: Érica, 2015.

MORAES, C. Célula Fotovoltaica: Tudo O Que Você Precisa Saber. Disponível em: <<https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>>. Acesso em 05 de Setembro de 2019.

COSTA, I.F; MAROJA, A.M. Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local

ENEL. Simulador de Consumo. Disponível em: <<https://enel-rj.simuladordeconsumo.com.br/ambiente/sala>>. Acesso em 27 de março de 2020.

VILLALVA, M. G. Entendendo as curvas IV e PV dos módulos fotovoltaicos. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/entendendo-as-curvas-iv-e-pv-dos-modulos-fotovoltaicos/>>. Acesso em 12 de maio de 2020.

Guia Completo Do Módulo Fotovoltaico. Energês, a linguagem da energia, 17 de Março de 2020. Disponível em: <<https://energes.com.br/energia-solar/guia-completo-modulos-fotovoltaicos/>>. Acesso em: 12 de Maio de 2020.