

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

ROMÉRIO COSSI MATTOS

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO
CONCEITOS RELACIONADOS AO USO DA ENERGIA
FOTOVOLTAICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL**

VITÓRIA
2023

ROMÉRIO COSSI MATTOS

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO
CONCEITOS RELACIONADOS AO USO DA ENERGIA
FOTOVOLTAICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis) do Centro de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Mírian do Amaral Jonis Silva

Vitória

2023

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

M435p MATTOS, ROMÉRIO COSSI, 1973-
Uma proposta de Sequência Didática envolvendo conceitos relacionados ao uso da energia Fotovoltaica para o Ensino Fundamental / ROMÉRIO COSSI MATTOS. - 2023. 156 f. : il.

Orientadora: Mirian do Amaral Jonis Silva.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Conceitos Básicos de Eletrodinâmica. 2. Energia Fotovoltaica. I. Jonis Silva, Mirian do Amaral. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53



"UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO CONCEITOS RELACIONADOS AO USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL"

Romério Cossi Mattos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 29 de agosto de 2023.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Mirian do Amaral Jonis Silva
(Orientador PPGEnFis/UFES)

Prof. Dr. Eliane Ferreira de Sá
(Membro Externo/UFMG)

Prof. Dr. Flávio Gimenes Alvarenga
(Membro Interno PPGEnFis/UFES)





Folha de Aprovação - Romério Cossi

Data e Hora de Criação: 03/10/2023 às 13:29:24

Documentos que originaram esse envelope:

- Folha de Aprovação - Romério Cossi.pdf (Arquivo PDF) - 1 página(s)



Hashs únicas referente à esse envelope de documentos

[SHA256]: 7732e07b386bd4a10cd8e4aa978f9b16af051a5612b2d80ccd9715ecfc5dfda4

[SHA512]: 60829f271227e8e479280dfbba94f4bc9d438d2cbfd414f3eae5f0811a5cce9676babff602c349f6318fd30b1e060a96f4e7a2d42282bde377612944a35b912

Lista de assinaturas solicitadas e associadas à esse envelope



ASSINADO - Mirian Do Amaral Jonis Silva (mirian.silva@ufes.br)

Data/Hora: 03/10/2023 - 13:33:39, IP: 200.137.65.107

[SHA256]: c738333e488f67176305b6f8d660de8609f40abdf72bcd34fe96d7e62fa571e0



ASSINADO - elianefs@gmail.com

Data/Hora: 03/10/2023 - 14:00:29, IP: 189.38.46.186

[SHA256]: 8e54f5d22b951babf4bc17152ca302c34312ceaaf8ac593a2d8598a65e770ba8



ASSINADO - Flavio Gimenes Alvarenga (flavio.alvarenga@ufes.br)

Data/Hora: 03/10/2023 - 14:02:34, IP: 200.137.65.102, Geolocalização: [-20.275667, -40.304162]

[SHA256]: 2551a22622ebbe7927d191b521f6bfdd905505d924b47cfeb6f7c4d5b551095b

Histórico de eventos registrados neste envelope

03/10/2023 14:02:34 - Envelope finalizado por flavio.alvarenga@ufes.br, IP 200.137.65.102

03/10/2023 14:02:34 - Assinatura realizada por flavio.alvarenga@ufes.br, IP 200.137.65.102

03/10/2023 14:02:31 - Envelope visualizado por flavio.alvarenga@ufes.br, IP 200.137.65.102

03/10/2023 14:00:29 - Assinatura realizada por elianefs@gmail.com, IP 189.38.46.186

03/10/2023 13:33:39 - Assinatura realizada por mirian.silva@ufes.br, IP 200.137.65.107

03/10/2023 13:33:33 - Envelope visualizado por mirian.silva@ufes.br, IP 200.137.65.107

03/10/2023 13:32:57 - Envelope registrado na Blockchain por mirian.silva@ufes.br, IP 200.137.65.107

03/10/2023 13:32:56 - Envelope encaminhado para assinaturas por mirian.silva@ufes.br, IP 200.137.65.107

03/10/2023 13:29:24 - Envelope criado por mirian.silva@ufes.br, IP 200.137.65.107

*A todos que fazem parte desta grande vitória da
minha vida e de maneira especial a Deus, à
minha esposa Lucimaria e meus filhos.*

Agradecimentos

Primeiramente ao Deus sustentador, que sempre renova minhas forças.

A minha orientadora prof.^a Dr^a. Mírian do Amaral Jonis Silva, sempre disposta e paciente para me auxiliar em meu crescimento profissional.

À minha esposa Lucimaria, ao meu filho João Pedro e minha filha Maria Luiza que tiveram paciência e me deram ânimo para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de curso da turma 2021/1 que me ajudaram direto e indiretamente.

Aos professores do PPGEnFis, que dispuseram nos enriquecer com seus conhecimentos e ensinamentos, em especial aos professores Flávio Alvarenga, Geide Rosa e Giuseppi Gava.

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) que ofereceu o Programa de Pós-graduação em Ensino de Física (PPGEnFis)

*“Ensinar não é transferir conhecimento,
mas criar possibilidades para sua própria
produção ou a sua construção”.*

Paulo Freire

SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CBE	Currículo Básico Estadual
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo

LISTA DE FIGURA

Figura 1:	Fluxo de corrente.....	29
Figura 2:	Cilindro de corrente.....	30
Figura 3:	Circuito com resistor e bateria com resistência.....	32
Figura 4:	Gráficos de condutores ôhmicos e não ôhmicos.....	33
Figura 5:	Efeito Fotoelétrico.....	36
Figura 6:	Estrutura cristalina de uma célula de silício.....	37
Figura 7:	1. Silício não dopado; 2. Silício dopado tipo-n com doador de elétrons (fósforo); 3. Silício dopado tipo-p com aceitador de elétrons (boro).....	38
Figura 8:	Módulo de silício monocristalino e módulo de silício policristalino.....	39
Figura 9:	Estrutura de uma célula fotovoltaica.....	40
Figura 10:	Zona de depleção.....	40
Figura 11:	O efeito fotovoltaico e a célula fotovoltaica.....	41
Figura 12:	O espectro eletromagnético.....	42
Figura 13:	Proposições dos alunos sobre a finalidade dos fios.....	56
Figura 14:	Proposições dos alunos para acender uma lâmpada elétrica.....	57
Figura 15:	Proposições dos alunos sobre os riscos de soltar pipas com linha de cerol	58
Figura 16:	Proposição dos alunos sobre os pássaros e os fios e cabos elétricos.....	59
Figura 17:	Proposições dos alunos sobre a utilização da resistência elétrica no dia a dia.....	60
Figura 18:	Proposições dos alunos sobre o aquecimento da lâmpada incandescente	61
Figura 19:	Proposições dos alunos sobre de aparelhos elétricos.....	62
Figura 20:	Proposições dos alunos sobre o consumo de energia residencial.....	62
Figura 21:	Aferição da tensão da mini placa fotovoltaica com o lado frontal voltado para baixo.....	66
Figura 22:	Aferição da tensão da mini placa fotovoltaica com o lado frontal voltado para cima.....	66
Figura 23:	Aferição da tensão de três mini placas fotovoltaicas ligadas em série.....	67
Figura 24:	Constatação da tensão elétrica a partir do efeito fotovoltaico com uso de um multímetro e constatação da corrente elétrica através do brilho do Led.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Habilidades de Ciências da Natureza.....	17
Quadro 2: Algumas ideias e dificuldades de aprendizagem relacionadas com a eletricidade.....	26
Quadro 3: Quadro sintético da sequência didática.....	45

TABELA

Tabela 1: Exemplos de materiais com sua respectiva largura de banda proibida (E_g) e classificação como isolante ou condutor.....37

Sumário

1 – Introdução	16
2 - Referencial Teórico	20
2.1 - Os três Momentos Pedagógicos.....	20
2.2 - O Enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS).....	21
2.2 - O Enfoque CTS na BNCC em Ciências da Natureza.....	23
2.3 - Eletricidade: Uma Breve História.....	25
2.4 - Fundamentação Teórica em Física.....	28
2.4.1 - Intensidade e Densidade de Corrente Elétrica.....	28
2.4.2 - Força Eletromotriz e Tensão Elétrica (ddp).....	31
2.4.3 - Resistência e Lei de Ohm.....	32
2.4.4 - Potência Elétrica.....	34
2.4.5 - A Origem da Teoria dos Quanta (Fóton).....	34
2.4.6 - O Efeito Fotoelétrico.....	35
2.4.7 - Os Semicodutores.....	36
2.4.8 - A Célula Fotovoltaica.....	38
2.4.9 - O Efeito Fotovoltaico em uma Célula de Silício.....	41
3 – Metodologia	44
3.1 – Objetivos.....	44
3.2 – Sujeitos.....	45
3.3 – Descrição do Produto Educacional.....	45
3.4 - Instrumentos de Coleta de Dados.....	55
4 - Análise de Dados	56
4.1 - Análise da Problematização Inicial: Uso de Termos e Concepções.....	56
4.1.1 - Problematizando a Corrente Elétrica.....	56
4.1.2 - Problematizando a Tensão Elétrica.....	58
4.1.3 - Problematizando a Resistência Elétrica.....	60
4.1.4 - Problematizando a Potência Elétrica.....	62

4.2 - Análise do Momento de Organização do Conhecimento: apropriação dos conceitos Básicos de Eletricidade.....	63
4.2.1- Corrente Elétrica.....	63
4.2.2 - Tensão Elétrica (ddp).....	64
4.2.2.1 - Atividade Experimental: geração de tensão e corrente elétrica a partir do Efeito Fotovoltaico.....	65
4.2.3 - Resistência Elétrica.....	69
4.2.4 - Potência Elétrica.....	69
4.3 - Análise da Aplicação do Conhecimento: os conceitos de eletricidade utilizados no cotidiano dialogando com a perspectiva CTS.....	70
4.3.1 - Analisar o "consumo" de energia elétrica de eletrodomésticos.....	70
4.3.2 - Identificar os equipamentos de maior eficiência energética.....	71
4.3.3 - Entender os dados da fatura de energia elétrica.....	72
4.3.4 - Compreender os temas energia renovável e energias "Limpas".....	72
4.3.5 - Propor possíveis soluções para problemas envolvendo redução do consumo de energia elétrica em uma residência.....	73
5 – Conclusão.....	75
6 – Referências Bibliográficas.....	76
APÊNDICE – Produto Educacional.....	79

Resumo

Este trabalho é uma pesquisa do tipo intervenção pedagógica no qual foi investigado a formação de conceitos básicos de eletricidade referentes à eletrodinâmica clássica, a partir da aplicação de uma sequência didática sistematizada nos três momentos pedagógicos com enfoque CTS com uso da energia fotovoltaica no ensino fundamental. A sequência didática é constituída de 12 (doze) aulas e foi aplicada em duas turmas do oitavo ano do ensino fundamental, com um total de 71 alunos, em uma escola da rede estadual de ensino, no município de Cariacica/ES. A sequência de ensino foi desenvolvida nos três momentos pedagógicos. As especificidades de cada um deles são as seguintes: momento da problematização inicial, onde foram apresentadas questões que relacionam os conceitos básicos de eletricidade as situações que os alunos presenciam no dia a dia; momento da organização do conhecimento, no qual, os conceitos básicos de eletricidade foram sistematicamente estudados sob mediação do professor, por meio de aulas expositivas dialogadas e utilização de materiais instrucionais, tais como: experimentos e simulação computacional PhET (Physics Education Technology Project), disponibilizada gratuitamente na internet pela Universidade do Colorado, que simula virtualmente montagens de circuitos elétricos, uma simulação demonstrativa do simulador Vascak e momento da aplicação do conhecimento, onde foram apresentadas questões para abordagem dos conceitos de eletricidade utilizados no cotidiano dialogando com a perspectiva CTS. O movimento analítico enfatizou o processo de apropriação de termos científicos ligados à eletricidade, à identificação dos indícios da construção de conceitos relacionados as grandezas elétricas e a aplicação prática desses conhecimentos científicos e tecnológicos aos diversos contextos sociais. Os resultados analíticos mostraram indícios de que os alunos se aproximaram dos conceitos cientificamente aceitos e que, portanto, a atividade educativa desenvolvida em três momentos pedagógicos com o enfoque CTS com uso da energia fotovoltaica, na forma como foi conduzida, é uma alternativa pedagógica válida e apropriada para o ensino de conceitos básicos de eletricidade referentes à eletrodinâmica clássica, numa perspectiva sociocientífica.

Palavras-Chave: Eletricidade, Os Três Momentos Pedagógicos, Enfoque CTS, Energia Fotovoltaica.

Abstract

This work is research of the pedagogical intervention type in which the formation of basic concepts of electricity related to classical electrodynamics was investigated, from the application of a systematized didactic sequence in the three pedagogical moments with a CTS approach with the use of photovoltaic energy in elementary education. The didactic sequence consists of 12 (twelve) classes and was applied in two classes of the eighth year of elementary school, with a total of 71 students, in a school of the state education network, in the municipality of Cariacica/ES. The teaching sequence was developed in the three pedagogical moments. The specifics of each one of them are the following: moment of the initial problematization, where questions were presented that relate the basic concepts of electricity to the situations that the students witness in their daily lives; moment of knowledge organization, in which the basic concepts of electricity were systematically studied under the teacher's mediation, through dialogued expository classes and use of instructional materials, such as: experiments and computer simulation PhET (Physics Education Technology Project), made available free on the internet by the University of Colorado, which virtually simulates assemblies of electrical circuits, a demonstrative simulation of the Vascak simulator and moment of the application of knowledge, where questions were presented to approach the concepts of electricity used in daily life, dialoguing with the STS perspective. The analytical movement emphasized the appropriation process of scientific terms related to electricity, the identification of evidence of the construction of concepts related to electrical magnitudes and the practical application of this scientific and technological knowledge to different social contexts. The analytical results showed evidence that the students approached the scientifically accepted concepts and that, therefore, the educational activity developed in three pedagogical moments with the STS approach using photovoltaic energy, in the way it was

conducted, is a valid pedagogical alternative and suitable for teaching basic concepts of electricity referring to classical electrodynamics, from a socio-scientific perspective.

Key words: Electricity, The Three Pedagogical Moments, CTS approach, Photovoltaic Energy.

1 – INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi motivada por atuar a vários anos como professor do Ensino Fundamental, estou em contato com as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de conceitos físicos nas aulas de Ciências, visto que, as dificuldades enfrentadas no cotidiano escolar perpassam desde a sistematização das práticas mediante a rotina das aulas, o domínio dos conceitos científicos pelos professores e a constante necessidade de criar alternativas de ensino que efetivamente possibilitem a formação de conceitos científicos pelos alunos.

Os conteúdos de Ciências da Natureza que abordam os diversos fenômenos físicos são imprescindíveis para o estudo e compreensão das diversas tecnologias, ressaltando a importância da abordagem dos conceitos físicos no ensino fundamental, no entanto, o estudo de Ciências, no que se refere os fenômenos físicos, restrito apenas ao livro didático, praticado por meio de aulas baseadas na transmissão e acúmulo de conteúdo, em que os estudantes de forma passiva, recebem as informações e efetuam resoluções baseadas em fórmulas, que são determinadas pelo professor, tem gerado dificuldade no entendimento dos conteúdos e promovido a falta de interesse pela disciplina. Esta postura por parte de alguns educadores, vai contra os documentos orientadores da educação básica. “O educador como mediador nessa relação deve entender a prática pedagógica como um processo de construção que exige disposição, determinação e aceitação da necessidade de mudança e de renovação da prática” (BACHELARD, 1996). O ensino de Ciências tem como uma de suas premissas a formação de cidadãos críticos, capazes de decidir sobre questões sociocientíficas e ambientais.

Analisando os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), de 1997 e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2017, documento orientador da educação básica elaborado à luz do que diz os PCNs, percebe-se que o ensino de Ciências no Ensino Fundamental está direcionado para uma perspectiva investigativa associada ao movimento curricular Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente .

Dentre os fenômenos físicos, estudados no ensino fundamental, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Currículo Básico Estadual (CBE) do Estado do Espírito Santo, define como objeto de conhecimento para o 8º ano a eletricidade e as habilidades a serem trabalhadas, conforme o quadro a seguir.

Quadro 1: Habilidades de Ciências da Natureza

HABIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA PARA O 8º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL
Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.
Construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais.
Classificar equipamentos elétricos residenciais (chuveiro, ferro, lâmpadas, TV, rádio, geladeira etc.) de acordo com o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para a térmica, luminosa, sonora e mecânica, por exemplo).
Calcular o consumo de eletrodomésticos a partir dos dados de potência (descritos no próprio equipamento) e tempo médio de uso para avaliar o impacto de cada equipamento no consumo doméstico mensal.
Propor ações coletivas para otimizar o uso de energia elétrica em sua escola e/ou comunidade, com base na seleção de equipamentos segundo critérios de sustentabilidade (consumo de energia e eficiência energética) e hábitos de consumo responsável.
Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.

Fonte: BRASIL, 2017, p. 349

Os fenômenos elétricos são comuns em nosso dia a dia e dada a importância destes fenômenos no desenvolvimento de diversos dispositivos tecnológicos e o uso diário de aparelhos elétricos, vários termos se torna algo familiar para os estudantes do ensino fundamental e já apresentam numerosos conceitos espontâneos que diferem daqueles que se pretende transmitir por meio do ensino das Ciências da Natureza. Segundo Pozo e Crespo (2009 p.228), “a teoria do aluno é bastante diferente da teoria científica e está baseada naquilo que observa diretamente”. E todos os conceitos são incorporados como sinônimos de “eletricidade”. Baseado neste entendimento questiona-se: “Uma sequência didática construída e aplicada no 8º ano do Ensino Fundamental, através da dinâmica metodológica dos Três Momentos Pedagógicos com enfoque CTS com uso da energia fotovoltaica é capaz de contribuir com a formação de conceitos científicos de eletricidade referentes à eletrodinâmica clássica?”

A partir da questão norteadora da nossa pesquisa elaboramos três objetivos específicos: Validar o desenvolvimento de uma sequência didática envolvendo conceitos de eletricidade relacionados à eletrodinâmica, com enfoque CTS a partir da abordagem pedagógica dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1991); Analisar o processo de formação de conceitos de grandezas elétricas pelos alunos no decorrer da sequência didática;

Verificar a conscientização da sustentabilidade na geração e no uso da energia elétrica. O presente trabalho traz em seu apêndice uma sequência didática composta de 12 (doze) aulas para o ensino de eletricidade no ensino fundamental com uso da energia fotovoltaica a fim de propiciar um ambiente de atividades investigativas, colaborando com a apropriação dos termos básicos da eletricidade, com a formação de conceitos científicos pertencentes a eletrodinâmica e com a aplicação prática do conhecimento científico e tecnológicos aos diversos contextos sociais.

Vale ressaltar ainda que o uso da energia fotovoltaica nos possibilita a abordagem de três habilidades da BNCC de Ciências da Natureza para o oitavo ano do ensino fundamental: Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades; Construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais e Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.

A sequência de ensino foi desenvolvida em três momentos pedagógicos: as especificidades de cada um deles são as seguintes: momento da problematização inicial, onde foram apresentadas questões que relacionam os conceitos básicos de eletricidade as situações que os alunos presenciam no dia a dia; momento da organização do conhecimento, no qual, os conceitos básicos de eletricidade foram sistematicamente estudados sob mediação do professor, por meio de aulas expositivas dialogadas e utilização de materiais instrucionais, tais como: experimentos e simulação computacional PhET (Physics Education Technology Project), disponibilizada gratuitamente na internet pela Universidade do Colorado, que simula virtualmente montagens de circuitos elétricos, uma simulação demonstrativa do simulador Vascak e momento da aplicação do conhecimento, onde foram apresentadas questões para abordagem das dimensões científica, tecnológica e social da energia elétrica.

A partir disso, para nos ajudar a delimitar nossa pesquisa, elaboramos o seguinte objetivo Geral: Aplicar e investigar os indícios de formação de conceitos científicos de eletricidade relacionados à eletrodinâmica clássica, por meio do desenvolvimento de uma sequência de ensino com o uso da energia fotovoltaica.

Essa dissertação apresenta no Capítulo 2, o referencial teórico que nos guiou nesta pesquisa. Ele se divide em duas partes, a primeira é relativa ao referencial que nos

orientou na construção da sequência didática e na segunda parte temos o referencial que nos orientou na análise dos dados da pesquisa.

No capítulo 3 descreve-se os métodos e as técnicas que foram utilizados nesse estudo. Já no capítulo 4, apresenta-se a análise qualitativa dos dados obtidos a partir do desenvolvimento da sequência didática, enfatizando o enfoque CTS e a categorização das concepções de Pozo e Crespo acerca da eletricidade .

No Capítulo 5, apresenta-se a conclusão na busca de evidenciar se os objetivos desta pesquisa, que utilizou a energia fotovoltaica para ensino e formação de conceitos científicos de eletricidade foram atingidos.

Esta dissertação também apresenta uma seção com as referências, seguida de um apêndice contendo o produto gerado nesta pesquisa.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo iremos descrever o referencial teórico que nos guiou nesta pesquisa. Ele se divide em duas partes, a primeira é relativa ao referencial que nos orientou na construção da sequência didática: os Três Momentos Pedagógicos. Já na segunda parte temos o referencial que nos orientou na análise dos dados da pesquisa, após a aplicação da sequência didática, tendo como base o enfoque CTS e as concepções de Pozo e Crespo acerca das ideias e dificuldades de aprendizagem relacionadas com a eletricidade.

2.1 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

O planejamento da sequência didática está ancorado na abordagem metodológica de Delizoicov e Angotti (1990), que propõem o desenvolvimento da atividade educativa em “Três Momentos Pedagógicos”, com as seguintes especificidades: Primeiro momento – problematização inicial; segundo momento – organização do conhecimento e o Terceiro momento – aplicação do conhecimento.

A organização da prática didático-pedagógica para o desenvolvimento das atividades voltadas para os conceitos de eletrodinâmica e para a conscientização da sustentabilidade da energia elétrica contempla o enfoque CTS sobre as tecnologias empregadas na obtenção de energia elétrica, seguindo a dinâmica dos “Três Momentos Pedagógicos” (DELIZOICOV e ANGOTTI).

Segundo Delizoicov e Angotti (1990) a atividade educativa pode ser desenvolvida assim:

Primeiro Momento - Problematização Inicial

O objetivo desse momento é despertar o senso crítico do aluno e que ele sinta a necessidade de aquisição de outros conhecimentos para a resolução da situação-problema. O professor deve exercer um papel mais questionador e lançar dúvidas ao invés de explicações.

Delizoicov e Angotti (1990a) comentam que, na problematização, são apresentadas questões e/ou situações para discussão com os alunos. Com relação à função do Primeiro Momento, enfatizam que:

Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque, provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes. (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 29)

Segundo Momento - Organização do Conhecimento

Neste momento serão desenvolvidos conceitos, definições e relações necessárias a resolução da situação problematizada no primeiro momento.

Os autores explicam que, no segundo momento, os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial serão sistematicamente estudados sob orientação do professor. Com relação ao núcleo do conteúdo específico de cada tópico, Delizoicov e Angotti (1990a, p. 30) afirmam que:

[...] será preparado e desenvolvido, durante o número de aulas necessárias, em função dos objetivos definidos e do livro didático ou outro recurso pelo qual o professor tenha optado para o seu curso. Serão ressaltados pontos importantes e sugeridas atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem.

Terceiro Momento - Aplicação do Conhecimento

Serão propostas atividades para que os alunos apliquem os conhecimentos científicos adquiridos, analisando, interpretando e resolvendo situações-problemas.

Ao apresentar esse momento pedagógico, os autores afirmam que:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 31).

A metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MPs), consiste em abordar o tema a ser estudo através de três momentos distintos, a problematização inicial (PI), a organização do conhecimento (OC) e a aplicação do conhecimento (AC) (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1994; DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002; DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991; MUENCHEN, 2010).

Na busca de subsídios teóricos para formulação de nossa prática pedagógica, encontramos no enfoque CTS elementos que potencializam a apropriação dos conceitos científicos por parte dos estudantes.

2.2 O ENFOQUE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE (CTS)

É de grande importância que o enfoque Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS) esteja presente no ensino, nas pesquisas e nas disciplinas científicas, cujo propósito é desenvolver sujeitos que sejam críticos e reflexivos, acerca do desenvolvimento científico e tecnológico, em uma sociedade democrática (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

A visão da Ciência como detentora de verdades absolutas e isentas de valores foi superada pela abordagem conhecida como Ciência-Tecnologia e Sociedade (CTS), a qual busca compreender a Ciência como uma atividade humana, cuja produção é influenciada pelo contexto social e histórico no qual se desenvolve.

De acordo com Santos e Schnetzler (1997), o movimento Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS) surge no Brasil por volta da década de 1970. Origina-se a partir de diversas considerações sobre o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade moderna.

O progresso científico e tecnológico revelado no sucesso das bombas atômicas na Segunda Guerra Mundial, resultaram em muitas mortes, contaminações e impactos ambientais. Isso fez com que a euforia diminuísse em relação aos resultados da ciência, e influenciou grandes mobilizações e manifestações sociais, contrárias aos modelos linear e tradicional de progresso científico, que não correspondia a interpretação correta de como o desenvolvimento da ciência acontece, impactando a própria sociedade (AULER; BAZZO, 2001).

Essa concepção permeou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que até recentemente, era o principal documento de referência do ensino de Ciências Naturais, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais para o 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental:

Mostrar a Ciência como elaboração humana para uma compreensão do mundo é uma meta para o ensino da área na escola fundamental. Seus conceitos e procedimentos contribuem para o questionamento do que se vê e se ouve, para interpretar os fenômenos da natureza, para compreender como a sociedade nela intervém utilizando seus recursos e criando um meio social e tecnológico. É necessário favorecer o desenvolvimento de postura reflexiva e investigativa, de não-aceitação, a priori, de ideias e informações, assim como a percepção dos limites das explicações, inclusive dos modelos científicos, colaborando para a construção da autonomia de pensamento e de ação (BRASIL, 1998, p. 22-23).

A visão da Ciência como detentora de verdades absolutas e isentas de valores foi superada pela abordagem conhecida como Ciência-Tecnologia e Sociedade (CTS), a qual busca compreender a Ciência como uma atividade humana, cuja produção é influenciada pelo contexto social e histórico no qual se desenvolve.

O objetivo central desse ensino [CTS] na educação básica é promover a educação científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS, 2007, p. 2).

2.2.1 O ENFOQUE CTS NA BNCC EM CIÊNCIAS DA NATUREZA

A abordagem CTS fica evidente logo na 1ª competência específica definida para as Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental:

Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico (BRASIL, 2017, p.322).

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimento humanos e sociais. A BNCC, traz como proposta a discussão do papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (BRASIL, 2017, p. 549).

Uma possibilidade para a incorporação do enfoque CTS na organização de um currículo de ciências da natureza pode ocorrer a partir da dimensão da contextualização, a qual tem um papel essencial no ensino de ciências, destacado pela Base Nacional Comum Curricular (2017, p. 273):

A sociedade contemporânea está fortemente organizada com base no desenvolvimento científico e tecnológico. Da metalurgia, que produziu ferramentas e armas, passando por máquinas e motores automatizados, até os atuais chips semicondutores, ciência e tecnologia vêm se desenvolvendo de forma integrada com os modos de vida que as diversas sociedades humanas organizaram ao longo da história. No entanto, o mesmo desenvolvimento científico e tecnológico que resulta em novos ou melhores produtos e serviços também pode promover desequilíbrios na natureza e na sociedade. Para debater e tomar posição sobre alimentos, medicamentos, combustíveis, transportes, comunicações, contracepção, saneamento e manutenção da vida na Terra, entre muitos outros temas, são imprescindíveis tanto conhecimentos éticos, políticos e culturais quanto científicos.

A educação é um componente fundamental para a formação de um cidadão que seja crítico, reflexivo, atuante e capacitado para o exercício da cidadania.

Desse modo, temos como uma das responsabilidades da nossa área, nos comprometer com a Alfabetização Científica e Tecnológica dos indivíduos para compreender a ocorrência dos fenômenos naturais, políticos, econômicos e sociais na sua totalidade.

O enfoque CTS é um conceito-chave da BNCC expresso em vários momentos do texto referente às Ciências da Natureza, isto provoca novas discussões e reflexões no modo de organizar os momentos de aprendizagem pelos estudantes da Educação Básica.

A BNCC estabelece que o letramento científico deva ser desenvolvido ao longo do Ensino Fundamental, atribuindo aos educandos a capacidade de compreender, interpretar, e transformar o mundo, fundamentados nos conhecimentos teóricos. O

letramento científico pode ser entendido como um conjunto de ações que visam desenvolver no estudante a capacidade de compreender e interpretar o mundo em suas esferas natural, social e tecnológica (BRASIL,2017).

Duas competências gerais da BNCC propostas para a educação básica têm forte relação com o ensino de Ciências:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta (BRASIL, 2017, p.9).

A aquisição de conhecimento científico permite que os cidadãos estejam bem-informados para participar de forma esclarecida das decisões que interferem em toda a coletividade.

A despeito de sua importância descrita nos documentos orientadores da educação básica, o ensino de Ciências Naturais tem sido constantemente conduzido de forma irrelevante e sem conexão com o cotidiano. A abordagem dos conteúdos de ciências através de definições, classificações e fórmulas, meramente decoradas pelos estudantes, não contribuem na construção de significados pelo sujeito da aprendizagem (BRASIL, 1997, p.26).

Os estudantes desenvolvem em suas vivências fora da escola uma série de explicações acerca dos fenômenos naturais e dos produtos tecnológicos, que podem ter uma lógica diferente da lógica das Ciências Naturais, embora, às vezes a ela se assemelhe. De alguma forma, essas explicações satisfazem suas curiosidades e fornecem respostas às suas indagações. São elas o ponto de partida para o trabalho de construção de conhecimentos (BRASIL,1998, p. 119).

As teorias científicas não são passíveis de acesso direto pelos alunos de ensino fundamental. Uma maneira efetiva de se reduzir a complexidade das teorias científicas, que requer um alto nível de abstração é a mobilização de conhecimentos adquiridos no cotidiano.

Quando nos propomos a estudar os conceitos básicos de eletricidade utilizados em nosso cotidiano é importante ressaltar que a aplicação prática da eletricidade é precedida de uma longa história, iniciando-se com os relatos de observações de fenômenos elétricos na antiguidade até o seu uso generalizado, no final do século XIX.

2.3 ELETRICIDADE: UMA BREVE HISTÓRIA

Quando perguntamos aos nossos alunos do ensino fundamental o que é eletricidade, a maioria a remete a energia elétrica, por se tratar de um termo já familiar entre os estudantes.

“Eletricidade é um termo ligado aos elétrons, que se manifesta por atrações e repulsões, assim como por fenômenos luminosos, químicos e mecânicos. Existe em estado potencial (eletricidade estática), como carga (tensão), ou, em forma cinética (eletricidade dinâmica), como corrente” (SANTOS, 2015, p.9).

A energia elétrica, se manifesta no movimento de partículas carregadas na superfície de um material condutor.

Os fenômenos elétricos são conhecidos desde a antiguidade, mas seu estudo não se desenvolveu em profundidade até o século XIX.

O primeiro relato documentado de uma observação de fenômenos elétricos é atribuído ao filósofo grego Tales de Mileto. Por volta de 600 a.c. Tales percebeu que, quando esfregado em tiras de couro, o âmbar (uma resina vegetal fóssil) tinha a capacidade de atrair pequenos objetos, como folhas secas. O âmbar, que em grego é chamado de *elektron*, deu nome à partícula que origina a maior parte dos fenômenos elétricos, o elétron.

No ano de 1600, o cientista inglês William Gilbert, primeiro a estudar sistematicamente a eletricidade e o magnetismo, verificou que outros materiais, além do âmbar, adquiriam, quando atritados, a propriedade de atrair outros corpos. Ele chamou a força observada de elétrica.

A essa eletrificação atribuiu a existência de um “fluido” que, depois de removido de um corpo por fricção, deixava uma “emanação”. Embora a linguagem utilizada seja curiosa, as noções de Gilbert se aproximam dos conceitos modernos, desde que a palavra fluido seja substituída por “carga”, e emanação por “campo elétrico”.

No século XVIII, o francês Charles François de Cisternay Du Fay comprovou a existência de dois tipos de força elétrica: uma de atração, já conhecida, e outra de repulsão. Suas observações foram depois organizadas por Benjamin Franklin, que atribuiu sinais – positivo e negativo – para distinguir os dois tipos de carga. Nessa época, já haviam sido reconhecidas duas classes de materiais: isolantes e condutores.

Foi Benjamin Franklin quem demonstrou, pela primeira vez, que o relâmpago é um fenômeno elétrico, com sua famosa experiência com uma pipa. Ao empinar a pipa num dia de tempestade, conseguiu obter efeitos elétricos através da linha e percebeu, então, que o relâmpago resultava do desequilíbrio elétrico entre a nuvem e o solo.

A partir dessa experiência, Franklin produziu o primeiro para-raios. No final do século XVIII, importantes descobrimentos no estudo das cargas estacionárias foram conseguidos com os trabalhos de Joseph Priestley, Lord Henry Cavendish, Charles-Augustin de Coulomb e Siméon-Denis Poisson. Os caminhos estavam abertos e em poucos anos os avanços dessa ciência foram espetaculares.

Em 1800, o conde Alessandro Volta inventou a pilha elétrica, ou bateria, logo transformada por outros pesquisadores em fonte de corrente elétrica de aplicação prática. Em 1820, André-Marie Ampère demonstrou as relações entre correntes paralelas e, em 1831, Michael Faraday fez descobertas que levaram ao desenvolvimento do dínamo, do motor elétrico e do transformador.

As pesquisas sobre o poder dos materiais de conduzir energia estática, iniciadas por Cavendish em 1775, foram aprofundadas na Alemanha pelo físico Georg Simon Ohm. Publicada em 1827, a lei de Ohm até hoje orienta o desenho de projetos elétricos. James Clerk Maxwell encerrou um ciclo da história da eletricidade, ao formular as equações que unificam a descrição dos comportamentos elétrico e magnético da matéria.

Na atualidade dada a importância deste fenômeno no desenvolvimento de diversos dispositivos tecnológicos e o uso diário de aparelhos elétricos, a eletricidade é algo familiar para os estudantes do ensino fundamental e médio, mas apresentam numerosas ideias que diferem daquelas que se pretende transmitir por meio do ensino das Ciências da Natureza e que provocam dificuldade de aprendizagem no contexto escolar. A maioria dessas ideias surge da observação da realidade cotidiana a partir do marco de suas teorias implícitas.

Segundo Pozo e Crespo (2009), “a teoria do aluno é bastante diferente da teoria científica e está baseada naquilo que observa diretamente e todos os conceitos são incorporados como sinônimos de eletricidade”. Trata-se das tão discutidas concepções alternativas.

No quadro 2, destacam-se algumas das ideias e dificuldade de aprendizagem relacionadas com a eletricidade, apresentadas por Pozo e Crespo (2009).

Quadro 2: Algumas ideias e dificuldade de aprendizagem relacionadas com a eletricidade.

Algumas ideias e dificuldade de aprendizagem relacionadas com a eletricidade

Utilização dos termos envolvidos no estudo dos fenômenos elétricos

Aparecem dificuldades para distinguir e utilizar como “diferença de potência”, “voltagem”, “corrente”, “energia”, “potência” etc. Os termos “corrente elétrica”, “eletricidade” e “voltagem” são utilizados como sinônimos.

A corrente elétrica como fluido material

A corrente elétrica é concebida como fluido material que está armazenada na pilha e é consumido pela lâmpada; os fios seriam apenas o veículo que permite a corrente de um lugar para o outro.

Problemas com os circuitos

Os alunos não veem a necessidade de fechar um circuito para que haja uma corrente. Quando se pede que desenhem as conexões de uma lâmpada para que ligue, propõem modelos nos quais há somente um fio que une os dois dispositivos, ou dois fios, indicando que a corrente viaja da pilha para a lâmpada pelos dois fios ao mesmo tempo. Às vezes, pelo segundo fio sequer passa corrente.

A função das pilhas

As pilhas são concebidas como armazenadores do fluido (energia, carga elétrica, voltagem, eletricidade, corrente etc.) que é necessário transportar para lâmpada. Para muitos, seria um armazenador de eletricidade que, através dos polos, encarrega-se de injetá-la nos cabos. As pilhas proporcionam uma corrente constante, independente do circuito a que estejam conectadas.

O circuito como sistema de interação

Uma vez aceita – mesmo que não necessariamente compreendida – a necessidade de um circuito fechado para que circule a corrente elétrica, os alunos não aceitam que o circuito seja um sistema de interação no qual qualquer mudança afeta globalmente todo circuito. Eles tendem a analisar localmente e em separado cada uma das partes do circuito, de modo que interpretam que a corrente vai gastando ou debilitando segundo atravessa os diferentes elementos que compõem o circuito, de maneira que volta para a pilha menos corrente do que a fornecida inicialmente. É o que tem sido chamado de raciocínio sequencial.

A utilização do termo “voltagem”

Os termos “voltagem” e “diferença de potencial” são muito pouco utilizados nas explicações que os alunos dão para os fenômenos elétricos e os circuitos, e quando os utilizam muitas vezes é como sinônimo de corrente elétrica. Outras

vezes, tendem a interpretar a voltagem ou a diferença de potencial como sendo uma propriedade da corrente ou uma consequência desta, em vez de considerar a corrente como uma consequência da diferença de potencial entre dois pontos de um condutor.

Dificuldades na interpretação dos diagramas que representam um circuito

Os alunos enfrentam dificuldades para interpretar as representações gráficas dos circuitos. Não são capazes de associar os circuitos reais com suas representações gráficas, mesmo quando trata de montagens simples. Se no diagrama for mudada a posição de algum dos elementos auxiliares, ainda que representem situações fisicamente idênticas, interpretam que se obtêm circuitos diferentes.

Fonte: Pozo e Crespo (2009, p. 223)

A partir das ideias e dificuldade de aprendizagem relacionadas com a eletricidade, apresentadas por Pozo e Crespo, pudemos fazer essa constatação, bem como, contribuir para a aprendizagem dos conceitos físicos de eletricidade em turmas do oitavo ano do ensino fundamental, através da aplicação de uma sequência didática destinada a abordagem dos conceitos básicos de eletrodinâmica.

2.4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM FÍSICA

Nesta subseção abordaremos os conceitos básicos da eletrodinâmica clássica fundamentais para o entendimento do processo de geração da energia elétrica como a corrente elétrica, a tensão elétrica ou diferença de potencial (ddp), a resistência elétrica e a potência elétrica e serão apresentados os conceitos físicos importantes à compreensão do efeito fotovoltaico. Para tanto, discutiremos sucintamente sobre a teoria da quantização de energia, proposta por Max Planck, o efeito fotoelétrico, os tipos de semicondutores e a composição das células fotovoltaicas.

2.4.1 Intensidade e Densidade de Corrente Elétrica

A corrente elétrica é o movimento ordenado de portadores de cargas, como elétrons e os íons, dentro de um sistema condutor, devido a uma diferença de potencial entre as extremidades.

A intensidade i da corrente através de uma dada secção de um fio condutor é definida como a quantidade de carga dq que atravessa essa secção por unidade de tempo dt , representada pela equação:

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

A unidade de corrente elétrica no SI é o ampère (A) ou coulomb por segundo (C/s). Numa corrente de 1A, a secção do fio é atravessada a cada segundo por 1C de carga equivalente a:

$$\frac{1 \text{ C}}{e} = \frac{1 \text{ C}}{1,6 \times 10^{-19}} = 6,2 \times 10^{18} \text{elétrons} \quad (2)$$

A corrente instantânea i pode ser definida como sendo o limite de Δt tendendo a zero na forma da derivada da carga em relação ao tempo:

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \quad (3)$$

Podemos determinar, por integração, a carga total escoada (q) no intervalo de tempo de 0 a t , na forma:

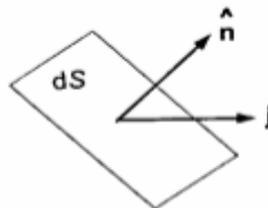
$$q = \int_0^t i dt. \quad (4)$$

A corrente elétrica que passa através do fio metálico é resultante dos elétrons livres

A corrente i é uma característica macroscópica de um condutor, como a massa, o volume ou o comprimento do fio. Uma quantidade microscópica a ela relacionada é o vetor densidade de corrente \vec{j} , definido como a corrente por unidade de área. Em particular considerando um elemento de área dS cujo versor da normal \hat{n} define essa orientação, a correspondente di que o atravessa pode ser considerada como o fluxo através de dS de um vetor \vec{j} :

$$di = j \cdot \hat{n} \cdot dS \quad (5)$$

Figura 1: Fluxo de corrente



Fonte: Nussenzveig (1997, p.100)

Onde j tem a direção e o sentido que corresponderiam ao movimento das cargas positivas, o vetor \vec{j} chama-se densidade de corrente que está associado à corrente por unidade de área, e suas unidades são: A/m^2 .

Quando uma carga flui por uma superfície, ela é descrita pela densidade superficial de corrente.

O módulo da densidade de corrente para todos os pontos dessa seção será dado por:

$$J = \frac{i}{A} \quad (6)$$

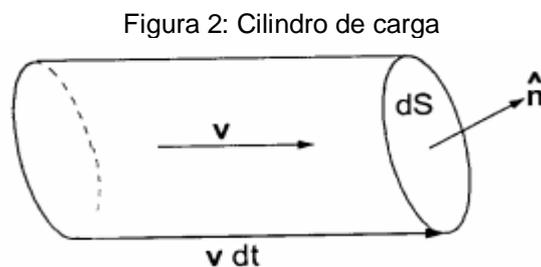
Dada uma superfície qualquer, que não necessita ser plana, situada no interior do condutor, é possível estabelecer-se uma relação entre j e i , onde i é o fluxo do vetor \vec{j} , através dessa superfície:

$$i = \int J \cdot dS \quad (7)$$

Onde dS é vetor associado a um elemento de área e a integral deve ser efetuada de modo a cobrir toda a superfície.

Conforme Nussenzveig (1997, p.100) os portadores da corrente pode ser de vários tipos conforme a natureza do meio em que passa a corrente. Nos condutores sólidos, os portadores de carga elétrica são os elétrons. Como exemplo de condutor sólido, temos os metais. Nos condutores líquidos, os portadores de carga elétrica são os íons (cátions e ânions). Como exemplo, temos as soluções iônicas. Já nos condutores gasosos, os portadores de carga elétrica são os elétrons e os íons. Como exemplo temos os gases ionizados.

Quando o fluxo da carga é distribuído em uma região tridimensional, nós o descrevemos como densidade volumétrica de corrente, J , (GRIFFITHS, 2011, p.148).



Fonte: Nussenzveig (1997, p.100)

Considere que os portadores sejam todos do mesmo tipo e se desloquem à mesma velocidade v . Nesse condição, a carga total que atravessará dS durante um intervalo de tempo dt é a carga contida num cilindro de base dS e geratrizes vdt , cujo volume é

$$dv = vdt \cdot \hat{n} \cdot dS \quad (8)$$

Se ρ é a densidade volumétrica de carga associada aos portadores, a carga total contida em dv é $dq = \rho dv$, logo, à contribuição a corrente será

$$di = \rho v \cdot \hat{n} dS \quad (9)$$

e, comparando com a expressão (9), vemos que

$$J = \rho v \quad (10)$$

Se a carga dos portadores é q e a densidade de portadores (número de portadores por unidade de volume) é n , temos

$$\rho = \hat{n}q \quad (11)$$

e

$$J = \hat{n}qv \quad (12)$$

2.4.2 Força Eletromotriz e Tensão Elétrica (ddp)

Para que se haja um movimento de cargas elétricas dentro de um sistema condutor é necessário estabelecer uma diferença de potencial (ddp) entre as extremidades do componente. O dispositivo que mantém a voltagem constante em um circuito é chamado fonte de fem (força eletromotriz), ou simplesmente fonte (SANTOS, 2015, p.93).

As fontes de fem são dispositivos como pilhas, baterias, placa fotovoltaicas, que aumentam a energia potencial de um circuito, mantendo uma diferença de potencial, entre pontos no circuito, enquanto cargas o atravessam. A fem de uma fonte descreve o trabalho realizado por unidade de carga, ou

$$\mathcal{E} = \frac{dW}{dq} \quad (13)$$

\mathcal{E} = força eletromotriz (fem).

A unidade da fem é o Volt (V), que pode ser definido como sendo 1 Joule de energia por 1 Coulomb de carga: $1V = 1J / 1C$.

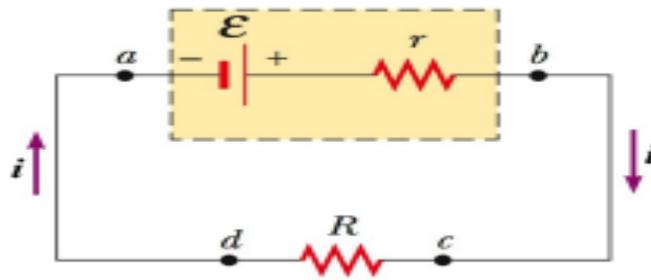
Por exemplo, a bateria tem resistência interna r que diminui voltagem de ri quando existe corrente.

Voltagem real entre extremidades da bateria é

$$\Delta V = \mathcal{E} - ri \quad (14)$$

Para uma bateria ideal, $r = 0$. Portanto. Se nenhuma corrente flui na bateria, $V = \mathcal{E}$. Desse modo, a diferença de potencial entre os terminais de uma bateria depende da corrente na bateria (SANTOS, 2015, p.95).

Figura 3: Circuito com resistor e bateria com resistência interna



Fonte: Serway 3ed.

2.4.3 Resistência Elétrica e Lei de Ohm

Resistência elétrica é a capacidade de um condutor qualquer se opor à passagem de corrente elétrica mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada.

Considere um trecho de um fio condutor de área transversal A e comprimento L . A diferença de potencial ΔV entre as extremidades do trecho é

$$\Delta V = EL \quad (15)$$

A partir desta relação pode-se expressar a magnitude da densidade da corrente no fio como

$$J = \sigma E = \sigma \frac{V}{L} \quad (16)$$

Onde σ é a condutividade elétrica do material.

Como $J = i \cdot A$, pode-se escrever a diferença de potencial como

$$V = \frac{L}{\sigma} J = \left(\frac{L}{\sigma A}\right) i = Ri \quad (17)$$

A quantidade de $R = \frac{L}{\sigma A}$ é chamada resistência do condutor. Portanto, pode-se definir a resistência como a razão entre a diferença de potencial, ao longo do condutor e a corrente do condutor.

$$R = \frac{V}{i} \quad (18)$$

A resistência possui unidade SI de volts por ampère, que recebe a denominação Ohm

$$(\Omega). \quad 1\Omega = \frac{1V}{1A} \quad (19)$$

Outra propriedade que depende do material é a resistividade elétrica $\rho = 1/\sigma$, que é exatamente o inverso da condutividade elétrica. Assim, $E = \rho \vec{J}$.

Assim, a resistência pode ser escrita como

$$R = \frac{L}{\sigma A} = \rho \frac{L}{A} \quad (20)$$

Onde $\rho = 1/\sigma$ é a resistividade do material resistor.

A resistividade depende de vários fatores, um dos quais é a temperatura. Nos condutores, como os metais, a resistividade aumenta com o aumento da temperatura em um intervalo limitado de temperatura, de acordo com a expressão:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (21)$$

Onde ρ é a resistividade à temperatura T (em graus Celsius), ρ_0 é a resistividade à temperatura de referência T_0 (geralmente 20 °C) e α é chamado de coeficiente de temperatura da resistividade, que pode ser expresso como

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{\Delta\rho}{\Delta T} \quad (22)$$

Onde

$\Delta\rho = \rho - \rho_0$ é a variação da resistividade no intervalo de temperatura $\Delta T = T - T_0$.

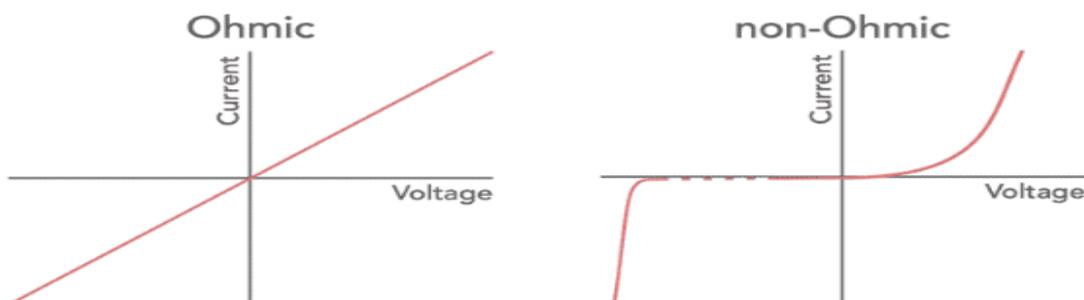
A lei de Ohm, afirma que, para um condutor mantido à temperatura constante, é também constante a razão entre a tensão entre dois pontos e a corrente elétrica. Essa constante é denominada de resistência elétrica.

A lei de Ohm não é uma lei fundamental da natureza, mas um relacionamento empírico válido somente para determinados materiais e dispositivos, sob uma escala limitada de condições (SERWAY, 2006, p.771). Os materiais ou os dispositivos que seguem a lei de Ohm e, portanto, têm uma resistência constante em uma ampla escala de tensões são chamados de ôhmicos.

Os condutores ôhmicos têm uma relação linear entre tensão e corrente para todos os valores. São materiais ou dispositivos feitos de metais, carbono e muitas ligas metálicas. Os materiais ou dispositivos que não seguem a lei de Ohm são chamados de não-ôhmicos. A relação entre tensão e corrente não é linear para todos os valores (RAISA, 2023).

O diodo semicondutor e o filamento de uma lâmpada incandescente são exemplos de dispositivos não ôhmicos.

Figura 4: gráficos de condutores ôhmicos e não ôhmicos.



Fonte: Condutores ôhmicos e não ôhmicos. **Raísa**, 2023. Disponível em: <<https://blog.raisa.com.br/condutores-ohmicos-e-nao-ohmicos/>>. Acesso em 08 de jul. de 2023.

2.4.4 Potência Elétrica

A taxa de variação da energia em função do tempo, com a qual a energia elétrica é transformada em outra forma, tal como energia mecânica, calor ou luz, é chamada de potência elétrica.

A potência (energia por unidade de tempo) fornecida pelas fontes de fem para fazer a carga q se mover na diferença de potencial V é

$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{d}{dt} (q \cdot V) = \frac{dq}{dt} V = i \cdot V \quad (22)$$

No Sistema Internacional de Unidades a potência é medida em Watts (W) = $[\frac{J}{s}]$;

definida como: $1 J/s = 1W = 1AV$.

No caso de um condutor ôhmico, temos que a potência é dissipada sob forma de calor, podendo também produzir radiação térmica visível (combinando com a equação $V = R \cdot i$):

$$P = R \cdot i^2 = \frac{V^2}{R} \quad (23)$$

Essa conversão de energia elétrica em calor é conhecida como efeito Joule.

A radiação solar no espectro eletromagnético do infravermelho e de luz visível, também pode ser convertida diretamente em calor ou em energia elétrica através do efeito fotovoltaico.

2.4.5 A Origem da Teoria dos Quanta (Fóton)

A compreensão da natureza dual da luz, com o comportamento ondulatório ao se propagar e comportamento corpuscular ao interagir com a matéria nos possibilitou o entendimento de fenômenos como o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico, que ocorrem a partir da interação da luz com a matéria.

A compreensão da interação da luz com a matéria, apenas do ponto de vista clássico, através da ondulatória, não é satisfatório para compreender inteiramente a relação da luz com a matéria, sendo necessário introduzir o conceito de fóton, que representa o quantum de energia da radiação eletromagnética, evidenciando, assim, o aspecto corpuscular da luz (DARTORA *et al.*, 2020, p. 2).

Em 1900, o físico alemão Max Planck apresentou a Sociedade Alemã de Física um estudo teórico sobre a emissão de radiação de um corpo negro, no qual sugeriu que a energia E de uma onda eletromagnética de frequência f , medida em hertz, não pode ser de qualquer valor, mas apenas múltiplos inteiros de uma energia mínima (MARQUES e BULHÕES, 2019, p.224). A essa quantidade mínima de energia que uma onda

eletromagnética de determinada frequência pode transportar, chamou-se de quantum de luz.

A quantidade de energia está diretamente relacionada à frequência e ao comprimento de onda eletromagnética do fóton. Quanto maior for a frequência do fóton, maior a sua energia. Da mesma forma, quanto maior for o comprimento de onda do fóton, menor a sua energia.

A equação para energia do fóton é,

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (24)$$

Onde E é a energia do fóton, h é a constante de Planck, c é a velocidade da luz no vácuo e λ é o comprimento de onda do fóton.

Os valores da constante de Planck ($h = 6,62607015 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$) e da velocidade da luz no vácuo ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$), são constantes a energia do fóton varia diretamente em relação ao comprimento de onda λ .

Como $c/\lambda = f$, onde f é a frequência, a equação da energia pode ser simplificada para

$$E = hf \quad (25)$$

Uma consideração importante é saber diferenciar o efeito fotoelétrico do efeito fotovoltaico.

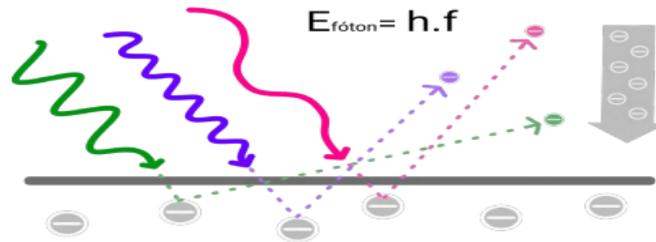
2.4.6 O Efeito Fotoelétrico

Descoberto no final do século XIX pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894), o efeito fotoelétrico não pode ser satisfatoriamente compreendido do ponto de vista clássico, sendo perfeitamente explicado a partir de um artigo publicado por Einstein em 1905, admitindo que a luz fosse composta por corpúsculos, fótons, com energia diretamente proporcional a frequência da luz.

O efeito fotoelétrico é caracterizado pela emissão de elétrons para fora da superfície do material quando este é exposto à luz, os elétrons serão ejetados se a energia da radiação for maior que a energia do material (MARIANO e JÚNIOR, 2022, p.43). Observou-se que mesmo aumentando a intensidade da luz incidente não ocorria o desprendimento dos elétrons, ou seja, mesmo aumentando a quantidade de fótons o fenômeno não ocorria.

A energia mínima necessária para a emissão do fotoelétron é chamada de função trabalho (ϕ). Essa é uma característica determinada pelo material da placa metálica; quanto maior for a função trabalho, maior será a dificuldade de desprender elétrons da superfície metálica. O fenômeno só ocorrerá se $E > \phi$.

Figura 5: Efeito fotoelétrico



Fonte: Mariano e Júnior (2022, p.44)

A equação do Efeito Fotoelétrico é

$$hf = Kmáx + \phi \quad (26)$$

Em que

$hf = E$ (Energia do fóton);

$Kmáx = eV0$ (Energia cinética do elétron);

ϕ = Função trabalho (característica do material).

A unidade de medida utilizada é o Joule (J) ou Elétron-Volt (eV).

O efeito fotoelétrico é utilizado no funcionamento de diversos dispositivos como as células fotoelétricas (fotocélulas), onde a energia luminosa se transforma em corrente elétrica e, em diversos objetos e sistemas, como, por exemplo: a iluminação urbana, os sistemas de alarmes e as portas automáticas.

Assim como o efeito fotoelétrico, o efeito fotovoltaico também é originado pela energia dos fótons de luz de determinada frequência da onda eletromagnética, porém o efeito fotovoltaico depende da incidência da luz sobre um material semicondutor.

2.4.7 Os Semicondutores

Os semicondutores são materiais que possuem uma resistência intermediária entre os condutores e os isolantes. A diferença entre os semicondutores e os isolantes verifica-se na diferença da distância Eg (banda proibida) entre a banda de valência e a banda de condução, conforme os exemplos da tabela.

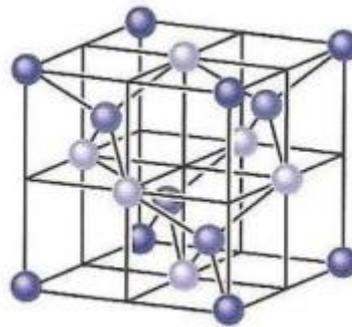
Tabela 1: Exemplos de materiais com sua respectiva largura da banda proibida (EG) e classificação como isolante ou semicondutor.

Material	E_G [eV] a 300 K	Classificação
Ge	0.66	Semicondutor
Si	1.12	Semicondutor
GaAs	1.42	Semicondutor
C (diamante)	5.47	Isolante
SiO ₂	9.0	Isolante
Si ₃ O ₄	5.0	Isolante

Fonte: Swart (2008, p.7)

Os materiais semicondutores são formados pelos elementos do grupo IV da tabela periódica, com quatro elétrons na camada de valência (tetravalentes), como o silício (Si) e o germânio (Ge). Esses materiais podem ser de dois tipos: intrínsecos ou extrínsecos. Os semicondutor intrínseco (material puro), apresentam a camada de valência completa (octeto completo), devido ao compartilhamento de elétrons, formando cristais.

Figura 6: Estrutura cristalina de uma célula de silício



Fonte: Walker et al., 2009, p.279.

A baixas temperaturas a situação de um semicondutor é similar a um isolante, com banda de valência totalmente preenchida por elétrons, separada por um gap de energia (barreira de potencial), neste caso, relativamente pequena, da banda de condução, em torno de 1,12 eV para o silício e somente 0,66 eV para o germânio, de modo que qualquer estímulo, como a incidência de radiação, é capaz de vencer a barreira de potencial promovendo elétrons para banda de condução (YOUNG e FREEDMAN, 2009, p.327).

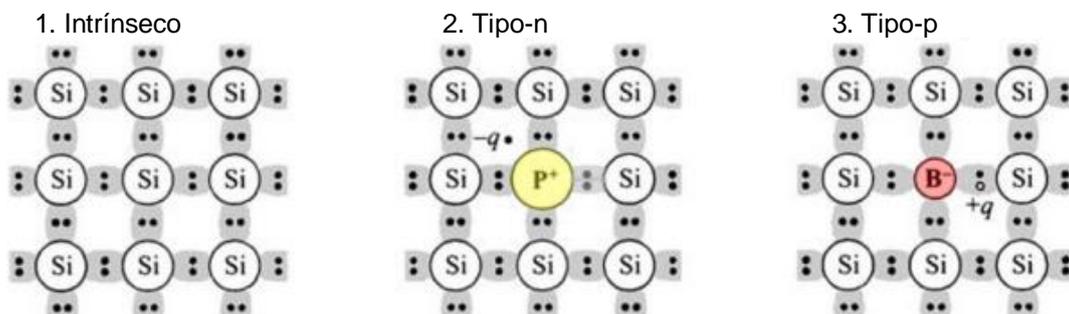
Quando um elétron é excitado da banda de valência para a banda de condução, ele deixa na banda de valência uma lacuna, “buraco”. Quando é aplicado um campo elétrico, as lacunas também se deslocam, em sentido opostos ao dos elétrons, favorecendo para a corrente elétrica.

Sempre que a temperatura de um material semicondutor aumenta, sua condutividade também aumenta, devida a liberação de elétrons da banda de valência, que formam um par elétron/lacuna.

Nos semicondutores extrínsecos, a inserção de impurezas no cristal de silício, num processo conhecido por dopagem, contribui para reduzir a resistividade elétrica. Se adicionarmos um átomo de um elemento da família treze, como o boro (trivalente), vai haver falta de um elétron, produzindo um buraco. Esse material possui uma característica positiva, formando a dopagem do tipo P (átomos com déficit de elétrons, com relação ao material semiconductor).

Para dopagem do tipo N (átomos com excesso de elétrons, com relação ao material semiconductor), é adicionado elementos da família quinze, como o fósforo, que possui cinco elétrons na camada de valência. Adicionando um átomo de fósforo na rede de silício, vai haver sobra de elétrons, formando um material com características negativa.

Figura 7: 1. Silício não dopado; 2. Silício dopado tipo-n com doador de elétrons (fósforo); 3. Silício dopado tipo-p com aceitador de elétrons (boro).



Fonte: Campos (2010, p.8)

Para aplicação destes materiais é necessário uni-los, formando a junção p-n ou diodo, como nos leds e nas células fotovoltaicas.

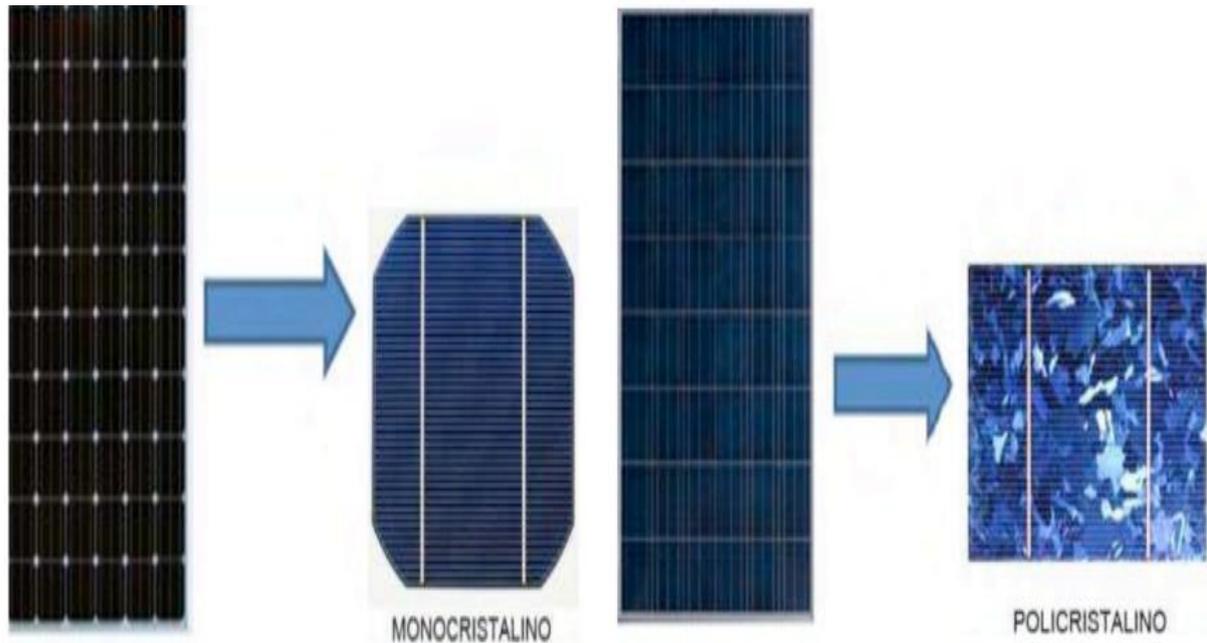
2.4.8 A Célula Fotovoltaica

O efeito fotovoltaico se dá através da conversão direta da energia da luz, utilizando o espectro visível em energia elétrica. O dispositivo que realiza essa conversão é a célula fotovoltaica, produzida com material semiconductor.

Podemos classificar as células fotovoltaicas produzidas atualmente em três classes ou gerações.

A primeira geração de células fotovoltaicas é constituída pelas células oriundas do silício na forma monocristalina (com eficiência comercial entre 15% e 22%) e policristalina (com eficiência comercial entre 14% e 20%) (PORTAL SOLAR, 2023).

Figura 8: Módulo de silício monocristalino e módulo de silício policristalino



Fonte: Mariano e Júnior (2022, p.60 e 61)

A segunda geração de célula fotovoltaica se baseia nas tecnologias de filmes finos, podendo ser construída de silício amorfo (a-Si), arsenato de gálio (GaAs), disselenieto de cobre-índio e cobre-índio-gálio (CIS e CIGS) e telureto de cádmio (CdTe), (MORAES, 2020).

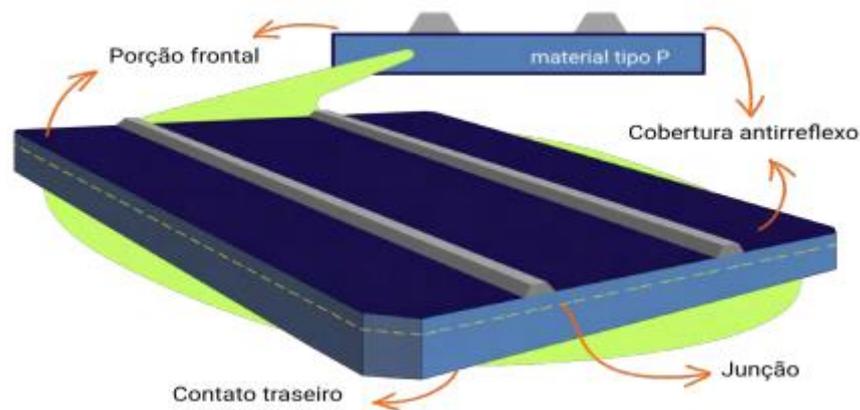
A eficiência das células fotovoltaicas de silício amorfo opera na faixa de 6% a 9%, enquanto a de CdTe opera na faixa de 9% a 16%.

A terceira geração de células fotovoltaicas apresenta as tecnologias mais recentes, como células de multijunção e células fotovoltaicas para concentração, células sensibilizadas por corantes e células orgânicas ou híbridas, (MORAES, 2020).

As células de multijunção são capazes de atingir eficiências superiores à 46% em laboratório.

Segundo Moraes (2020) as tecnologias de silício cristalino possuem os menores preços do mercado, com representatividade de aproximadamente 84% do mercado mundial e, depois das células de multijunção são também as que apresentam maiores eficiências. Conforme Coelho (2008, p.19) atualmente, a maior parte das células comerciais medem entre 100 cm² e 200 cm², sendo capaz de gerar 0,6 V de tensão para uma potência de 1 W e 3 W.

Figura 9: Célula fotovoltaica

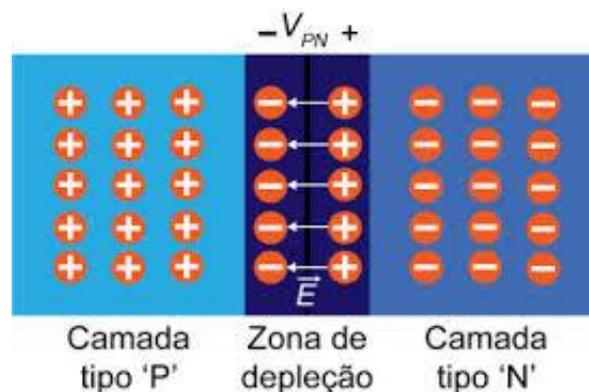


Fonte: Mariano e Júnior (2022, p.10)

O silício cristalino é cortado em lâminas delgadas. Algumas destas lâminas são, em seguida, “dopadas” positivamente e negativamente, formando assim a junção P-N (MARIANO e JÚNIOR, 2022, p.9). Após esse processo as células fotovoltaicas são interligadas e encapsuladas formando o módulo fotovoltaico, os quais atuam como gerador fotovoltaico.

As junções são separadas por uma região, conhecida com zona de depleção, que surge devido à recombinação de elétrons e lacunas, onde é ocasionado um campo elétrico interno, e conseqüentemente, uma diferença de potencial, formando uma barreira que impedirá a circulação de elétrons entre os dois materiais (MORAES, 2020). A barreira de potencial mantém elétrons e lacunas afastados, impedido a circulação de elétrons entre as camadas.

Figura 10: Zona de depleção



Fonte: <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>

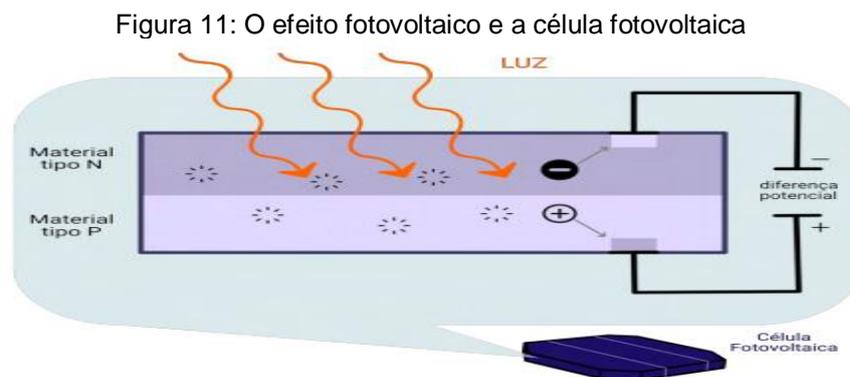
Uma vez estável, só haverá deslocamento de elétrons da camada 'N' para camada 'P' quando ocorrer recebimento de energia de um meio externo. Na célula fotovoltaica, essa energia é proveniente dos fótons, presentes na luz solar, que ao excitar os elétrons, eles

tendem a se acumular na região do tipo N, tornando-a mais negativa e a região do tipo P, mais positiva, gerando uma diferença de potencial, que será aproveitada para geração de energia, caracterizando, o processo físico do efeito fotovoltaico.

2.4.9 O Efeito Fotovoltaico em uma Célula de Silício

O efeito fotovoltaico é caracterizado pelo surgimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor, quando este é exposto à luz visível, por meio dos fótons, é absorvida pela célula fotovoltaica.

Esse fenômeno foi observado pela primeira vez por um físico francês Alexandre-Edmond Becquerel em 1839, quando expôs uma célula eletrolítica (composta por cloreto de prata em uma solução ácida conectada com eletrodos de platina) à luz solar, produzindo uma determinada tensão e corrente elétrica (DARTORA *et al.*, 2020, p. 1). Já a invenção da primeira célula fotovoltaica ocorreu em 1883, pelo americano Charles Fritts.



Fonte: Mariano e Júnior (2022, p.43)

A compreensão da natureza dual da luz, com o comportamento ondulatório ao se propagar e o comportamento corpuscular ao interagir com a matéria nos possibilita o entendimento do efeito fotovoltaico, que ocorrem a partir da interação da luz com a matéria.

A luz constitui uma radiação eletromagnética que viaja no vácuo à velocidade constante de aproximadamente $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Sob o ponto de vista corpuscular, a luz é constituída de pacotes de energia, denominados fótons, que podem ser caracterizados através da equação em que $h = 4,138 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ representa a constante de Planck e ν a frequência de vibração.

$$E = h \cdot \nu \quad (27)$$

Matematicamente, haverá o efeito fotovoltaico se:

$$E_{\text{fóton}} \geq E_g \quad (28)$$

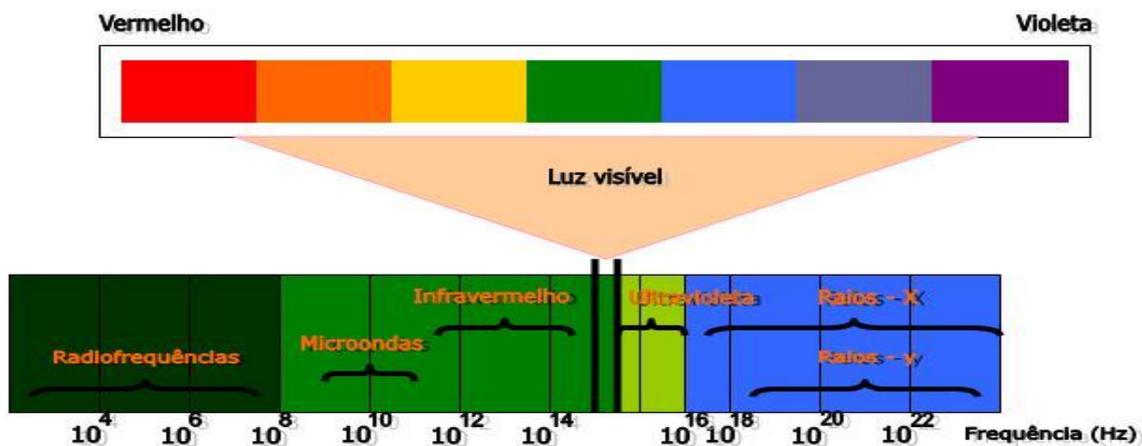
Isolando ν é possível determinar uma equação que permite calcular a mínima frequência necessária para que ocorra o efeito fotovoltaico

$$V \geq \frac{E_{\text{fóton}}}{h} = \frac{E_g}{h} \quad (29)$$

Para o átomo de Silício, a energia de banda proibida (E_g) é igual a 1,12 eV , deste modo, tem-se:

$$V \geq \frac{1,12}{4,138 \times 10^{-15}} = 270,66 \times 10^{12} \text{ Hz} \quad (30)$$

Figura 12: Espectro eletromagnético



Fonte: colegioweb.com.br/nocoes-gerais-de-ondas/o-espectro-eletromagnetico-e-a-luz-visivel.

Sobrepondo a frequência $\nu = 270,66 \times 10^{12} \text{ Hz}$ ao espectro eletromagnético, verifica-se que se enquadra no patamar inferior do espectro infravermelho (10^{12} Hz), ou seja, qualquer onda eletromagnética com frequência superior a este patamar, inclusive dentro do espectro visível, tem energia suficiente para garantir a ocorrência do efeito fotovoltaico, em uma célula de Silício.

A energia gerada a partir do efeito fotovoltaico pode ser captada por um bateria ou ser utilizada diretamente por um dispositivo ou ainda pode ser enviada para uma rede externa.

Podemos citar como exemplos de aplicações tecnológicas atuais dependentes do efeito fotovoltaico, a fonte primária de energia em satélites, naves espaciais, antenas repetidoras de sinal e regiões remotas do planeta sem acesso às redes de energia elétrica convencionais (DARTORA *et al.*, 2020, p. 2).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR (2023) o país acabou de ultrapassar a marca de 30 GW de potência instalada da fonte solar fotovoltaica, considerando as usinas de grande porte, sistemas de geração própria

de energia em telhados, fachadas e pequenos terrenos, o que equivale a 13,7 % da matriz elétrica do Brasil.

Ainda segundo a ABSOLAR, em 10 anos a energia solar fotovoltaica evitou a emissão de 38,5 milhões de toneladas de CO₂ na geração de eletricidade.

3 - METODOLOGIA

Esta seção tem por finalidade descrever os métodos e as técnicas que foram utilizados nesse estudo. O estudo de natureza qualitativa adotou como metodologia a pesquisa do tipo intervenção pedagógica.

Damiani et al. (2013) definiu uma pesquisa do tipo intervenção como aquela que envolve mediações realizadas em processos educacionais, com base em um dado referencial teórico, tendo o propósito de produzir avanços em tais processos, avanços esses avaliados ao término das ações interventivas.

Diante das dificuldades na aprendizagem relacionada com a eletricidade, o presente trabalho propõe uma sequência didática composta de 12 (doze) aulas de modo a colaborar com os estudantes do ensino fundamental na apropriação dos termos básicos da eletricidade, contribuir com formação de conceitos científicos pertencentes aos conteúdos básicos da eletrodinâmica e na aplicação prática do conhecimento científico e tecnológicos aos diversos contextos sociais.

3.1 – OBJETIVOS

Objetivo geral:

Aplicar e investigar os indícios de formação de conceitos científicos de eletricidade relacionados à eletrodinâmica clássica, por meio do desenvolvimento de uma sequência de ensino com o uso da energia fotovoltaica.

Objetivos específicos:

Validar o desenvolvimento de uma sequência didática envolvendo conceitos de eletricidade relacionados à eletrodinâmica, com enfoque CTS a partir da abordagem pedagógica dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1991);

Analisar o processo de formação de conceitos de grandezas elétricas pelos alunos no decorrer da sequência didática;

Verificar a conscientização da sustentabilidade na geração e no uso da energia elétrica.

3.2 – SUJEITOS

O trabalho foi realizado em uma Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio, localizada no município de Cariacica. A sequência didática foi aplicada em duas turmas de 8.º ano do Ensino Fundamental do turno vespertino, totalizando 71 alunos participantes.

Fui o professor e pesquisador neste processo, realizando as filmagens e as gravações de áudios e fazendo anotações relativas ao envolvimento dos estudantes com as atividades propostas.

3.3 – DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Para investigação do processo de formação de conceitos este trabalho foi desenvolvido uma sequência didática com enfoque CTS, a partir da abordagem pedagógica dos três momentos pedagógicos, constituída por 12 aulas.

A metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MPs), consiste em abordar o tema a ser estudo através de três momentos distintos, a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento.

No momento da problematização inicial são apresentadas questões e situações que relacionam os conceitos básicos de eletricidade as situações que os alunos presenciam no dia a dia, a fim de serem discutidas em grupos e as proposições devem ser entregues ao professor no final da aula.

No momento de organização do conhecimento, os temas de eletricidade apresentados na problematização inicial são sistematicamente estudados sob a orientação do professor, onde são desenvolvidos as definições, conceitos e relações, através de aulas experimentais e uso da simulação computacional para construção de circuitos elétricos. Por fim, no momento da aplicação do conhecimento são apresentadas questões relacionadas a eletricidade e as dimensões científica, tecnológica e social, dialogando com a perspectiva CTS.

A sequência didática está organizada conforme o quadro sintético a seguir:

Quadro 3: Quadro Sintético da Sequência Didática

ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	MOMENTO PEDAGÓGICO	TÓPICOS
-------------------------------------	---------------------------	----------------

Aula 1, 2 e 3 Corrente elétrica	1. Problematização	1. Quem mora nas grandes cidades, já deve estar acostumado a ver uma grande quantidade de fios e cabos elétricos acima de sua cabeça. Qual a finalidade de todos esses fios? 2. O que é necessário para acender uma lâmpada elétrica?
	2. Organização do conhecimento	I. Exposição dialogada do conceito de corrente elétrica; II. Experimento: constatação da corrente elétrica, através do brilho de um LED. III. Experimento: condutividade elétrica por um fio condutor e condutividade elétrica por um processo de ionização. IV. Uso do simulador Phet colorado para o ensino dos tipos de corrente (corrente contínua (DC) e corrente alternada (AC)); dos sentidos da corrente (corrente convencional e corrente real) e da intensidade da corrente elétrica.
	3. Aplicação do conhecimento	I. Atividade prática em grupo: construção de um circuito de corrente contínua com geração de corrente elétrica por meio de fio condutor e solução iônica. II. Atividade prática em grupo: construção de um circuito de corrente contínua, com geração de corrente elétrica, utilizando uma mini placa fotovoltaica. III. Construção de circuitos elétricos com geração de corrente contínua e alternada, com a utilização do simulador Phet Colorado. IV. Atividades em grupo:

		<ol style="list-style-type: none">1. Como os fios metálicos conduzem eletricidade?2. Como podemos comparar o fluxo de água com a corrente elétrica?3. Por que um equipamento elétrico funciona quando ligado a uma bateria?4. Por que uma lâmpada acende quando acionamos o interruptor?5. O que acontece ao brilho da luz emitida pelo filamento de uma lâmpada se aumentar a corrente que flui por ele?6. (Adaptada - UNAMA-PA) Considere os seguintes dispositivos elétricos comuns em nosso cotidiano: uma bateria de automóvel, uma lâmpada incandescente e uma lâmpada fluorescente. Qual a constituição da corrente elétrica no interior de cada aparelho?7. De acordo com que vocês aprenderam sobre a corrente elétrica:<ol style="list-style-type: none">a) Esquematize um circuito elétrico de corrente contínua:b) Esquematize um circuito elétrico de corrente alternada:c) Esquematize um circuito elétrico com corrente real:d) Esquematize um circuito elétrico com corrente convencional:8. Calcule a intensidade da corrente elétrica e a quantidade de carga:<ol style="list-style-type: none">a) Por um ponto de um circuito elétrico passam 50 C em 2,5 s. Qual é a intensidade da corrente elétrica?b) Determine a quantidade de carga que
--	--	---

		atravessa uma lâmpada ligada a uma bateria durante 30 segundos, que é percorrida por uma corrente elétrica de 0,1 A.
Aula 4,5 e 6 Tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp)	1. Problematização	1. Por que a prática de soltar pipa, principalmente com linha contendo cerol próxima à rede alta tensão, pode ser bastante perigosa? 2. Por que os pássaros não tomam choque em fios e cabos elétricos desencapados?
	2. Organização do conhecimento	I. Exposição dialogada do conceito de tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp); II. Uso do simulador Phet Colorado (Circuito DC) para o ensino do conceito de tensão elétrica. III. Experimento: constatação da tensão elétrica em pilhas, bateria, mini placa fotovoltaica e LED de alto brilho, através da função de tensão contínua de um multímetro. IV. A tensão elétrica gerada a partir do efeito fotovoltaico. V. As diferenças entre a tensão de 110 volts e 220 volts. VI. O choque elétrico e seu efeito fisiológico.

	3. Aplicação do conhecimento	<p>I. Construa um circuito de corrente contínua com uma bateria de 9V e um circuito de corrente contínua, com duas baterias de 9V, utilizando o simulador Phet Colorado, observe os valores da corrente elétrica e responda:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Qual a relação da tensão elétrica com a corrente elétrica nos circuitos?2. Comparando os dois circuitos. Por que na tensão de 18V o brilho da lâmpada é maior? <p>II. Atividade experimental em grupo: constatação da tensão elétrica e da corrente elétrica, a partir do efeito fotovoltaico.</p> <p>III. Atividades escritas em grupo:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Por que chega um momento em que a carga das pilhas e baterias acaba e o aparelho elétrico deixa de funcionar?2. Porque o choque de uma pilha de 1,5 volts é muito menor do que o choque de uma tomada elétrica de 110v?3. (HEWITT, 2015) O que será menos perigoso – ligar um aparelho de 110 V a uma tomada de 220 V ou ligar um aparelho de 220 V a uma tomada de 110 V? Explique.4. Onde a corrente elétrica é maior, em uma tomada de 110v ou em uma tomada de 220v? Por quê?5. (Adaptada - ENEM 2020) As células fotovoltaicas (placas semicondutoras compostas de silício) são os componentes principais dos painéis solares e são
--	-------------------------------------	---

		<p>capazes de converter, com certa eficiência, parte da energia dos raios solares em energia elétrica. Essa conversão é causada pelo fenômeno físico denominado “efeito fotovoltaico”, que pode ocorrer em materiais semicondutores.</p> <p>Represente o efeito fotovoltaico por meio de um desenho:</p>
Aula 7,8 e 9 Resistência elétrica	1. Problematização	<p>1. Em quais situações do dia a dia podemos utilizar a resistência elétrica a nosso favor? Qual a sua função?</p> <p>2. Por que uma lâmpada incandescente fica aquecida quando em funcionamento?</p>
	2. Organização do conhecimento	<p>I. O conceito de resistência elétrica;</p> <p>II. As Lei de Ohm;</p> <p>III. Associação de resistores em série e em paralelo.</p> <p>IV. Como calcular o resistor adequado para ligar LEDS em um circuito.</p> <p>V. Uso do simulador Phet Colorado (Circuito DC) e do simulador Vascak (Lei de Ohm) para o ensino de resistência elétrica e a primeira lei de Ohm.</p>

	3. Aplicação do conhecimento	<p>I. Construa um Circuito de corrente contínua com resistores ligados em série e um Circuito de corrente contínua com resistores ligado paralelo, utilizando o simulador Phet Colorado e observe os valores da tensão e da corrente elétrica em cada circuito e responda qual a diferença entre os circuitos com resistores ligados em série e ligados em paralelo.</p> <p>II. Atividade prática em grupo: Calcule a resistência elétrica e a seguir, construa os circuitos com LEDS ligados em série e em paralelo, com uso de resistores.</p> <p>III. Atividades escritas em grupo:</p> <p>1. De acordo com seu conhecimento sobre resistência elétrica, qual das frases a seguir está correta: “O chuveiro está com a resistência queimada”; “O resistor do ferro elétrico queimou”. Justifique sua resposta.</p> <p>2. (HEWITT, 2015) Quando elétrons fluem pelo fino filamento de uma lâmpada incandescente, eles experimentam “atrito”. Qual é o resultado prático disso?</p> <p>3. Faça uma comparação entre a frase: “Quanto mais alta a caixa d’água e mais grosso o cano, maior será a vazão d’água” e as grandezas elétricas: tensão, resistência e a corrente elétrica.</p> <p>4. (Adaptada – ENEM 2016) O choque elétrico é uma sensação provocada pela passagem de corrente elétrica pelo corpo. As consequências de um choque vão desde um simples susto até a morte. A circulação das cargas elétricas</p>
--	-------------------------------------	---

		<p>depende da resistência do material. Para o corpo humano, essa resistência varia de 1000 Ω, quando a pele está molhada, até 100000 Ω, quando a pele está seca. Calcule a intensidade máxima da corrente elétrica, que passa pelo corpo de uma pessoa descalças, sofrendo uma descarga elétrica em uma tensão de 120 V para às duas condições e responda em qual situação a descarga elétrica é mais perigo? Por quê?</p> <p>5. (HEWITT, 2015) Em relação ao circuito elétrico, responda:</p> <p>a) O que acontece à corrente nas lâmpadas se uma das que está em série queimar?</p> <p>b) O que acontece à intensidade da luz de cada lâmpada de um circuito em série quando mais lâmpadas forem adicionadas ao circuito?</p> <p>c) O que acontece à corrente nas outras lâmpadas de um circuito em paralelo quando uma delas queima?</p> <p>d) O que acontece à intensidade da luz de cada lâmpada de um circuito em paralelo quando mais lâmpadas são ligadas em paralelo ao circuito?</p>
<p>Aula 10,11 e 12 Potência elétrica</p>	<p>1. Problematização</p>	<p>1. Todos os aparelhos elétricos, consomem a mesma quantidade de energia? Justifique sua resposta.</p> <p>2. É possível calcular o quanto você consome de energia elétrica em sua casa? Como?</p>
	<p>2. Organização do conhecimento</p>	<p>I. A potência elétrica;</p> <p>II. A BTU (<i>British Thermal Unit</i>);</p> <p>III. Cálculo do consumo e custo de energia elétrica;</p>

	<p>IV. Bandeiras tarifárias do setor elétrico brasileiro;</p> <p>V. Selo Procel: o que é, para que serve e quais as vantagens.</p>
3. Aplicação do conhecimento	<p>1. Como calcular o consumo de energia elétrica de um aparelho elétrico?</p> <p>2. Observe a conta de energia elétrica da sua residência e a partir das informações contidas na fatura, determine:</p> <ul style="list-style-type: none">a) bandeira tarifária vigente;b) a leitura de energia anterior do medidor;c) a leitura de energia atual do medidor;d) o consumo total de energia elétrica no mês;e) o custo do kWh;f) o custo do fornecimento de energia elétrica;g) o custo com tributos;h) contribuição de iluminação pública;i) o custo total da fatura. <p>3. Atividade em equipe: Tire fotos de três eletrodomésticos de sua casa, evidenciando o valor da potência elétrica e ou a etiqueta do Selo Procel. Em seguida simule o tempo de uso, durante um mês e calcule a quantidade de energia em kWh e o custo mensal de cada eletrodoméstico. Qual dos eletrodomésticos consumiu mais energia elétrica em um mês?</p> <p>4. As lâmpadas de LED são mais eficientes porque elas produzem a mesma quantidade de lúmens (fluxo luminoso) de</p>

		<p>outras lâmpadas, com menor gasto energético.</p> <p>Sabendo disso, considere uma residência que apresenta 8 lâmpadas fluorescentes compactas de 13 W que ficam acesas por 6 horas por dia.</p> <p>a) Qual ao consumo da energia elétrica, em KWh, dessas lâmpadas em um mês (30 dias)?</p> <p>b) Se essas lâmpadas forem trocadas por lâmpadas de LED de 7 W que proporciona a mesma iluminação, qual será o novo consumo de energia elétrica em KWh, apresentado por essas lâmpadas em um mês (30 dias)?</p> <p>c) Qual a quantidade de energia economizada em um mês (30 dias), com a troca das lâmpadas?</p> <p>d) Considerando o custo do KWh, igual a R\$ 0,60, qual o valor economizado em um ano na conta de luz?</p> <p>5. Classifique os equipamentos da tabela (ver descrição das atividades), conforme o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para térmica, luminosa, mecânica e sonora) e compare o consumo dos equipamentos. Qual equipamento consome mais? Por quê?</p>
--	--	---

Fonte: O autor

3.4 - INSTRUMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os dados utilizados para a análise foram produzidos durante a aplicação de uma Sequência Didática, com aulas realizadas dentro de sala e no pátio da escola. A partir desses dados buscou-se indícios de entendimento dos conceitos científicos relacionados aos conceitos básicos de eletricidade associados à eletrodinâmica clássica.

Para a coleta de dados foram utilizados os seguintes instrumentos: gravação em vídeo das aulas; gravação dos áudios das discussões dos alunos e produções escritas dos alunos e do professor durante a aplicação da sequência didática.

4 – ANÁLISE DE DADOS

Neste capítulo será apresentado a análise qualitativa dos dados, obtidos a partir da aplicação de uma sequência didática sistematizada nos três momentos pedagógicos com enfoque CTS, com uso da energia fotovoltaica para o ensino de eletricidade no Ensino Fundamental, levando em conta algumas das ideias e dificuldade de aprendizagem relacionadas com a eletricidade, apresentadas por Pozo e Crespo (2009).

4.1 Análise da problematização inicial: Uso de termos e concepções

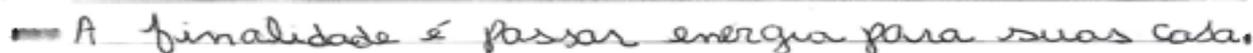
Neste momento foram apresentadas em sala de aula questões e situações que relacionam os conceitos básicos de eletricidade as situações que os alunos presenciam no dia a dia, a fim de serem discutidas em grupos e as proposições entregues ao professor no final da aula.

As proposições permitiram avaliar o entendimento dos alunos, a partir dos termos empregados e dos conceitos cotidianos elaborados em suas vivências.

4.1.1 Problematizando a corrente elétrica

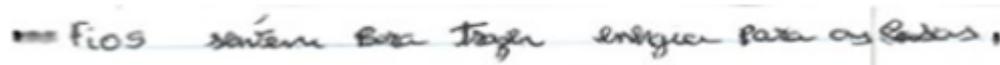
1. Quem mora nas grandes cidades, já está acostumado a ver uma grande quantidade de fios e cabos elétricos acima de sua cabeça. Qual a finalidade de todos esses fios?

Figura 13: Proposições dos alunos sobre a finalidade dos fios:



A finalidade é passar energia para suas casas.

“A finalidade é passar energia para suas casas.”



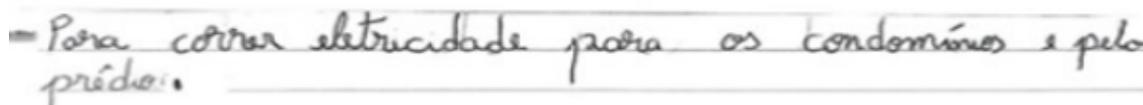
Fios servem para trazer energia para as casas.

“Fios servem para trazer energia para as casas.”



Levar eletricidade para população que lá vive.

“Levar eletricidade para população que lá vive.”



Para correr eletricidade para os condomínios e pelo prédio.

“Para correr eletricidade para os condomínios.”

Nas proposições apresentadas os alunos utilizaram os termos eletricidade e energia, como sinônimos, pois ainda não conseguem distingui-los e empregaram alguns verbos para tentar definir a finalidade dos fios e dos cabos elétricos, como passar, trazer, levar e correr. Nas concepções dos alunos a eletricidade é um “ente” e os fios e cabos elétricos os seus “caminhos”.

Conforme Pozo e Crespo (2009, p.224) “a ideia fundamental subjacente na maioria das interpretações dos estudantes é considerar a eletricidade como substância material, que se gasta e que é necessário transportar de um lugar pra outro”.

Se as extremidades dos fios e cabos elétricos estiverem com potenciais diferentes, uma corrente elétrica passa através dos fios e cabos quando a conexão é feita. Dizemos que pelo fio passam elétrons. Porém, os elétrons não percorrem totalmente o fio condutor, eles vão empurrando os “elétrons livres” que existem no fio condutor, até que obrigam um certo número de elétrons, igual ao que entrou por uma das extremidades, a sair pela extremidade oposta.

2. O que é necessário para acender uma lâmpada elétrica?

Figura 14: Proposições dos alunos para acender uma lâmpada elétrica:



“Uma fonte de eletricidade.”



“Eletricidade.”



“Energia.”

Fonte: o autor

O aluno do ensino fundamental ainda não tem noção do conjunto de fenômenos elétricos, por essa razão podemos afirmar que:

Em geral, a crença que os alunos mantêm sobre o funcionamento dos circuitos e aparelhos elétricos podem ser resumidas em algumas ideias muito simples: o que faz com que o aparelho funcione é a eletricidade que consome ou se gasta nele [...] (POZO e CRESPO, 2009, p.224).

Via de regra, para conseguir acender uma lâmpada é preciso que uma corrente elétrica a atravesse. A corrente elétrica, por sua vez, é constituída quando elétrons são

colocados em movimento ordenado por uma diferença de potencial e dificultada pela resistência.

O que podemos constatar no momento da problematização com aplicação das questões sobre a corrente elétrica os alunos do ensino fundamental não fizeram uso do termo em suas proposições.

4.1.2 Problematizando a tensão elétrica ou ddp

1. Por que a prática de soltar pipas principalmente com linha contendo cerol próximo a rede de alta tensão, pode ser bastante perigoso?

Figura 15: Proposições dos alunos sobre os riscos de soltar pipas com linha contendo cerol:

Porque tem muitos volts por isso é muito perigoso para nós.

“Porque tem muitos volts por isso é muito perigoso para nós.”

Por que pode causar uma onda elétrica (choque) pode matar se a onda for muito forte.

“Porque pode causar uma onda elétrica (choque) pode matar se a onda for muito forte.”

Porque se o cerol entrar em contato com a alta tensão você pode tomar um choque.

“Porque se o cerol entrar em contato com a alta tensão você pode tomar um choque.”

Fonte: o autor

Os alunos fazem menção do termo volts para sinalizar o perigo da alta tensão, mas não dispõem de conhecimento suficiente sobre essa grandeza elétrica para relacioná-la corretamente com corrente elétrica e seus efeitos sobre o corpo humano. Conforme a concepção de alguns alunos o choque elétrico seria resultado de “uma onda elétrica”, que dependendo de sua “força” pode matar. Os alunos não dispõem de conhecimento para interpretar cientificamente essa “onda elétrica”, como a passagem da corrente elétrica através do corpo e sua “força”, como resultado da tensão elétrica.

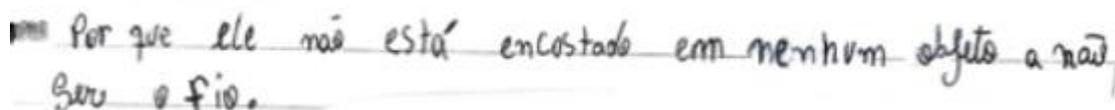
Outro grupo de alunos associam o risco de choques elétricos ao “contato do cerol com a alta tensão”. Na concepção desses alunos o que causa um choque elétrico no corpo humano é a alta tensão.

“As respostas demonstram que há várias concepções alternativas. Como essas concepções não trazem a compreensão do que é tensão, corrente e “voltagem”, isto acaba aparecendo como um impeditivo para a aprendizagem de conceitos futuros de eletricidade” (POZO e CRESPO, 2009).

O choque elétrico é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano ou de um animal qualquer. A corrente que flui por um corpo é proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional ao valor de sua resistência.

2. Por que os pássaros não tomam choque em fios e cabos elétricos desencapados?

Figura 16: Proposições dos alunos sobre os pássaros e os fios e cabos elétricos:



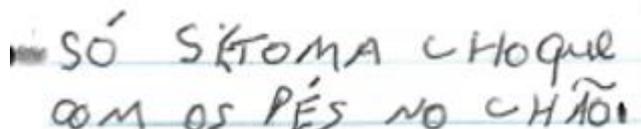
Por que ele não está encostado em nenhum objeto a não ser o fio.

“Porque ele não está encostado em nenhum objeto a não ser o fio.”



Porque as penas dos pássaros são isolantes.

“Porque as penas dos pássaros são isolantes.”



SÓ SE TOMA CHOQUE COM OS PÉS NO CHÃO.

“Só se toma choque com os pés no chão.”

Fonte: o autor

O primeiro grupo de alunos relacionaram o fato de os pássaros conseguirem pousar em fio de alta tensão sem sofrer danos, ao fato de estarem tocando apenas em um fio, mas não dispõem de conceitos científicos suficientes para interpretar corretamente porque não houve a formação de uma ddp (voltagem) suficiente para o choque elétrico.

Na sugestão seguinte um grupo de alunos associam o fato de os pássaros conseguirem pousar em fio de alta tensão, sem sofrer danos à presença das penas. Na concepção desses alunos as penas são isolantes elétricos. As penas são isolantes térmicos, o ar retido entre suas penas age com um isolante elétrico evitando que a corrente elétrica percorra seus corpos.

Outros alunos argumentaram que a razão de os pássaros conseguirem pousar em fio de alta tensão sem sofrer danos, deve-se ao fato de não estarem tocando os pés no chão.

Na concepção dos alunos para que o choque elétrico ocorra, o corpo deve tocar entre dois pontos distintos e, um desses pontos são os pés, que devem estar em contato com o solo.

A razão é que não há uma diferença de potencial elétrica significativa entre suas patas. Cada parte de seu corpo está no mesmo potencial alto, de modo que não sofrem efeitos nocivos.

A diferença de potencial (ddp), também chamada de tensão representa a quantidade de energia que um gerador fornece para movimentar uma quantidade de cargas elétricas durante seu percurso em um condutor.

A teoria física que explica esse movimento das cargas ocorre a partir de uma diferença de potencial entre dois pontos, mas o conceito de potencial não é fácil, de fato é bastante obscuro, e os alunos precisam encontrar um mecanismo causal que explique esse movimento. E o encontram em algo muito simples: sabem que as cargas elétricas se movem quando são repelidas por uma carga do mesmo sinal ou quando são atraídas por outra de sinal contrário (POZO e CRESPO, 2009, p.227).

As proposições apresentadas às questões sobre da tensão elétrica no momento da problematização, mostram que os alunos ainda não dispõem de conhecimento científico para estabelecer corretamente as relações entre a tensão, a resistência, a corrente elétrica e os choques elétricos.

4.1.3 Problematizando a resistência elétrica

1. Em quais situações do dia a dia podemos utilizar a resistência elétrica a nosso favor? Qual a sua função?

Figura 17: Proposições dos alunos sobre a utilização da resistência elétrica no dia a dia:

• Chuveiro quente. Acho que basicamente "para" alguns elétrons, já que é basicamente a colisão entre elétrons e átomos eu acho.

"Chuveiro quente. Acho que basicamente "parar" alguns elétrons, já que é basicamente a colisão entre elétrons e átomos eu acho."

• no chuveiro elétrico.

"No chuveiro elétrico."

• Um exemplo é a lâmpada, todas elas precisam de resistência.

"Um exemplo é a lâmpada, todas elas precisam de resistência."

Fonte: o autor

O primeiro grupo de alunos demonstraram ter noções da questão, pois, conseguiram associar a resistência elétrica com a natureza microscópica da matéria. O número de colisões dos elétrons e átomos está relacionado a dificuldade da corrente elétrica de atravessar o condutor. Essa dificuldade é o que caracteriza a resistência elétrica.

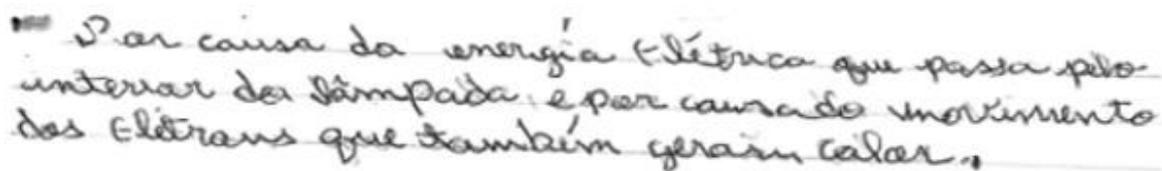
Dentre as maiores dificuldades no processo de ensino-aprendizagem, incluem a constituição da matéria e os modelos microscópicos (POZO e CRESPO, 2009).

Outros grupos de alunos associaram rapidamente o termo resistência ao chuveiro elétrico e considerando o princípio de funcionamento da fonte luminosa, alguns estudantes sugeriram que todas as lâmpadas precisam de resistência, fazendo associação ao filamento das lâmpadas incandescentes, conforme o tipo de lâmpada utilizado no simulador Phet colorado para construção de circuitos elétricos. Nestas proposições observa-se que a expressão resistência elétrica foi utilizada para se referir ao resistor.

A resistência não é um material físico, trata-se daquilo que você pode mensurar, é o quanto o dispositivo oferece de resistência à passagem de corrente elétrica e a unidade de medida é Ohm, denotado por Ω . Resistor é o dispositivo dotado de resistência, que pode ser utilizado tanto para proteger circuitos ou controlar o circuito com a finalidade que se queira.

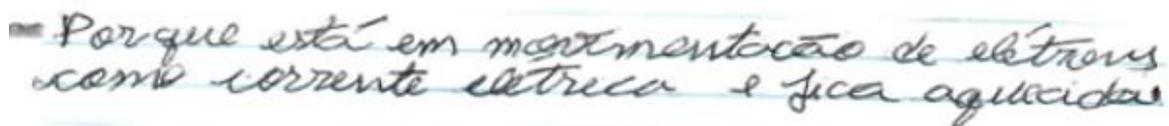
2. Por que uma lâmpada incandescente fica aquecida quando em funcionamento?

Figura 18: Proposições dos alunos sobre o aquecimento da lâmpada incandescente:



Por causa da energia elétrica que passa pelo interior da lâmpada, e por causa do movimento dos elétrons que também geram calor.

“Por causa da energia elétrica que passa pelo interior da lâmpada e, por causa do movimento dos elétrons que também geram calor.”



Porque está em movimentação de elétrons com corrente elétrica e fica aquecida.

“Porque está em movimentação de elétrons como corrente elétrica e fica aquecida.”

Fonte: o autor

Quando os elétrons fluem pelo fino filamento de uma lâmpada incandescente, eles experimentam “atrito” e o resultado prático disso é a geração de luz e calor.

Nas duas proposições, mesmo sem conhecimento científico aprofundado, os estudantes já conseguiram fazer uma associação plausível da corrente elétrica com o princípio da resistência.

“Para descrever o funcionamento dos circuitos elétricos, a física recorre ao uso de uma série de magnitude (resistência, intensidade, potencial etc.) que facilitam sua compreensão e ganham sentido no marco da teoria elétrica da matéria” (POZO e CRESPO, 2009, P. 230).

4.1.4 Problematizando a potência elétrica

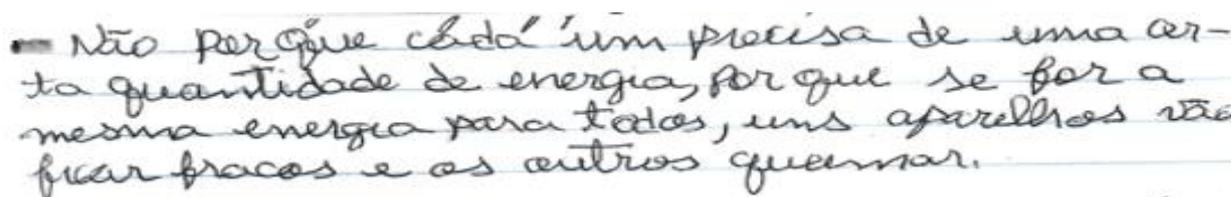
1. Todos os aparelhos elétricos, consomem a mesma quantidade de energia?

Figura 19: Proposições dos alunos sobre o consumo de aparelhos elétricos:



— Não, porque depende da quantidade de tensão elétrica.

“Não, porque depende da quantidade de tensão elétrica.”



— Não porque cada um precisa de uma certa quantidade de energia, por que se for a mesma energia para todos, uns aparelhos vão ficar fracos e os outros queimar.

“Não, porque cada um precisa de uma certa quantidade de energia, porque se for a mesma energia para todos, uns aparelhos vão ficar fracos e os outros queimar.”

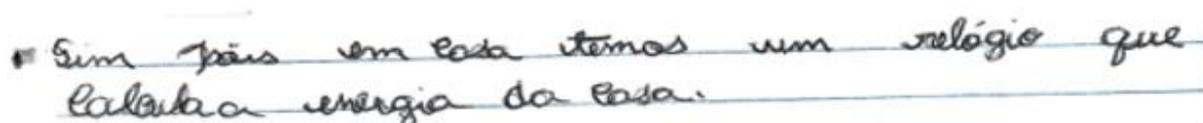
Fonte: o autor

Na tentativa de explicar como se dá o consumo de energia dos aparelhos elétricos, os estudantes propuseram que o gasto de energia está relacionado apenas aos valores da tensão elétrica especificada para o funcionamento de cada equipamento.

A quantidade de energia “consumida” por cada aparelho depende de sua potência. Em termos elétricos, num circuito o cálculo da potência é o produto da tensão elétrica pela intensidade da corrente elétrica. Em qualquer aparelho elétrico sempre vem indicadas as informações de a sua potência e de sua voltagem.

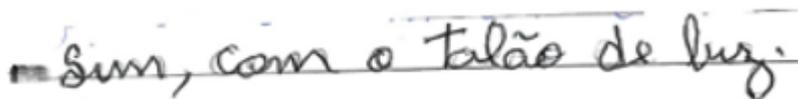
2. É possível calcular o quanto você consome de energia elétrica em sua casa?

Figura 20: Proposições dos alunos sobre o consumo de energia residencial:

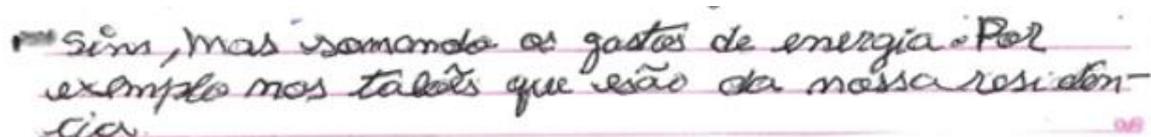


— Sim pois em casa temos um relógio que calcula a energia da casa.

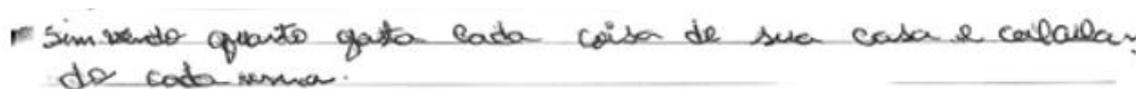
“Sim, pois em casa temos um relógio que calcula a energia da casa.”



“Sim, com o talão de luz.”



“Sim, mas somando os gastos de energia. Por exemplo nos talões que são da nossa residência.”



“Sim, vendo quanto gasta cada coisa de sua casa e calculando cada uma.”

Fonte: o autor

Na concepção de alguns alunos, o cálculo do “consumo de energia” só é possível com a leitura do “relógio” ou com as informações do “talão de luz”, fornecidos pela distribuidora de energia.

Na última proposição apresentada, mesmo os alunos não dispoindo de conhecimento das grandezas elétricas envolvidas já conseguiram fazer a associação do consumo total de energia ao gasto individualizado de cada aparelho elétrico.

Tendo conhecimento da potência em Watts do equipamento elétrico, seu “consumo” pode ser calculado pelo produto entre a potência (em kW) e o intervalo de tempo de seu funcionamento (em horas).

Na cresça dos alunos, de acordo com Pozo e Crespo (2009, p. 2001) “a energia é vista como algo material, um tipo de combustível que pode ser gasta e é necessário repor”.

4. 2 Análise do momento de organização do conhecimento: Apropriação dos conceitos básicos de eletricidade

Nesta subseção serão apresentadas as atividades dos alunos, acerca dos conceitos básicos de eletricidade, abordados neste trabalho.

Para análise dos indícios de apropriação dos conceitos, utilizamos algumas das ideias e dificuldades de aprendizagem relacionadas com a eletricidade apontadas por Pozo e Crespo (2009).

4.2.1. Corrente elétrica

01. Como os fios metálicos conduzem eletricidade?

“Eles são bons condutores de eletricidade. Têm vários elétrons livres e isso ajuda a conduzir eletricidade.” (L1)

Os alunos já conseguem levar em conta a propriedade física dos fios metálicos, na condução da corrente elétrica. Esta constatação é um indício da apropriação do conceito de corrente elétrica.

“Eles conduzem quando liga a energia.” (R1)

Os estudantes concebem a energia como um fluido material e não consideram as propriedades físicas dos fios metálicos. “Para a maioria dos alunos, os fios comportam-se como uma mangueira que permite transportar a eletricidade” (POZO e CRESPO, 2009, p. 227).

02. O que acontece ao brilho da luz emitida pelo filamento de uma lâmpada incandescente se aumentar a corrente que flui por ele?

“O brilho da lâmpada aumenta porque aumentou a intensidade da carga elétrica.” (D2)

Percebe-se que os alunos já conseguem associar corretamente o aumento do brilho da lâmpada com o aumento da intensidade da corrente elétrica. Esta percepção é um indício da apropriação de conceito de corrente elétrica.

“Aumenta a potência da luz.” (F2)

Na concepção de F2 a potência da lâmpada aumentou, porém a potência é definida na sua fabricação. Não há como aumentá-la depois disso e a potência (Watt) mede o poder e não o brilho da fonte luminosa.

4.2.2 Tensão elétrica ou ddp

01. Por que chega um momento em que a carga das pilhas e baterias acaba e o aparelho elétrico deixa de funcionar?

“Porque quando não tem mais tensão, os elétrons se estabilizam, assim que acabam as cargas que reside em pilhas e baterias.” (B1)

Na concepção de B1, a tensão elétrica é a força que sustenta o movimento das cargas elétricas e após algum tempo a ddp apresenta um valor insuficiente para sustentar uma corrente elétrica. A concepção apresenta indícios de apropriação do conceito de tensão elétrica.

“Porque as cargas elétricas, dão funcionamento as coisas eletrônicas, e esses eletrônicos puxam muitas cargas elétricas, e uma bateria ou pilhas não funcionam para sempre, pois quanto mais eletrônicos, mais a bateria ou pilha vai parando de funcionar.” (S3)

De acordo com a proposição de S3 a carga elétrica é um fluido que está armazenado em uma bateria ou uma pilhas, que vai sendo consumida pelos equipamentos eletrônicos. “[...] a observação que o aluno faz é que os diferentes aparelhos consomem algo que habitualmente é chamado “eletricidade”. Além disso, ele sabe que algo está armazenado na pilha e que, por isso é necessário trocá-la.” (POZO e CRESPO, 2009, p. 230).

02. Por que o choque de uma pilha de 1,5 Volts é menor do que o choque de uma tomada elétrica de 110 V?

“Porque a corrente elétrica que reside em uma pilha é muito menor, mas em uma tomada conseqüentemente tem uma tensão maior.” (B1)

Mesmo sem conhecimento científico aprofundado, B1 já consegue relacionar de forma plausível às duas grandezas elétricas (tensão e corrente elétrica), com o efeito do choque elétrico, apresentando assim, indícios de apropriação do conceito de tensão elétrica.

“Porque a pilha de 1,5V, tem menos carga elétrica, já a tomada de 110V é capaz de matar uma pessoa.” (I3)

Na concepção de I3 a pilha é um armazenador de poucas cargas elétricas, enquanto a tomada de 110V, armazenariam um grande número de cargas e os efeitos do choque elétrico estariam relacionados ao número de cargas elétricas. Segundo Pozo e Crespo (2009, p.223) algumas das ideias e dificuldades de aprendizagem está relacionado com a função das pilhas que são concebidas como armazenadores de fluido, como as cargas elétricas.

4.2.2.1 Atividade Experimental: Geração de tensão e corrente elétrica a partir do Efeito Fotovoltaico

constatação da tensão e da corrente elétrica a partir do efeito fotovoltaico, com uso de placa protoboard, minis placas fotovoltaicas, multímetro e leds e resistores.

a) A Tensão elétrica de uma mini placa fotovoltaica de 3 volts, com o lado frontal voltado para baixo:

Figura 21: Aferição da tensão da mini placa fotovoltaica com o lado frontal voltado para baixo:



Fonte: O autor

Professor: por que o valor da tensão elétrica é pequeno?

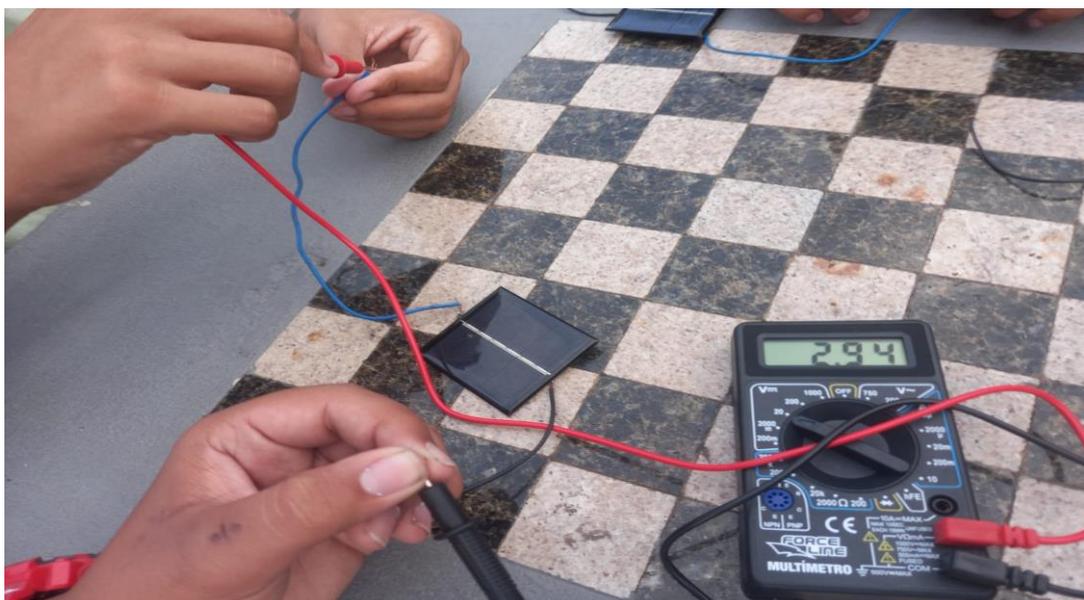
“Está pegando pouca luz.” (G1)

“Não tem Sol na placa” (G3)

Neste primeiro momento os estudantes já puderam constatar que a tensão elétrica está relacionada com a radiação solar incidente sobre a placa.

b) A Tensão elétrica de uma mini placa fotovoltaica com o lado frontal voltada para cima:

Figura 22: Aferição da tensão da mini placa fotovoltaica com o lado frontal voltado para cima:



Fonte: O autor

Professor: por que o valor da tensão elétrica aumentou?

“Porque a luz está pegando melhor. Aumentou os volts.” (G1)

“Agora tem Sol na placa.” (G3)

“Pulou de 0,86 V para 2,94 V, porque os raios solares pega na placa.” (J1)

“Porque agora ela está com o contato direto com a luz.” (L1)

As proposições dos estudantes estão corretas, pois, constataram que quanto maior a incidência da radiação solar sobre as placas fotovoltaicas maior será a tensão elétrica.

c) A Tensão elétrica de três minis placas fotovoltaicas ligadas em série:

Figura 23: Aferição da tensão de três mini placas fotovoltaicas ligadas em série



Fonte: O autor

Professor: por que a tensão elétrica é ainda maior?

“Está passando mais carga, por causa da junção delas está chegando mais volts, estão absorvendo mais cargas juntas, mais energia solar, mais volts.” (G1)

“ Ela aumentou por causa da luz, porque tem mais placas conectadas.” (G3)

“ A tensão aumentou porque a placa se juntou as demais placas.” (J1)

A partir da ligação em série de três minis placas fotovoltaicas e aferição da tensão elétrica com um multímetro, os estudantes puderam averiguar que com o aumento do número de placas solares, obtém-se também o aumento do valor da tensão elétrica gerada.

Professor: A partir desta geração de tensão elétrica o que estamos constatando?

“O efeito fotovoltaico.” (K3)

“O efeito fotovoltaico está funcionando.” (L1)

Em suas proposições os alunos associaram o fenômeno ao efeito fotovoltaico, originado a partir da exposição solar das minis placas fotovoltaicas.

d) A tensão elétrica fornecida pela minis placas fotovoltaicas acendem leds ligados em série na placa protoboard:

Professor: Os leds acesos comprovam quais fenômenos elétricos?

“além da tensão, tem corrente elétrica.” (G1)

“Os leds acesos representa a corrente elétrica, que está chegando energia, está acontecendo o efeito fotovoltaico.” (G3)

“Os leds acesos representa que a luz solar foi transformada em energia elétrica.” (J1)

“A corrente elétrica.” (K3)

“Que está gerando corrente elétrica.” (L1)

A partir das proposições dos alunos foi possível constatar a associação entre os conceitos do efeito fotovoltaico, da tensão e da corrente elétrica.

Figura 24: Constatação da tensão elétrica, a partir do efeito fotovoltaico, com uso de um multímetro e constatação da corrente elétrica, através do brilho do LED



Fonte: o autor

A atividade experimental com placas fotovoltaicas, contribuiu consideravelmente para a compreensão do surgimento de uma tensão elétrica, a partir do efeito fotovoltaico e com a constatação da corrente elétrica, através do brilho do LED.

4.2.3 Resistência elétrica

01. (HEWITT, 2015) Quando elétrons fluem pelo fino filamento de um lâmpada incandescente, eles experimentam “atrito”. Qual é o resultado prático disso?

“ Faz ela acender, o que gera luz na casa ou em qualquer ambiente.” (J1)

“ O surgimento da energia luminosa.” (L1)

Nas concepções dos grupos J1 e L1 o atrito resulta apenas em luz.

“ O resultado é que a lâmpada vai acender e o filamento vai esquentar.” (K3)

Na proposição de K3 o atrito resulta em luz e calor.

Os grupos de estudantes ainda não capazes de associar o atrito ao termo resistência, mas apresentaram corretamente o resultado prático resultado, calor e luz.

02. De acordo com seu conhecimento sobre o assunto, resistência elétrica qual das frases está correta? “O chuveiro está com a resistência queimada”; “O resistor do ferro elétrico queimou”.

“O resistor do ferro elétrico queimou, porque o resistor é a peça que gera a resistência.” (G1)

A proposição de G1 estabeleceu corretamente a relação entre o dispositivo elétrico (resistor) e a propriedade física (resistência elétrica), apontando indícios de apropriação dos conceitos de resistência elétrica e resistor.

A resistência não é um material físico, trata-se daquilo que você pode mensurar, é o quanto o dispositivo oferece de resistência à passagem de corrente elétrica e a unidade de medida é Ohm, denotado por Ω . Resistor é o dispositivo dotado de resistência, que pode ser utilizado tanto para proteger circuitos ou controlar o circuito com a finalidade que se queira.

4.2.4 Potência elétrica

01. Como podemos diferenciar os termos, energia e potência elétrica?

“A energia é a corrente elétrica funcionando. A potência é a capacidade do aparelho de transformar energia.” (L1)

O grupo L1 teve dificuldade para distinguir e utilizar os termos energia e corrente elétrica. De acordo com Pozo e Crespo (2009, p.223) “ aparecem dificuldades para distinguir e

utilizar termos como “ diferença de potencial, “voltagem”, “corrente”, “energia”, “potência” etc”.

Em relação à potência elétrica a proposição do grupo já mostra indício de entendimento do conceito.

“A energia elétrica, permite estabelecer a corrente elétrica. A potência representa a taxa de consumo de energia elétrica em um determinado tempo.” (S3)

Em sua apresentação S3 fez um apontamento importante, relacionando a energia elétrica com a diferença de potencial elétrico que é o responsável pela geração da corrente elétrica e relaciona de forma plausível a potência, como a taxa de “consumo” de energia elétrica em um intervalo de tempo. Sendo assim encontramos na apresentação de S3 indícios de apropriação de conceitos de energia elétrica e potência elétrica.

4.3 Análise da aplicação do conhecimento: os conceitos de eletricidade utilizados no cotidiano dialogando com a perspectiva CTS

No momento da aplicação do conhecimento foram apresentadas questões relacionadas a eletricidade e as dimensões científica, tecnológica e social, favorecidas pelo enfoque CTS.

Santos e Schnitzler (1997) caracterizam o ensino CTS pelo uso de temas sociais para organização dos conceitos, ou seja, relacionar os conceitos científicos através dos interesses sociais dos estudantes.

4.3.1 Analisar o “consumo” de energia elétrica de eletrodomésticos

Professor: “Após os alunos analisarem o consumo de três equipamentos elétricos (ventilador de mesa, chuveiro elétrico e Tv em cores 32”), chegaram à seguinte conclusão:

“ O banho quente faz o chuveiro elétrico passar mais corrente elétrica no resistor, gasta mais energia ao esquentar a água.” (R1)

Dentre os três aparelhos aqui citados, o equipamento de maior consumo de energia elétrica é sim o chuveiro elétrico, mas, ao contrário do que afirmou R1, o resistor ocasiona uma diminuição na intensidade da corrente elétrica.

“ O chuveiro gasta mais, porque o resistor vai esquentar a água.” (S1)

Na concepção de S1 o equipamento de maior consumo de energia também, foi o chuveiro. No chuveiro elétrico, o resistor interno é o dispositivo responsável pela transformação de energia elétrica em energia térmica para aquecer a água.

A concepção de S1 foi importante para discussão sobre os aparelhos domésticos do tipo resistivos. Eles consomem mais energia, pois, ela é toda dissipada na forma de calor.

“ O chuveiro elétrico tem maior potência.” (K3)

Em sua proposição K3, considerou a maior potência do chuveiro elétrico como o elemento responsável pelo maior consumo, pois, o seu valor está diretamente relacionado com o aquecimento de água, quanto maior for a potência do chuveiro, mais ele esquentará a água e quanto mais potente o chuveiro (e mais tempo ele ficar ligado), maior será o consumo de energia elétrica.

Esta questão possibilitou o estudante a fazer a aplicação dos conceitos científico, analisando, interpretando e resolvendo os problemas, conforme a habilidade EF08CI04 da BNCC:

Calcular o consumo de eletrodomésticos a partir dos dados de potência (descritos no próprio equipamento) e tempo médio de uso para avaliar o impacto de cada equipamento no consumo doméstico mensal (BRASIL, 2017, p. 349).

De acordo com Bernado (2008 apud PEREIRA e ARAÚJO, 2021), uma análise mais criteriosa sobre o estudo da energia nos coloca, imprescindivelmente, diante de uma diversidade que é própria do tema, pois envolve questões tecnológicas, econômicas, políticas, sociais, culturais e ambientais.

4.3.2 Identificar os equipamentos de maior eficiência energética

Professor: “Cite Algumas dicas para usar menos recursos e proporcionar a mesma quantidade de energia útil”.

“Sempre preferir eletrodomésticos com o selo de eficiência (Procel).” (L1)

“Trocar de lâmpadas fluorescente por lâmpada de led.” (I3)

“Usar lâmpadas de led, mesmo que sejam mais caras.” (J1)

Em suas proposições, ambos os grupos apresentaram ações que otimizam o uso de energia, com base na seleção de produtos segundo critérios de sustentabilidade.

A atividade favoreceu as discussões sobre as contribuições do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia, levando em conta os aspectos sociais, ambientais e éticos, conforme propõem a habilidade EF08CI05 da BNCC:

Propor ações coletivas para otimizar o uso de energia elétrica em sua escola e/ou comunidade, com base na seleção de equipamentos segundo critérios de sustentabilidade (consumo de energia e eficiência energética) e hábitos de consumo responsável (BRASIL, 2017, p. 349).

4.3.3 Entender os dados da fatura de energia elétrica

Professor: “De posse de uma conta de luz, determine: a bandeira tarifária vigente, as leituras de energia anterior e atual do medidor, o consumo total de energia, o preço do KWh, o custo de fornecimento de energia, o custo dos tributos, a contribuição de iluminação pública e o custo total da fatura.”

“Bandeira tarifária verde, custo do fornecimento de energia elétrica R\$ 142,71, custo com tributos R\$ 21,23, contribuição de iluminação pública R\$ 26,50, o custo total foi de R\$ 190,44.” (D2)

“Bandeira tarifária vermelha, custo do fornecimento de energia elétrica R\$ 69,56, custo com tributos R\$ 8,81, contribuição de iluminação pública R\$ 11,21, o custo total foi de R\$ 89,58.” (J1)

Pode-se perceber que D2 e J1 ainda não conseguem fazer uma leitura plausível da fatura, pois, tiveram dificuldades na localização dos dados e na efetuação dos cálculos, mas através desta atividade foi possível promover uma discussão sobre os impostos, encargos e a contribuição para a iluminação pública que oneram o valor da conta de energia elétrica a ser paga pelo consumidor residencial.

Além dos cálculos e conceitos trabalhados, a atividade também foi importante para fazer a abordagem do Sistema de Bandeiras Tarifárias, que sinaliza aos consumidores os custos reais da geração de energia elétrica, que pode variar de acordo com as condições de geração do sistema energético do país, que depende da capacidade dos reservatórios. Se a bandeira está vermelha, o consumidor sabe que é conveniente economizar, ter um consumo mais consciente e evitar o desperdício de água e energia. O ensino com ênfase em CTS tem sempre este caráter multidisciplinar.

Conforme Santos e Mortimer (2002, p.11) “os conceitos são sempre abordados em uma perspectiva relacional, de maneira a evidenciar as diferentes dimensões do conhecimento estudado, sobretudo as interações entre ciência, tecnologia e sociedade.”

4.3.4 Compreender os termos energia renovável e energias “limpas”

Professor: “Podemos considerar a energia hídrica e a energia solar fotovoltaica, como limpas e renováveis? Por quê?”

“Podemos considerar elas limpas e renováveis, pois a energia solar fotovoltaica não causa danos para o meio ambiente e para a humanidade. Já a energia hídrica usa um recurso renovável, usa-se água, mas não libera gás que acaba trazendo alguns problemas.” (S3)

Ambas são energia renováveis, porém no momento não existe uma fonte energética 100% limpa, no caso da energia hídrica, se as represas forem construídas em áreas

constituídas originalmente, por campos e florestas e a vegetação não for previamente retirada, a decomposição das árvores liberam gases do efeito estufa, como o metano e a fotovoltáica, teremos emissões contabilizadas durante a construção de tais equipamentos, pelo uso de materiais específicos em painéis solares.

“Porque os recursos para gerá-las, conseguem se repor à medida que são utilizados, diferente dos combustíveis fósseis. Além de não poluir, a energia solar pode ser gerada o dia inteiro, assim como a energia hídrica.” (B1)

A partir da proposição de B1, pressupõem que entendeu o conceito de energia renovável e não renovável, porém, quanto o termo energia limpa, os estudantes concordam com o grupo S3, que tais fontes não geram gases estufas.

“Sim as usinas hidráulicas causam impactos socioambientais, mas não liberam gases do efeito estufa e a energia solar não causa nenhum impacto socioambiental e nem libera gases do efeito estufa.” (L1)

Na concepção de L1 as usinas hidrelétricas causam impactos socioambientais, porém também sustentam a ideia de zero emissão de gases estufa e não apresentam os aspectos negativos no uso da energia solar.

O propósito da atividade foi promover discussões e avaliação das matrizes de energia elétrica brasileira, quanto aos recursos utilizados e os impactos socioambientais, alinhado a habilidade EF08CI06 da BNCC:

Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola (BRASIL, 2017, p. 349).

Para Santos e Mortimer (2002, p.2) “a ciência e a tecnologia têm interferido no ambiente e suas aplicações têm sido objeto de muitos debates éticos, o que torna inconcebível a ideia de uma ciência pela ciência, sem considerar seus efeitos e aplicações”.

4.3.5 Propor possíveis soluções para problemas envolvendo redução do consumo de energia elétrica em uma residência

Professor: “Cite algumas dicas para redução do consumo de energia em sua residência.”

“ Usar a máquina de lavar roupas quando tiver uma quantidade de roupas suficiente para preenchê-la; usar o ferro de passar roupas, quando tiver roupas acumuladas para passar; manter luzes apagadas em ambientes desocupados.” (B1)

“ Apagar a luz quando não estiver no ambiente, desligar os ventiladores quando não estiver calor.” (J3)

“ Não ficar abrindo a geladeira toda hora ou deixá-la aberta por muito tempo.” (J1)

As três proposições apontaram corretamente ações coletivas para redução do consumo de energia elétrica em sua residência, com base na seleção de hábitos de consumo responsável.

Os estudantes foram capazes de articular o conhecimento sociocientífico sobre o tema eletricidade sob o prisma da perspectiva CTS.

As análises dos dados permitem constatar o entrelace dos Três Momentos Pedagógicos, não como etapas estanques de um roteiro mecânico de atividades, mas como um processo articulado e contínuo de mediação pedagógica.

A problematização se faz presente o tempo todo, mobilizando conhecimentos e oportunizando a apropriação de novos sentidos atribuídos a termos científicos, cujos significados podem diferir quando usados no contexto cotidiano. Também foi possível observar indícios da construção dos conceitos e sua aplicação prática a novos contextos sociais.

O movimento analítico enfatizou o processo de apropriação de termos científicos ligados à eletricidade, à identificação dos indícios da construção de conceitos relacionados as grandezas elétricas e a aplicação prática desses conhecimentos científicos e tecnológicos aos diversos contextos sociais.

5 - CONCLUSÃO

Realizamos neste trabalho uma investigação dos indícios de formação de conceitos científicos de eletricidade relacionados à eletrodinâmica clássica, por meio do desenvolvimento de uma sequência de ensino com o uso da energia fotovoltaica, a partir da abordagem dos três momentos pedagógicos, cujas análises fundamentaram-se no enfoque CTS e nas concepções apresentadas por Pozo e Crespo, acerca de algumas das ideias e dificuldade de aprendizagem relacionadas com a eletricidade.

O primeiro momento nos permitiu a contextualização do tema com o cotidiano do aluno e, assim; verificar o estágio dos conceitos espontâneos.

No segundo momento todos os conceitos foram apresentados através de aulas expositivas, dialogadas, experimentais e com uso do simulador Phet Colorado. As atividades realizadas em grupos possibilitaram a socialização do conhecimento entre o professor e aluno e entre os alunos.

No momento da aplicação do conhecimento foram apresentadas questões relacionadas a eletricidade e as dimensões científica, tecnológica e social, favorecidas pelo enfoque CTS, possibilitando a verificação da conscientização da sustentabilidade na geração e no uso da energia elétrica.

As atividades experimentais com o uso de mini placas solares para geração de energia fotovoltaica, contribuíram consideravelmente para a compreensão dos conceitos científicos de eletricidade, as discussões sobre a diversificação da matriz elétrica, além de possibilitar a introdução da Física Moderna no Ensino Fundamental, a partir do efeito fotovoltaico.

Através das análises de dados foi possível observar indícios da construção dos conceitos, sua aplicação prática a novos contextos sociais.

Diante do exposto a respeito de todo o material desenvolvido, em especial a utilização da energia fotovoltaica, estamos convencidos da aplicabilidade desta sequência didática em outras salas de aula do Ensino Fundamental e por outros profissionais da área de ensino.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Geração de energia solar: agora é a hora de investir?** Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/geracao-de-energia-solar-agora-e-a-hora-de-investir/>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

AULER, Décio; BAZZO, Antonio Walter. **Reflexões para a Implementação do Movimento CTS no Contexto Educacional Brasileiro**. Revista Ciência & Educação, v.7, n.1, p.1-13. 2001.

BACHELARD, Gaston. **A formação do Espírito Científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017.

BRASIL. BRASIL, Ministério da Educação, (1997). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental**. Brasília, MEC/SEF.

Condutores ôhmicos e não ôhmicos. Raisal, 2023. Disponível em <<https://blog.raisa.com.br/>>. Acesso em: 3 jan. 2023.

DAMIANI, M. F. et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de educação**, Pelotas, n. 45, p. 57-67, maio/ago. 2013.

DARTORA, Cesar A. *et al.* **Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, 2020.

DAVID J. Griffiths. **Eletrodinâmica**; tradução Helena Coimbra de Souza; revisão técnica Antônio Manuel Mansanares. – 3.ed.- São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: 66 Cortez, 1990a.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DRIVER, R. e EASLEY, J. Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*. V. 5, p. 61-84, 1978.

H. D. Young & R. A. Freedman, **Física III: Eletromagnetismo**, 12a. ed. Pearson, São Paulo, Brasil, 2009.

LOPES JUNIOR, A. D.; MORAES, B. M.; GONÇALVES, R. M. P. **Linguagem e formação de conceitos: Uma leitura a partir da escola de Vygotsky**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/1984-8412.2020v17n2p4895>. Acesso em 10 fev. 2020.

MARIANO, Juliana D'Angela. **Energia solar fotovoltaica: princípios fundamentais** / Juliana D'Angela Mariano, Jair Urbanetz Junior. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

MARQUES, Nelson Luiz Reyes e BULHÕES, Luís Otavio de Sousa. **Uma abordagem histórica sobre a interação da radiação com a matéria**. Revista Educa Mais, Vol. 3,nº 2, 2019.

MORAIS, Caio. **Célula fotovoltaica: Tudo que você precisa saber**. Disponível em: <https://www.eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>. Acesso: 02 de abr. De 2023.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica 1: eletromagnetismo**. 1ª edição – São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

O espectro eletromagnético e a luz visível. Colegioweb. Disponível em: <http://www.colegioweb.com.br/nocoos-gerais-de-ondas/o-espectro-eletromagnetico-e-a-luz-visivel.html>>. Acesso em: 20 mar. 2023

PEREIRA, Nádia Vilela; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de. Análise de publicações sobre o tema Energia com enfoque CTS no Ensino de Ciências no Brasil entre 2006 e 2017. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e160101119556, 2021.

PINHEIRO, N. Ap. M.; SILVEIRA, R. M. C. F; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PONTES e GUARALDO, L. (2014). **O Processo Ensino-aprendizagem na Perspectiva Histórico-cultural**. *Os Desafios da Escola pública paranaense na perspectiva do Professor, Paraná*, v. 1, p. 1-18. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_unespar-paranavai_ped_artigo_eliane_cristina_pontes.pdf. Acesso em: 3 jan. 2023.

PORTAL SOLAR. **Quem criou a Energia Solar? História da Energia Solar**. 2023. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/historia-e-origem-da-energia-solar>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SANTOS, Antonio Carlos Santana dos. **Eletricidade e Magnetismo I**. Ceará: Ed. Universidade Estadual do Ceará – EdUECE, 2015.

SANTOS, W.L.P. **Contextualização no ensino de ciências por meio de temas cts em 67 uma perspectiva crítica**. *Ciência & Ensino*. v.1, Nov. 2007. Número especial.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos.; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia – Sociedade no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Ed. Unijuí, 1997.

SERWAY, Raymond A. e Jewett Jr, John W., **Princípios de Física Volume 3 Eletromagnetismo**; tradução Leonardo Freire de Mello, Tania M. V. Freire de Mello; revisão técnica André Koch Torres Assis. - 3ª ed. – São Paulo: Ed. Thomson, 2006.

SWART, Jacobus W. **Semicondutores: fundamentos, técnicas e aplicações**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

WALKER, Jearl et al. **Fundamentos de física: volume 3: eletromagnetismo**. LTC, 2009.

APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM USO DA ENERGIA
FOTOVOLTAICA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE NO ENSINO
FUNDAMENTAL**

ROMÉRIO COSSI MATTOS



VITÓRIA - ES

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ROMÉRIO COSSI MATTOS
MÍRIAN DO AMARAL JONIS SILVA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM USO DA ENERGIA
FOTOVOLTAICA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE NO ENSINO
FUNDAMENTAL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ROMÉRIO COSSI MATTOS
MÍRIAN DO AMARAL JONIS SILVA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM USO DA ENERGIA
FOTOVOLTAICA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE NO ENSINO FUNDAMENTAL**

Trabalho apresentado como requisito para obtenção da qualificação no mestrado em Física, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física na Instituição Universidade Federal do Espírito Santo, com orientação da Prof.^a Dr.^a. Mírian do Amaral Jonis Silva.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	02
1.1 Introdução.....	02
1.2 Objetivos da Sequência Didática.....	03
2 . ELETRICIDADE : CONCEITOS E APLICAÇÕES NO ENSINO	
FUNDAMENTAL.....	04
2.1 Corrente elétrica.....	05
2.1.1 Condutores, isolantes semicondutores.....	06
2.1.2 Os sentidos da corrente.....	08
2.1.3 Os tipos de corrente.....	09
2.2 Tensão elétrica.....	10
2.2.1 A tensão elétrica gerada a partir do efeito fotovoltaico.....	11
2.2.2 A tensão elétrica 110 e 220V.....	14
2.3 Resistência elétrica.....	16
2.3.1 As Leis de Ohm.....	17
2.3.2 Associação de resistores em série e em paralelo.....	18
2.3.3 Como calcular o resistor adequado para ligar LEDS em série e em paralelo.....	20
2.4 Potência elétrica.....	20
2.4.1 Cálculo de consumo e custo de energia elétrica.....	22
3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	26
3.1 Descrição das atividades.....	35
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

1. APRESENTAÇÃO

Prezados(as) colegas de docência,

Este Produto Educacional (sequência didática) é um dos resultados da pesquisa realizada no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PPGEnFis) ofertado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

A sequência didática foi sistematizada nos três momentos pedagógicos com enfoque CTS com uso da energia fotovoltaica para o ensino de eletricidade no ensino fundamental.

A primeira parte deste material apresenta os conceitos básicos de eletricidade relacionados à eletrodinâmica a serem trabalhados no 8º ano do ensino fundamental e na segunda parte encontra-se a sequência de ensino, com o quadro sintético das aulas e a descrição das atividades educativas, respectivamente. Desenvolvidas em três momentos pedagógicos.

1.1. Introdução

Os alunos do ensino fundamental encontram muitas dificuldades para compreensão dos conceitos de eletricidade relacionados à eletrodinâmica, por se tratar de conceitos abstratos, pois não podemos vê-la, não tem cor, cheiro ou massa. A eletricidade é também mensurável, o que nos possibilita calcular seus valores, medir, aplicar e controlar seus efeitos e muitos professores se interessam em apenas trabalhar as deduções e as aplicações de fórmulas matemáticas para resolução de problemas, não se preocupam em buscar maneiras de tornar os conceitos mais “palpáveis” para os alunos. Estes, por sua vez, estão preocupados em decorar as fórmulas matemáticas, para realizar uma boa avaliação. Desta maneira, não há preocupação com o processo de formação dos conceitos.

A eletricidade está presente no nosso dia a dia e a apropriação dos seus conceitos pode contribuir para a ampliação das explicações, acerca deste fenômeno da natureza.

Esta sequência didática (SD) propõe-se a aproximar os alunos e o professor desse fenômeno, a partir dos conceitos cotidianos, a fim de possibilitar a apropriação dos conceitos científicos, por meio de aulas práticas, com uso de materiais e dispositivos presentes em nosso dia a dia, uso de simuladores e aula de campo, com uso de placas

solares, de modo a aproximá-los ainda mais do fenômeno da eletricidade, a partir do efeito fotovoltaico.

A sequência didática é desenvolvida em três momentos, a partir da problematização de questões que envolvem o fenômeno da eletricidade, para serem discutidas em grupo, onde agora o professor só acompanha as discussões e no segundo momento faz a exposição dos conceitos, com apresentação de experimentos e simuladores e no último momento é aplicado atividades coletivas, para constatar a apropriação dos conceitos de eletricidade relacionados à eletrodinâmica e a sua aplicação aos contextos cotidianos.

1.2 Objetivos da Sequência Didática

O objetivo desta proposta didática é oferecer diferentes estratégias e instrumentos de ensino por meios de metodologias que motivem e facilitem a aprendizagem. Após a utilização deste material o objetivo é que os alunos sejam capazes de:

- a) Apropria-se de conceitos científicos ligados à eletricidade;
- b) Identificar as grandezas elétricas;
- c) Aplicar na prática os conhecimentos científicos e tecnológicos aos diversos contextos sociais.

2. ELETRICIDADE: CONCEITOS E APLICAÇÕES NO ENSINO FUNDAMENTAL

A Eletricidade é a área da Física que estuda os fenômenos relacionados às cargas elétricas, estejam elas em repouso ou equilíbrio, ou em movimento. Como parte integrante da Nova Base Comum Curricular (BNCC), a partir do 8º ano, tal assunto visa a aprendizagem dos conceitos básicos de eletricidade, os vários aspectos da utilização da energia elétrica, bem como seus impactos socioambientais, conforme as habilidades da BNCC, descritas no quadro:

Quadro 1: Habilidades de Ciências da Natureza

(EF08CI01) Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.

(EF08CI02) Construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais.

(EF08CI03) Classificar equipamentos elétricos residenciais (chuveiro, ferro, lâmpadas, TV, rádio, geladeira etc.) de acordo com o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para a térmica, luminosa, sonora e mecânica, por exemplo).

(EF08CI04) Calcular o consumo de eletrodomésticos a partir dos dados de potência (descritos no próprio equipamento) e tempo médio de uso para avaliar o impacto de cada equipamento no consumo doméstico mensal.

(EF08CI05) Propor ações coletivas para otimizar o uso de energia elétrica em sua escola e/ou comunidade, com base na seleção de equipamentos segundo critérios de sustentabilidade (consumo de energia e eficiência energética) e hábitos de consumo responsável.

(EF08CI06) Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.

Fonte: BRASIL, 2017, p. 349

Antes de iniciar propriamente dito o estudo dos conceitos de eletricidade, é importante ressaltar que, assim, como os demais fenômenos naturais, a eletricidade sempre existiu

na natureza, mas somente em meados do século XIX é que o ser humano passou a entendê-la e manipulá-la.

Quando os estudos sobre eletricidade iniciaram, a capacidade de armazenar carga elétrica era muito limitada. De acordo com Jesus e Menezes (2012,p.16), por volta de 1800 essas limitações seriam superadas quando o cientista italiano Alessandro Volta construiu a primeira fonte geradora de energia elétrica, um gerador eletroquímico (pilha voltaica ou pilha úmida), que permitia conduzir uma corrente elétrica contínua, devido à diferença de potencial elétrico (tensão) entre dois pontos, a qual se manifestava na forma de pequenas faíscas ou de choques. A invenção da pilha de Volta levou ao desenvolvimento de teorias sobre circuitos elétricos.

Na França, em 1820, André Maria Ampère demonstrou que condutores percorridos por correntes elétricas desenvolvem forças de atração ou de repulsão (GASPAR, 2013). Ampère criou tanto o termo “eletrostático” como “eletrodinâmico”, para caracterizar fenômenos gerados por cargas em repouso e em movimento (CORDEIRO apud ASSIS; CHAIB, 2011, p.3).

Em 1827, na Alemanha o cientista George Simon Ohm descobre a relação entre corrente, tensão e resistência em um condutor elétrico surgindo uma das mais utilizadas expressões na eletricidade, a lei de Ohm (CHAVANTE, 2016).

As leis de Ohm são consideradas as leis mais importantes da eletrodinâmica.

Os conceitos básicos de eletricidade, relacionados à eletrodinâmica fundamentais para o entendimento do processo de geração da energia elétrica, distribuição e consumo são: corrente elétrica, tensão elétrica ou diferença de potencial (ddp), resistência elétrica e potência elétrica.

2.1 Corrente elétrica

A corrente elétrica é o movimento ordenado de portadores de cargas, como elétrons e os íons, dentro de um sistema condutor, devido a uma diferença de potencial entre as extremidades.

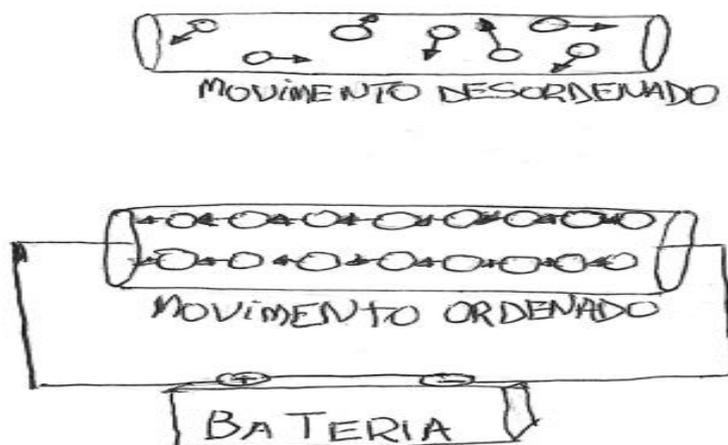
Nos condutores sólidos, os portadores de carga elétrica são os elétrons. Como exemplo de condutor sólido, temos os metais.

Nos condutores líquidos, os portadores de carga elétrica são os íons (cátions e ânions). Como exemplo, temos as soluções iônicas.

Nos condutores gasosos, os portadores de carga elétrica são os elétrons e os íons. Como exemplo temos os gases ionizados.

Hewitt (2015, p.431) afirma que “a corrente elétrica é o fluxo de carga elétrica, posta em movimento por uma voltagem e dificultada pela resistência. A relação matemática entre as três grandezas corrente, voltagem e resistência é creditada ao cientista alemão George Simon Ohm.”

Figura 1: produção do aluno Jihmmy J., ilustrando o movimento desordenado e o movimento ordenado das cargas elétricas (elétrons), com uso de uma bateria.



Fonte: produção do autor

2.1.1 Condutores, isolantes e semicondutores

Condutores são materiais que possibilitam a movimentação de cargas elétricas em seu interior com mais liberdade, em função dos elétrons livres presentes na sua camada de valência.

São exemplos de condutores elétricos os metais em geral, tais como cobre, alumínio e ouro.

De acordo com Hewitt (2015, p.212) “É fácil estabelecer uma corrente elétrica em metais, porque um ou mais dos elétrons das camadas mais externas desses átomos não estão

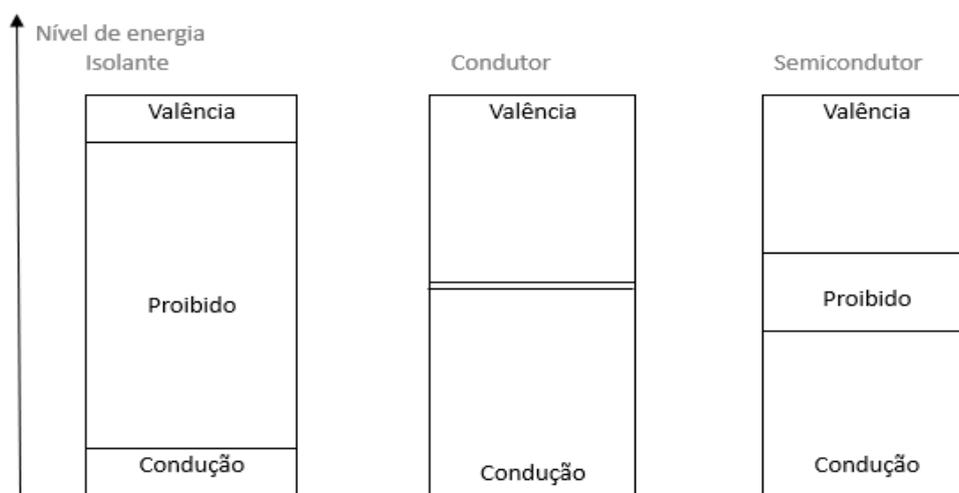
firmemente presos aos núcleos. Ao contrário, eles são praticamente livres para vagar pelo material.”

Os materiais isolantes são aqueles que oferecem grande oposição à passagem de cargas elétricas. Verifica-se a ausência ou pouca presença de elétrons livres. Os elétrons encontram-se, geralmente, firmemente ligados aos núcleos atômicos.

Em materiais como borracha e vidro, por exemplo, os elétrons estão fortemente ligados e pertencem de fato a átomos próprios, logo não são livres para fluir por entre os outros átomos do material (HEWITT,2015).

Já os semicondutores são materiais portadores de carga (elétrons livres) de nível intermediário entre extremidades condutora e isolante que podem se comportar algumas vezes como isolantes e algumas vezes como condutores, pelo fato de possuírem uma banda proibida intermediária, localizada entre as bandas de valência e a banda de condução (região onde sob ação de um campo elétrico, se forma a corrente elétrica), dependendo das condições físicas em que se encontram. As condições físicas geralmente envolvem temperatura e pressão, a incidência de radiação ou as intensidades do campo elétrico, ou magnético ao qual o material está sujeito.

Figura 2: Bandas de Valência, banda proibida e banda de condução de Isolantes, condutores e semicondutores



Fonte: O autor

Os semicondutores comumente utilizados no mercado é silício, o germânio. A produção de silício, entretanto, é mais explorada, pois sua ligação química é mais eficaz.

Os semicondutores estão presentes em muitos dispositivos do nosso cotidiano, como o LED, a placa fotovoltaica e aparelhos eletrônicos, como celulares e notebooks.

2.1.2 Os sentidos da corrente elétrica

Hoje é conhecido que no interior de um condutor metálico apenas os elétrons livres se movimentam (sentido real). Mas antes do estudo do átomo, já se percebia que a eletricidade era polarizada, logo, ela teria algum tipo de sentido e na ocasião, fazendo comparação com os fluidos, acreditou-se que a corrente fluiria do ponto de maior potencial (potencial positivo) para o ponto de menor potencial (potencial negativo), então esse ficou sendo o sentido da corrente elétrica naquela ocasião (sentido convencional). Usa-se para o sentido da corrente o movimento contrário ao dos elétrons.

Admite-se por convenção que o sentido da corrente elétrica é o sentido do movimento dos portadores de carga positiva. Quando os portadores de carga são elétrons (carga negativa), o sentido convencional da corrente elétrica é oposto ao movimento dos elétrons e conhecido como sentido eletrônico da corrente elétrica. Quando os portadores são íons positivos e negativos, como em um gás ou em uma solução, mantém-se a convenção do sentido de movimento dos portadores de carga positiva. (GASPAR, 2005, p. 442)

Figura 3: Produção do aluno Jihmmy J., ilustrando os sentidos da corrente elétrica.



Fonte: produção do autor

A intensidade da corrente elétrica (i) é calculada pela quantidade de cargas (ΔQ) que passam no condutor em um determinado tempo (Δt):

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Onde,

I: corrente elétrica (C/s ou A)

Q: carga elétrica (C)

T: tempo (s)

carga do elétron: $1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C.

No sistema internacional de unidades (SI) a medida de corrente elétrica é o Ampère. Um Ampère é igual a 1 coulomb de carga por segundo. (1 coulomb, a unidade padrão de carga, é a carga elétrica de 6,25 bilhões de bilhões de elétrons ou $6,25 \cdot 10^{18}$ elétrons).

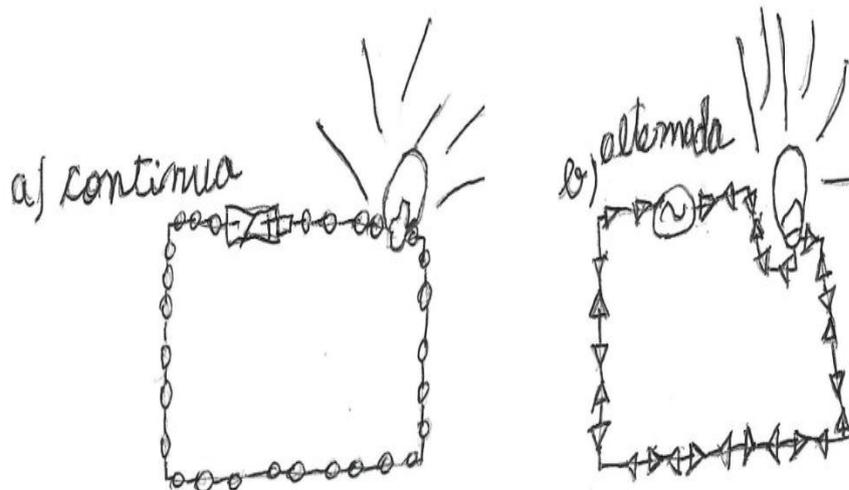
$1A = 1C/1s$.

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 (USBERCO et al., 2018).

2.1.3 Os tipos de corrente elétrica

Existem dois tipos de correntes elétricas. A contínua (DC) e a corrente alternada (AC). A corrente contínua possui sentido e intensidade constante, no tempo, ou seja, o fluxo de cargas ocorre em um único sentido; é o tipo de corrente fornecida por pilhas, baterias e placas fotovoltaicas. Já a corrente alternada muda periodicamente de sentido e de intensidade. Em outras palavras, os elétrons apresentam um movimento do tipo vaivém, alterando periodicamente o sentido desse movimento; é o tipo de corrente elétrica utilizado em nossas casas, fornecido pelos grandes geradores das usinas de eletricidade. (BARROS e PAULINO,2009).

Figura 4: produção do aluno Michel S., ilustrando os tipos de corrente elétrica.



Fonte: produção do autor

2.2 Tensão elétrica ou diferença de potencial (ddp)

Para abastecer com água uma região, o reservatório deve ser colocado no ponto mais elevado do lugar, pois a água move por gravidade, do nível mais alto (maior potencial gravitacional) para o nível mais baixo (menos potencial gravitacional). Com a diferença de nível, forma-se um fluxo de água no cano que os une (condutor). A essa diferença de nível dá-se o nome de diferença de potencial gravitacional. Portanto, para que haja um fluxo de água de um reservatório para o outro, é necessário que exista diferença de potencial gravitacional entre eles.

De maneira semelhante, para que haja um fluxo de carga elétrica pelo fio condutor de um circuito elétrico, deve haver uma diferença de potencial (ddp) entre os terminais de um gerador (USBERCO et al., 2018).

A diferença de potencial (ddp), também chamada de tensão pode ser definida como o trabalho necessário para que uma carga se desloque de um ponto A para um ponto B, quando imersa em um campo elétrico. Ou seja, trata-se da força que impulsiona os elétrons dentro de uma corrente.

Quando existe uma certa diferença de potencial entre dois pontos e ligamos esses pontos através de um fio condutor, no seu interior irá surgir um movimento ordenado de cargas elétricas. Este movimento é chamado de corrente elétrica.

Para que um aparelho elétrico funcione, é preciso que exista uma ddp entre seus terminais. Normalmente, nestes equipamentos é indicado o valor da tensão que devem ser ligados.

De acordo com Usberco et al. (2018) 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: $1V = 1J / 1C$.

“Uma bateria comum de automóvel fornecerá uma tensão elétrica de 12 volts ao circuito que for conectado a seus terminais. Então 12 joules de energia são fornecidos a cada coulomb que é forçado a fluir pelo circuito ligado a esses dois terminais.” (HEWITT, 2015, p. 433).

A diferença de potencial pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$U = I \cdot R$$

Em que:

U = diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica (V)

I = intensidade da corrente elétrica (A)

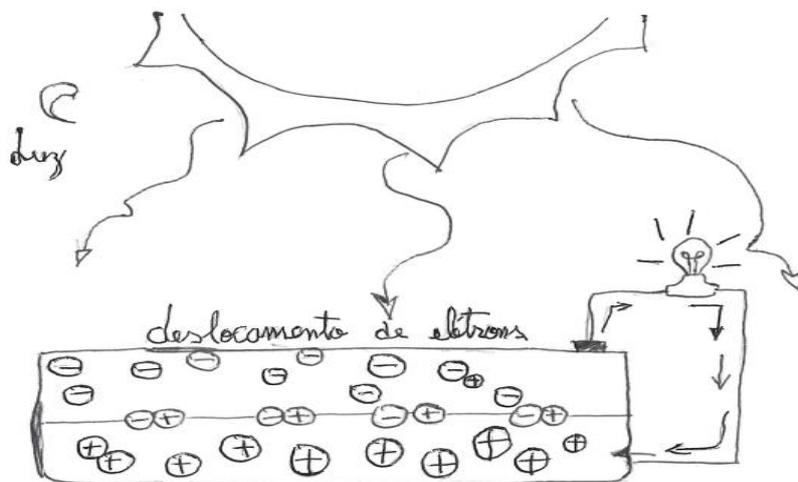
R = resistência elétrica (Ω)

2.2.1 A tensão elétrica gerada a partir do efeito fotovoltaico.

O efeito fotovoltaico é caracterizado pelo surgimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor, quando este é exposto à luz visível.

Para VILLALVA M.G (2015), o efeito fotovoltaico é a base dos sistemas fotovoltaicos voltados para a produção de energia elétrica. O chamado efeito fotovoltaico ocorre quando a luz solar, por meio dos fótons, é absorvida pela célula fotovoltaica, que utilizam materiais semicondutores, como o silício cristalino e excita alguns elétrons, que passam da banda de valência para banda de condução, gerando uma diferença de potencial, estabelecendo corrente elétrica.

Figura 5: produção do aluno Jihmmy J., ilustrando o efeito fotovoltaico.



Fonte: produção do autor

A luz que enxergamos é denominada cientificamente de onda eletromagnética, uma combinação de campos elétricos e magnéticos variáveis que se propaga pelo espaço carregando energia.

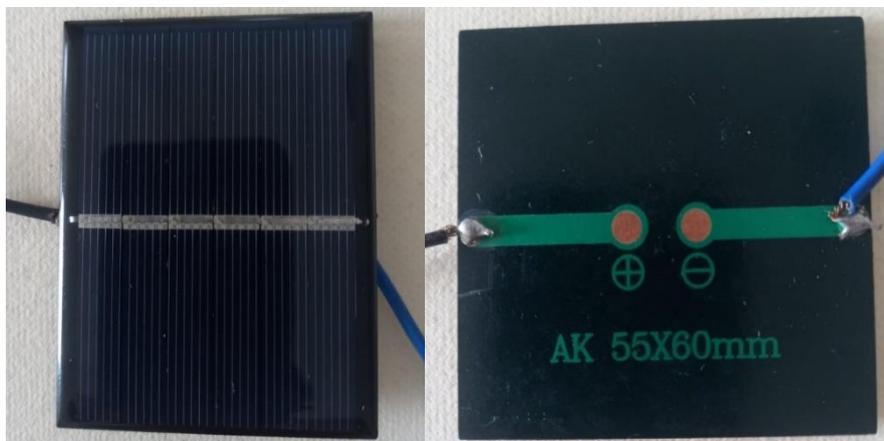
O efeito fotovoltaico é originado pela energia dos fótons de luz de determinadas frequências da onda eletromagnética.

Os fótons são partículas que compõem a luz e que carregam essa energia, podendo ser definidos como pequenos “pacotes” de energia. Dessa forma, a luz é tanto onda quanto partícula, pois apresenta características de onda (refração, dispersão e polarização) e é composta por partículas (os fótons).

A energia do fóton está diretamente relacionada com a frequência de onda da radiação eletromagnética. Quanto mais alta a frequência, maior a energia do fóton.

Um dispositivo capaz de converter a luz diretamente em energia elétrica, através da produção de uma tensão e uma corrente elétrica sob iluminação, é denominado célula fotovoltaica. (LIMA et al., 2019).

Figura 6: Mini placa Fotovoltaica de silício, lados frontal (esquerda) e traseiro (direita).



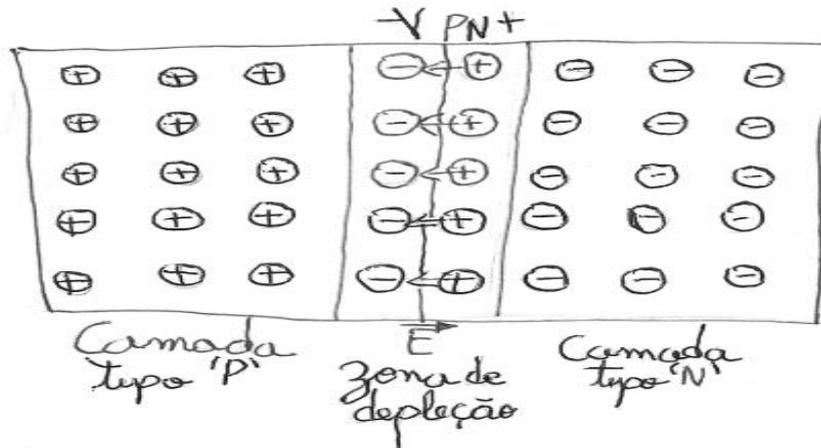
Fonte: o autor

De acordo com o Portal Solar (2023), a origem da tecnologia fotovoltaica deu-se em 1839, após a pesquisa do físico francês Alexandre Edmond Becquerel, que descobriu o efeito fotovoltaico, e com a invenção da primeira célula fotovoltaica em 1883, por Charles Fritts.

O material semicondutor utilizado para construir uma célula fotovoltaica é o silício cristalino, o qual é cortado em lâminas muito finas. Algumas destas lâminas são, em seguida, “dopadas” positivamente e negativamente, formando assim a junção P-N. A obtenção das junções P-N se dá na introdução de átomos do tipo P (átomos com déficit de elétrons, com relação ao material semicondutor) na metade de uma lâmina de silício e na outra metade, são introduzidos átomos do tipo N (átomos com excesso de elétrons, com relação ao material semicondutor). (MARIANO e JÚNIOR, 2022, p.9).

As junções são separadas por uma região, conhecida com zona de depleção que surge, devido à recombinação de elétrons e lacunas, onde é ocasionado um campo elétrico interno, e conseqüentemente, uma diferença de potencial, formando uma barreira que impedirá a circulação de elétrons entre os dois materiais (MORAES, 2020). Esta tensão forma uma barreira impedido a circulação de elétrons entre as camadas.

Figura 7: produção do aluno Jihmmy J. , ilustrando a Junção P-N de uma célula fotovoltaica de silício.



Fonte: produção do autor

Uma vez estável, só haverá deslocamento de elétrons da camada 'N' para camada 'P' quando ocorrer recebimento de energia de um meio externo. No caso da célula fotovoltaica, essa energia é proveniente dos fótons, presentes na luz solar, que ao excitar os elétrons ocasiona a passagem destes da camada de valência para camada de condução. (MORAES, 2020).

Por meio de um circuito externo ligado à camada de valência e a camada de condução, surge o movimento de elétrons (corrente elétrica), que é mantida pela incidência de luz. A taxa de elétrons gerada, depende da quantidade de luz e da capacidade de absorção do material semicondutor. (MORAES, 2020).

2.2.2 A Tensão 110 e 220V

No Brasil a escolha do sistema elétrico como sendo de 110 volts ou de 220 volts, dependeu da empresa que executou a instalação da rede elétrica nas diferentes regiões do Brasil, no Sudeste as empresas americanas e canadenses optaram por 110 V e no Nordeste outras empresas europeias optaram por 220 V. Até hoje permanece assim, por ser muito caro uma mudança para deixar todo o país com o mesmo padrão de voltagem (VENTURA, 2013).

Não há diferença entre a tensão de 110 e 220V quanto ao desempenho dos equipamentos elétricos, os fabricantes escolhem a voltagem conforme a disponibilidade de cada local.

No que se refere a economia de energia, dependendo do aparelho escolhido poderá haver desvantagens usar tensão 110V. Como muitos sabem, os “vilões” das contas de luz são chuveiros, secadoras de roupas, secadores de cabelos, aquecedores etc. Esses aparelhos, conhecidos como aparelhos resistivos, precisam produzir calor e, por esse motivo, gastam muito mais energia. Nestes casos específicos, o 220V pode ser mais vantajoso. (OLIVEIRA, 2016).

Nos demais aparelhos a tensão não faz diferença, porque o consumo é medido em quilowatt-hora, ou seja, pela potência e pelo tempo de funcionamento dos aparelhos ligados.

Mas o principal fator que influencia o maior ou menor gasto dos aparelhos elétricos é a dimensão do fio por onde a energia passa. O diâmetro dos fios que vão transportar a energia, por exemplo, são menores em uma tensão de 220V, do que em uma de 110V. Isso acontece, pois, independentemente da tensão, a potência dos aparelhos não muda. Ou seja, se um eletrodoméstico ou aparelho eletrônico possui uma determinada potência, a instalação de menor tensão, no caso 110V, precisa de mais corrente elétrica para manter essa potência e o equipamento funcionando. Para suportar o aumento da corrente, os fios precisam de uma espessura maior. Já em uma instalação de 220V, os fios podem ter um diâmetro menor, uma vez que a corrente elétrica necessária para o aparelho funcionar vai ser menor. Se a fiação de uma casa for dimensionada de acordo com os padrões atuais, aparelhos de 110 e 220V trarão o mesmo gasto. (OLIVEIRA, 2016).

Se o aparelho for ligado a uma tensão maior, ele pode ser danificado e parar de funcionar. Se for ligado a uma tensão menor, não funciona ou funciona mal.

A tensão de 110V tem predominado em alguns países, como o nosso, simplesmente por uma questão de segurança. Na hora que o dedo encosta acidentalmente num fio da rede, o choque de 220 volts é duas vezes mais forte que um de 110 volts. Mas o que causa um choque elétrico no corpo humano: a corrente ou a voltagem?

Ao atravessar um organismo vivo, a corrente elétrica pode provocar um choque, causando diversos efeitos. A corrente depende da voltagem aplicada e da resistência do corpo humano.

Tabela 1: os efeitos da corrente elétrica sobre o corpo humano

Corrente (A)	Efeito
0,001	Pode ser sentida
0,005	É dolorosa
0,010	Causa a contração involuntária dos músculos (espasmos)
0,015	Causa perda do controle muscular
0,070	Através do coração, causa distúrbio sério; provavelmente fatal se a corrente perdurar por mais de 1s.

Fonte: HEWITT, 2015.

A resistência do corpo humano depende de suas condições e varia desde cerca de 100 Ω , se está encharcado com água salgada, até cerca de 500.000 Ω , se a pele está muito seca.

2.3 Resistência elétrica

Resistência elétrica é a capacidade de um condutor qualquer se opor à passagem de corrente elétrica mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada.

Quando a corrente elétrica atravessa um condutor ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica, em razão das diversas **colisões** que ocorrem entre os elétrons e os átomos que constituem a estrutura cristalina do material. Esse fenômeno é denominado efeito térmico ou efeito Joule. (JÚNIOR;FERRARO; SOARES, 2015).

Os resistores são utilizados como aquecedores em chuveiros elétricos, secador de cabelo, ferros de passar roupa, torradeiras elétricas dentre outros. Eles são também usados para limitar a intensidade da corrente elétrica que passa por determinados componentes eletrônicos. Nestas utilizações a finalidade não é dissipar energia elétrica e sim energia térmica.

Para Quantificar a maior ou menor dificuldade com que os elétrons fluem por um condutor não depende apenas da voltagem, mas também de uma grandeza física denominada resistência elétrica. Isto é semelhante ao fluxo de água em um cano, que não depende apenas da diferença de pressão entre suas extremidades, mas também de suas dimensões. “A resistência de um fio depende da sua espessura, do seu comprimento e de sua condutividade específica. Fios grossos têm uma resistência menor

do que fios finos. Fios compridos têm resistência maior do que fios curtos.” (HEWITT, 2015, p. 433).

A resistência elétrica também depende da temperatura. Quanto maior a agitação dos átomos dentro de um condutor, maior a resistência que ele oferece ao fluxo de carga.

2.3.1 As Leis de Ohm

Em 1827, na Alemanha o cientista George Simon Ohm, após a observação de diversos circuitos elétricos verificou a relação entre corrente, tensão ou ddp e resistência e a apresentou pela relação matemática conhecida como a primeira lei de Ohm (USBERCO et al., 2018).

Figura 8: produção do aluno Jihmmy J., ilustrando a 1ª lei de Ohm.

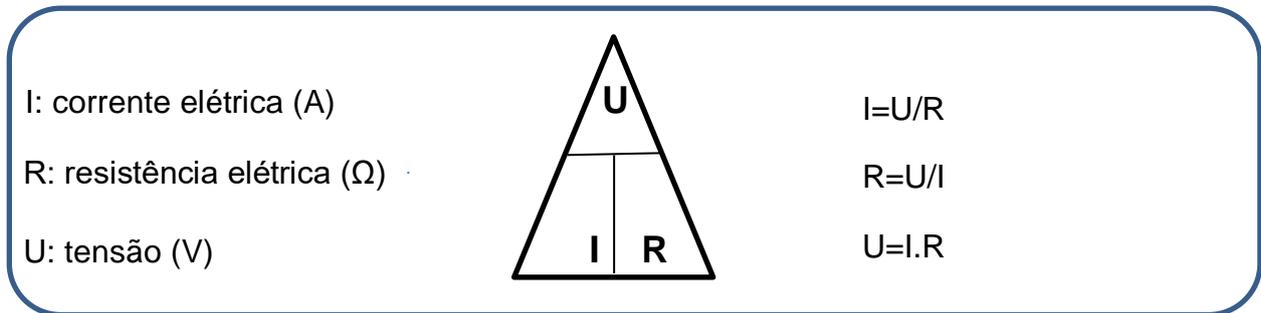


Fonte: produção do autor

Segundo Barros e Paulino (2018), a **1ª lei de ohm** determina que a corrente elétrica (i) é proporcional à tensão (U) a que o condutor está submetido. E se essa relação é constante,

ou seja, se a resistência elétrica (R) é constante, chamamos esses resistores de ôhmico.

Figura 9: Triângulo da tensão



Fonte: adaptado pelo autor

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

A segunda lei de Ohm determina que a resistência elétrica de um corpo é diretamente proporcional ao seu comprimento e resistividade e inversamente proporcional à sua área transversal.

Fórmula da segunda lei de Ohm:

R – Resistência (Ω)

ρ – Resistividade ($\Omega.m$)

L– Comprimento (m)

A – Área transversal (m^2)

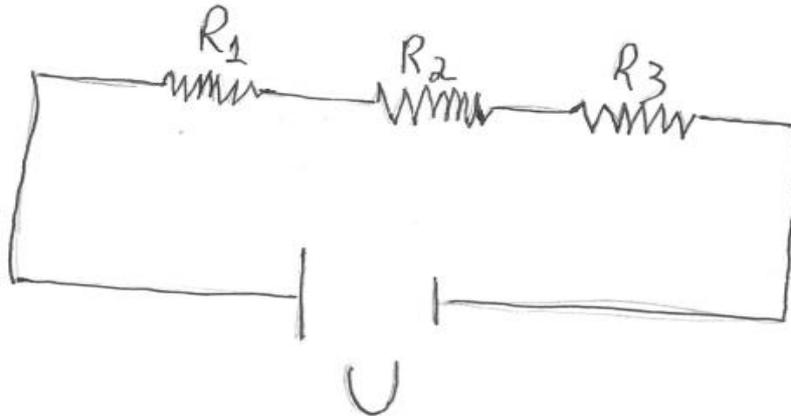
$$R = (\rho.L)/A$$

2.3.2 Associação de resistores em série e em paralelo

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 de resistores em série, os resistores são ligados em sequência. Isso faz com que a corrente elétrica seja mantida ao longo do circuito, enquanto a tensão elétrica varia.

Figura 10: produção do aluno Jihmmy J., ilustrando a associação de resistores em série.



Fonte: produção do autor

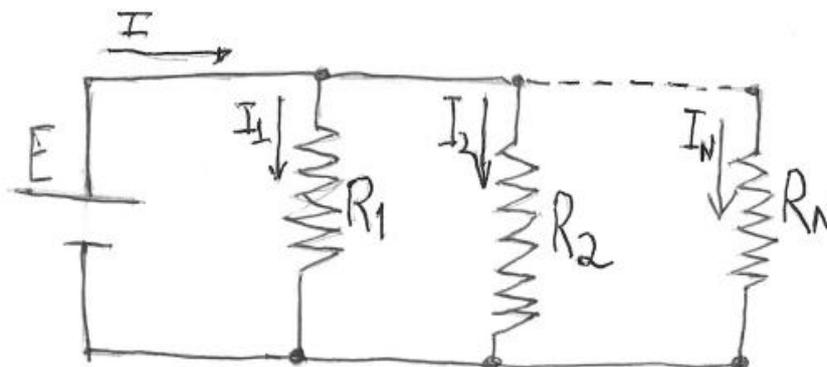
Assim, a resistência equivalente (R_{eq}) de um circuito corresponde à soma das resistências de cada resistor presente no circuito: $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

Na associação de resistores em paralelo, todos os resistores estão submetidos a uma mesma diferença de potencial. Sendo a corrente elétrica dividida pelos ramos do circuito.

Assim, o inverso da resistência equivalente de um circuito é igual à soma dos inversos das resistências de cada resistor presente no circuito: $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

Quando, em um circuito em paralelo, o valor das resistências for igual, podemos encontrar o valor da resistência equivalente dividindo o valor de uma resistência pelo número de resistências do circuito, ou seja: $R_{eq} = \frac{R}{n}$

Figura 11: produção do aluno Jihmmy J., ilustrando a associação de resistores em Paralelo.



Fonte: produção do autor

2.3.3 Como calcular o resistor adequado para ligar LEDs em série e em paralelo

Para calcular o resistor adequado para um LED é preciso saber:

a tensão da fonte de alimentação, ou seja, quantos volts vai usar para alimentar o LED.

a tensão suportada pelo LED em volts.

a corrente suportada pelo LED em amperes.

Fórmula para calcular o resistor adequado para um LED:

$$R = (U_{\text{alimentação}} - U_{\text{led}}) / I$$

Onde,

$U_{\text{alimentação}}$: tensão em volts da fonte de alimentação usada no LED.

U_{led} : tensão em volts do LED.

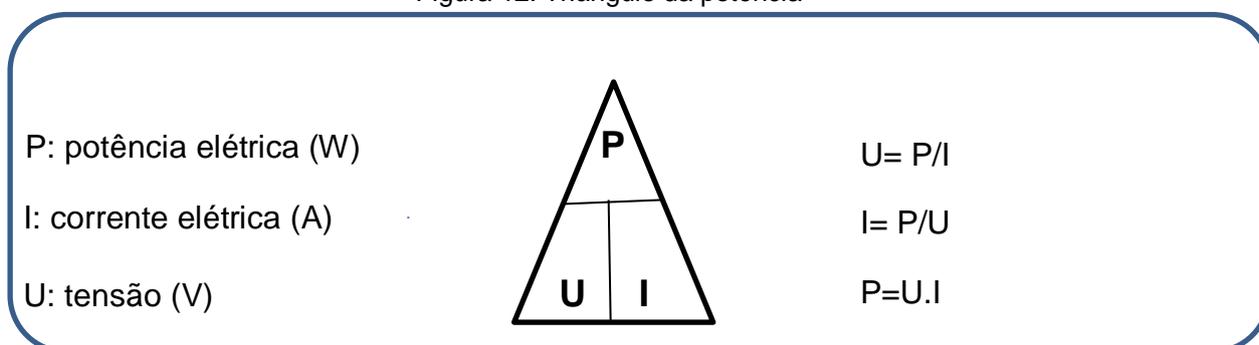
I: corrente do LED em amperes.

2.4 Potência elétrica

“A corrente elétrica sempre realiza trabalho, cujo resultado é o funcionamento de uma máquina, o giro das hélices de um ventilador ou o aquecimento de um ferro elétrico, entre outros exemplos” (BARROS E PAULINO, 2009, p.171).

“A taxa com a qual a energia elétrica é convertida em outra forma, tal como energia mecânica, calor ou luz, é chamada de potência elétrica. A potência elétrica é igual ao produto da corrente pela voltagem.” (HEWITT, 2015, p. 440).

Figura 12: Triângulo da potência



Fonte: adaptado pelo autor

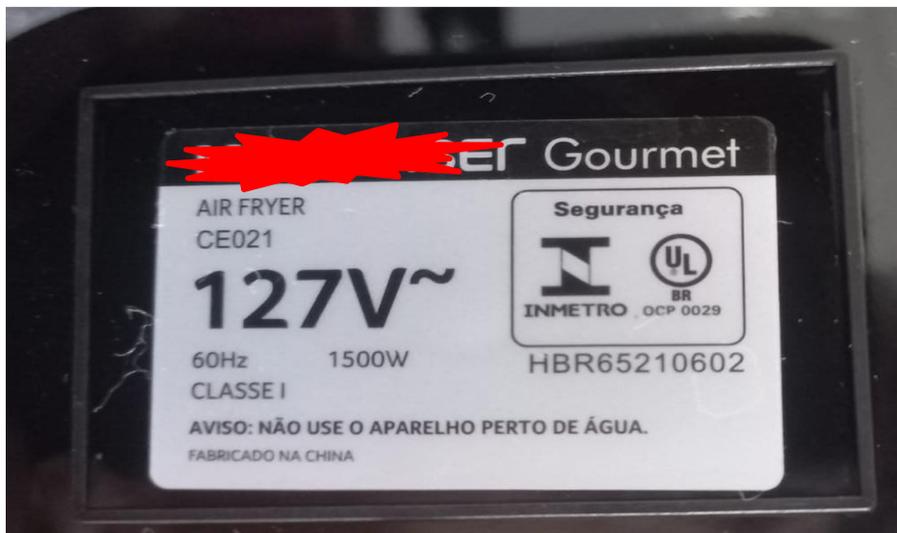
“A potência é a eficiência dos equipamentos em transformar energia, ou seja, o quão rápido o dispositivo consegue transformar uma energia (ΔE) em outra. É medida em watts (W)” (USBERCO et al.,2018). A medida em watts é equivalente a joules por segundo (J/s).

Uma lâmpada de 60 W, por exemplo, transforma 60 J de energia elétrica em luz e calor a cada segundo.

$$P: \text{potência elétrica (W)} = \frac{\Delta E: \text{energia transformada (consumida)}}{\Delta T: \text{intervalo de tempo (h)}}$$

Geralmente os equipamentos trazem consigo o valor da potência elétrica em Watt, junto às informações técnicas fornecidas pelo fabricante, como mostra a figura.

Figura 13: informações técnicas de uma air fryer



Fonte: o autor

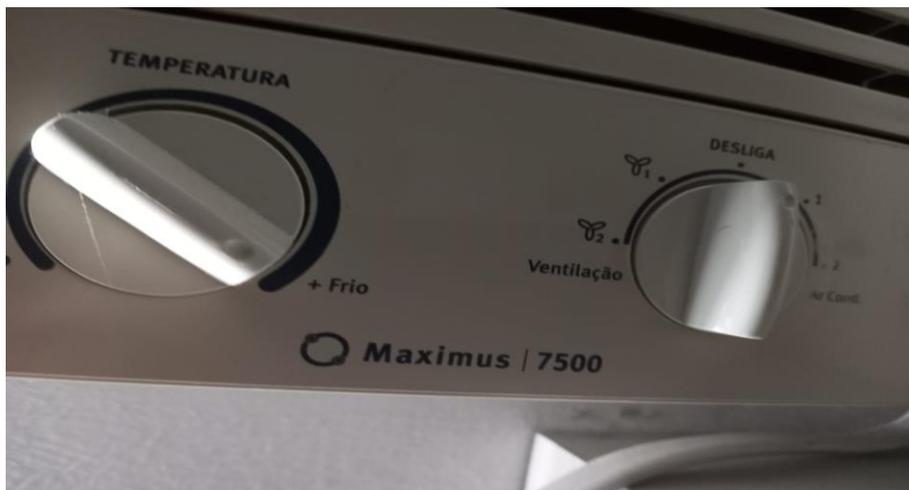
A medida de potência de aparelhos de refrigeração, em especial o ar-condicionado, é geralmente dada pela sigla BTU. A BTU (*British Thermal Unit*) é uma unidade de

medida oficial do sistema inglês, adotada internacionalmente para mensurar a potência de refrigeração de alguns aparelhos elétricos. (ABB,2023).

Para converter a unidade de BTU para watts, usa-se a relação de 1 para 0,2929, significando que um BTU equivale a 0,2929 watts.

Por exemplo, se o usuário adquirir um ar-condicionado com potência de 7.500 BTUs, conforme a figura, ele terá de multiplicar o número por 0,2929. O cálculo é o seguinte: 7.500 BTUs X 0,2929 é igual a 2.196,75 W.

Figura 14: aparelho de ar-condicionado de 7500BTUS



Fonte: o autor

2.4.1 O cálculo do consumo e custo de energia elétrica

A unidade joule (J) do Sistema Internacional de Unidades não é utilizada aqui por ser muito pequena para a medida da energia elétrica, é mais adequado o uso da unidade em quilowatt-hora. A unidade kwh vem da relação da energia elétrica com a potência.

A relação entre o consumo de energia elétrica e o uso de um aparelho pode ser obtida por meio da expressão seguinte da expressão:

$$\Delta E = P(W) \cdot \Delta T(h) / 1000$$

Custo da energia = ΔE_m . preço do KWh.

Onde,

P = potência elétrica (W)

ΔE = energia transformada (consumida)

ΔT = intervalo de tempo (h)

ΔE_m = consumo mensal (KWh)

No Brasil a principal matriz elétrica é a hidrelétrica, assim, a partir de 2015, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, passou-se a adotar um sistema de bandeiras tarifárias, segundo a resolução Normativa ANEEL n.º 54713 de 16/04/2013. Uma política de preço da energia elétrica, indexada ao nível de água nos reservatórios, diretamente ligado ao regime de chuvas nas regiões onde as maiores hidrelétricas estão instaladas.

a) Bandeiras tarifárias do setor elétrico brasileiro

Segundo a ANEEL (2015), o sistema de bandeiras tarifárias é um instrumento cujo objetivo é sinalizar aos consumidores de energia elétrica os reais custos de geração de energia. O sistema é válido em todo o território brasileiro, com exceção dos locais atendidos pelas concessionárias não interligadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN). As bandeiras tarifárias, refletem os custos variáveis da geração de energia, podendo assim, esses custos serem maiores ou menores.

O Sistema Interligado Nacional - SIN é um sistema hidrotérmico de grande porte para produção e transmissão de energia elétrica e no período de estiagem prolongada, as usinas termelétricas, movidas a combustíveis como gás natural, carvão, óleo combustível e diesel, podem passar a ser acionadas para poupar água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, ocasionando um custo de geração de energia maior.

Havendo um nível de água suficiente nos reservatórios, as usinas termelétricas não precisam ser utilizadas e o custo de geração de energia tende a ser menor.

O funcionamento é simples: as cores das Bandeiras são as mesmas cores dos semáforos (verde, amarela ou vermelha) indicam se a energia custará mais ou menos em função das condições de geração de eletricidade (ANEEL, 2015).

Bandeira verde - condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo.

Bandeira amarela - condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.

Bandeira Vermelha Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Bandeira Vermelha Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Figura 15: Fatura de energia elétrica, com campo de informação da bandeira tarifária

EDP Espírito Santo Distribuição de Energia S.A.
 Rua Florentino Faller, nº 80 - 1º, 2º e 3º Andar
 Salas 101, 102, 201, 202, 301 e 302 - Edifício Maxi I
 Bairro Enseada do Suã - Vitória - ES - CEP 29050-310
 CNPJ 28.152.650/0001-71 Insc. Estadual 080.250.16-5
 NotaFiscal/Conta de Energia Elétrica nº 106.717.214

Emissão autorizada pelo
 Regime Especial REOA nº 021/2020
 Processo nº 2020-9DS46

FUNDAÇÃO ABREJO - EMPRESA ANEXA DA CEMAR
 RECONHECE

1 / 2

Cliente / Endereço de Entrega
 [Redacted]

Número da Instalação
 160614924

Data de Vencimento
 10/04/2023

Conta do Mês
 Março/2023

Central de Atendimento
 ao Cliente - 24h
 0800 721 0707

COD. IDENT. 0401658475 COD. FISCAL OPERAÇÃO: 5258
 GRUPO/SUBGRUPO: B - B1 CLASSE/SUBCLASSE: RESIDENCIAL
 TP FORNECIMENTO: BIFÁSICO MODALIDADE TARIFÁRIA: CONVENCIONAL
 TENSÃO NOMINAL: 220 / 127 V ROTEIRO DE LEITURA: B42CR08B00298

Bandeiras Tarifárias
 Bandeira Tarifária Vigente na Data de Faturamento: VERDE
 Nº dias Fat. Bandeira VERDE: 33 dias (16/02/2023 a 20/03/2023)

Local de Consumo
 [Redacted]

Informações sobre o sistema de bandeiras tarifárias estão disponíveis no site da ANEEL (www.aneel.gov.br)

Fonte: EDP Espírito Santo Distribuição de Energia S.A, adaptado pelo autor.

A fim de orientar o consumidor no ato da compra de equipamentos e eletrodomésticos foi instituído no Brasil em 1985, uma ferramenta simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e que consomem menos energia elétrica.

b) O Selo Procel

Conforme o Centro Brasileiro de Eficiência Energética – PROCEL INFO (2023), o Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica foi instituído em 30 de dezembro de 1985, pela Portaria Interministerial nº 1.877, para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Desde então, as ações do Procel contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia. Ainda segundo o PROCEL INFO (2023), uma das ações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, foi a criação do Selo Verde de eficiência energética, o Selo Procel. Instituído por Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993, o selo tem como finalidade ser um instrumento simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e consomem menos energia.

Figura 16: Etiqueta do Selo Procel, com coeficiente de eficiência energética



Fonte: Gewandsznajder, Fernando - Teláris Ciências, 8º ano: ensino fundamental, ano finais/ Fernando Gewandsznajder, Helena Pacca. – 3. Ed. – São Paulo: Ática, 2018, p.206.

De acordo com Gewandsznajder (2018, p. 206), “a cor verde indica maior eficiência energética, ou seja, o produto consome menos energia do que aparelhos similares, considerando as mesmas condições de uso”.

3. SEQUÊNCIA DE ENSINO (QUADRO SINTÉTICO)

Nesta sequência de aulas será apresentado o estudo dos conceitos abordados em eletrodinâmica:

ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	MOMENTO PEDAGÓGICO	TÓPICOS
<p>Aula 1, 2 e 3 Corrente elétrica</p>	<p>1. Problematização</p>	<p>1. Quem mora nas grandes cidades, já deve estar acostumado a ver uma grande quantidade de fios e cabos elétricos acima de sua cabeça. Qual a finalidade de todos esses fios? 2. O que é necessário para acender uma lâmpada elétrica?</p>
	<p>2. Organização do conhecimento</p>	<p>I. Exposição dialogada do conceito de corrente elétrica; II. Experimento: constatação da corrente elétrica, através do brilho de um LED. III. Experimento: condutividade elétrica por um fio condutor e condutividade elétrica por um processo de ionização. IV. Uso do simulador Phet colorado para o ensino dos tipos de corrente (corrente contínua (DC) e corrente alternada (AC)); dos sentidos da corrente (corrente convencional e corrente real) e da intensidade da corrente elétrica.</p>
	<p>3. Aplicação do conhecimento</p>	<p>I. Atividade prática em grupo: construção de um circuito de corrente contínua com geração de corrente elétrica por meio de fio condutor e solução iônica.</p>

		<p>II. Atividade prática em grupo: construção de um circuito de corrente contínua, com geração de corrente elétrica, utilizando uma mini placa fotovoltaica.</p> <p>III. Construção de circuitos elétricos com geração de corrente contínua e alternada, com a utilização do simulador Phet Colorado.</p> <p>IV. Atividades em grupo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como os fios metálicos conduzem eletricidade? 2. Como podemos comparar o fluxo de água com a corrente elétrica? 3. Por que um equipamento elétrico funciona quando ligado a uma bateria? 4. Por que uma lâmpada acende quando acionamos o interruptor? 5. O que acontece ao brilho da luz emitida pelo filamento de uma lâmpada se aumentar a corrente que flui por ele? 6. (Adaptada - UNAMA-PA) Considere os seguintes dispositivos elétricos comuns em nosso cotidiano: uma bateria de automóvel, uma lâmpada incandescente e uma lâmpada fluorescente. Qual a constituição da corrente elétrica no interior de cada aparelho? 7. De acordo com que vocês aprenderam sobre a corrente elétrica: <ol style="list-style-type: none"> a) Esquematize um circuito elétrico de corrente contínua: b) Esquematize um circuito elétrico de corrente alternada:
--	--	--

		<p>c) Esquematize um circuito elétrico com corrente real:</p> <p>d) Esquematize um circuito elétrico com corrente convencional:</p> <p>8. Calcule a intensidade da corrente elétrica e a quantidade de carga:</p> <p>a) Por um ponto de um circuito elétrico passam 50 C em 2,5 s. Qual é a intensidade da corrente elétrica?</p> <p>b) Determine a quantidade de carga que atravessa uma lâmpada ligada a uma bateria durante 30 segundos, que é percorrida por uma corrente elétrica de 0,1 A.</p>
<p>Aula 4,5 e 6 Tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp)</p>	<p>1. Problematização</p>	<p>1. Por que a prática de soltar pipa, principalmente com linha contendo cerol próxima à rede alta tensão, pode ser bastante perigosa?</p> <p>2. Por que os pássaros não tomam choque em fios e cabos elétricos desencapados?</p>
	<p>2. Organização do conhecimento</p>	<p>I. Exposição dialogada do conceito de tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp);</p> <p>II. Uso do simulador Phet Colorado (Circuito DC) para o ensino do conceito de tensão elétrica.</p> <p>III. Experimento: constatação da tensão elétrica em pilhas, bateria, mini placa fotovoltaica e LED de alto brilho, através da função de tensão contínua de um multímetro.</p> <p>IV. A tensão elétrica gerada a partir do efeito fotovoltaico.</p>

		<p>V. As diferenças entre a tensão de 110 volts e 220 volts.</p> <p>VI. O choque elétrico e seu efeito fisiológico.</p>
	<p>3. Aplicação do conhecimento</p>	<p>I. Construa um circuito de corrente contínua com uma bateria de 9V e um circuito de corrente contínua, com duas baterias de 9V, utilizando o simulador Phet Colorado, observe os valores da corrente elétrica e responda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Qual a relação da tensão elétrica com a corrente elétrica nos circuitos? 2. Comparando os dois circuitos. Por que na tensão de 18V o brilho da lâmpada é maior? <p>II. Atividade experimental em grupo: constatação da tensão elétrica e da corrente elétrica, a partir do efeito fotovoltaico.</p> <p>III. Atividades escritas em grupo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Por que chega um momento em que a carga das pilhas e baterias acaba e o aparelho elétrico deixa de funcionar? 2. Porque o choque de uma pilha de 1,5 volts é muito menor do que o choque de uma tomada elétrica de 110v? 3. (HEWITT, 2015) O que será menos perigoso – ligar um aparelho de 110 V a uma tomada de 220 V ou ligar um aparelho de 220 V a uma tomada de 110 V? Explique. 4. Onde a corrente elétrica é maior, em uma tomada de 110v ou em uma tomada de 220v? Por quê?

		<p>5. (Adaptada - ENEM 2020) As células fotovoltaicas (placas semicondutoras compostas de silício) são os componentes principais dos painéis solares e são capazes de converter, com certa eficiência, parte da energia dos raios solares em energia elétrica. Essa conversão é causada pelo fenômeno físico denominado “efeito fotovoltaico”, que pode ocorrer em materiais semicondutores.</p> <p>Represente o efeito fotovoltaico por meio de um desenho:</p>
<p>Aula 7,8 e 9 Resistência elétrica</p>	<p>1. Problematização</p>	<p>1. Em quais situações do dia a dia podemos utilizar a resistência elétrica a nosso favor? Qual a sua função?</p> <p>2. Por que uma lâmpada incandescente fica aquecida quando em funcionamento?</p>
	<p>2. Organização do conhecimento</p>	<p>I. O conceito de resistência elétrica;</p> <p>II. As Lei de Ohm;</p> <p>III. Associação de resistores em série e em paralelo.</p> <p>IV. Como calcular o resistor adequado para ligar LEDS em um circuito;</p> <p>V. Uso do simulador Phet Colorado (Circuito DC) e do simulador Vascak (Lei de Ohm) para o ensino de resistência elétrica e a primeira lei de Ohm.</p>

	<p>3. Aplicação do conhecimento</p>	<p>I. Construa um Circuito de corrente contínua com resistores ligados em série e um Circuito de corrente contínua com resistores ligado paralelo, utilizando o simulador Phet Colorado e observe os valores da tensão e da corrente elétrica em cada circuito e responda qual a diferença entre os circuitos com resistores ligados em série e ligados em paralelo.</p> <p>II. Atividade prática em grupo: Calcule a resistência elétrica e a seguir, construa os circuitos com LEDS ligados em série e em paralelo, com uso de resistores.</p> <p>III. Atividades escritas em grupo:</p> <p>1. De acordo com seu conhecimento sobre resistência elétrica, qual das frases a seguir está correta: “O chuveiro está com a resistência queimada”; “O resistor do ferro elétrico queimou”. Justifique sua resposta.</p> <p>2. (HEWITT, 2015) Quando elétrons fluem pelo fino filamento de uma lâmpada incandescente, eles experimentam “atrito”. Qual é o resultado prático disso?</p> <p>3. Faça uma comparação entre a frase: “Quanto mais alta a caixa d’água e mais grosso o cano, maior será a vazão d’água” e as grandezas elétricas: tensão, resistência e a corrente elétrica.</p> <p>4. (Adaptada – ENEM 2016) O choque elétrico é uma sensação provocada pela passagem de corrente elétrica pelo corpo. As consequências de um choque vão desde um simples susto até a morte. A circulação das cargas elétricas</p>
--	--	---

		<p>depende da resistência do material. Para o corpo humano, essa resistência varia de 1000 Ω, quando a pele está molhada, até 100000 Ω, quando a pele está seca. Calcule a intensidade máxima da corrente elétrica, que passa pelo corpo de uma pessoa descalças, sofrendo uma descarga elétrica em uma tensão de 120 V para às duas condições e responda em qual situação a descarga elétrica é mais perigo? Por quê?</p> <p>5. (HEWITT, 2015) Em relação ao circuito elétrico, responda:</p> <p>a) O que acontece à corrente nas lâmpadas se uma das que está em série queimar?</p> <p>b) O que acontece à intensidade da luz de cada lâmpada de um circuito em série quando mais lâmpadas forem adicionadas ao circuito?</p> <p>c) O que acontece à corrente nas outras lâmpadas de um circuito em paralelo quando uma delas queima?</p> <p>d) O que acontece à intensidade da luz de cada lâmpada de um circuito em paralelo quando mais lâmpadas são ligadas em paralelo ao circuito?</p>
<p>Aula 10,11 e 12 Potência elétrica</p>	<p>1. Problematização</p>	<p>1. Todos os aparelhos elétricos, consomem a mesma quantidade de energia? Justifique sua resposta.</p> <p>2. É possível calcular o quanto você consome de energia elétrica em sua casa? Como?</p>
	<p>2. Organização do conhecimento</p>	<p>I. A potência elétrica;</p> <p>II. A BTU (<i>British Thermal Unit</i>);</p> <p>III. Cálculo do consumo e custo de energia elétrica;</p>

		<p>IV. Bandeiras tarifárias do setor elétrico brasileiro;</p> <p>V. Selo Procel: o que é, para que serve e quais as vantagens.</p>
	<p>3. Aplicação do conhecimento</p>	<p>1. Como calcular o consumo de energia elétrica de um aparelho elétrico?</p> <p>2. Observe a conta de energia elétrica da sua residência e a partir das informações contidas na fatura, determine:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) bandeira tarifária vigente; b) a leitura de energia anterior do medidor; c) a leitura de energia atual do medidor; d) o consumo total de energia elétrica no mês; e) o custo do kWh; f) o custo do fornecimento de energia elétrica; g) o custo com tributos; h) contribuição de iluminação pública; i) o custo total da fatura. <p>3. Atividade em equipe: Tire fotos de três eletrodomésticos de sua casa, evidenciando o valor da potência elétrica e ou a etiqueta do Selo Procel. Em seguida simule o tempo de uso, durante um mês e calcule a quantidade de energia em kWh e o custo mensal de cada eletrodoméstico. Qual dos eletrodomésticos consumiu mais energia elétrica em um mês?</p> <p>4. As lâmpadas de LED são mais eficientes porque elas produzem a mesma quantidade de lúmens (fluxo luminoso) de</p>

		<p>outras lâmpadas, com menor gasto energético.</p> <p>Sabendo disso, considere uma residência que apresenta 8 lâmpadas fluorescentes compactas de 13 W que ficam acesas por 6 horas por dia.</p> <p>a) Qual ao consumo da energia elétrica, em KWh, dessas lâmpadas em um mês (30 dias)?</p> <p>b) Se essas lâmpadas forem trocadas por lâmpadas de LED de 7 W que proporciona a mesma iluminação, qual será o novo consumo de energia elétrica em KWh, apresentado por essas lâmpadas em um mês (30 dias)?</p> <p>c) Qual a quantidade de energia economizada em um mês (30 dias), com a troca das lâmpadas?</p> <p>d) Considerando o custo do KWh, igual a R\$ 0,60, qual o valor economizado em um ano na conta de luz?</p> <p>5. Classifique os equipamentos da tabela (ver descrição das atividades), conforme o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para térmica, luminosa, mecânica e sonora) e compare o consumo dos equipamentos. Qual equipamento consome mais? Por quê?</p>
--	--	---

3.1. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Tema 1: Corrente elétrica

Aula 1: Problematização (duração: 50 minutos)

No início da aula serão apresentadas as seguintes perguntas:

1. Quem mora nas grandes cidades, já deve estar acostumado a ver uma grande quantidade de fios e cabos elétricos acima de sua cabeça. Qual a finalidade de todos esses fios?

2. O que é necessário para acender uma lâmpada elétrica?

Em grupos, os alunos discutirão essas questões e as respostas serão entregues ao professor no final da aula.

Estas atividades têm por finalidade avaliar o entendimento de corrente elétrica dos estudantes, problematizando o tema com algumas questões para servir de base para o professor poder conduzir, de maneira adequada, os conceitos físicos a serem estudados.

Aula 2: Organização do conhecimento (duração: 50 minutos)

É hora de retomar as discussões com base nas respostas dadas pelos alunos e desenvolve os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema e das questões introduzidas na problematização inicial sobre corrente elétrica:

I. Exposição dialogada do conceito de corrente elétrica

A corrente elétrica é o movimento ordenado de portadores de cargas, como elétrons e os íons, dentro de um sistema condutor, devido a uma diferença de potencial entre as extremidades.

Nos condutores sólidos, os portadores de carga elétrica são os elétrons. Como exemplo de condutor sólido, temos os metais.

Nos condutores líquidos, os portadores de carga elétrica são os íons (cátions e ânions). Como exemplo, temos as soluções iônicas.

II. Experimento: constatação da corrente elétrica, através do brilho de um LED.

Materiais utilizados: uma placa protoboard; 2 pilhas de 1,5V; 2 LEDs de 30 mA e 1 mini placa fotovoltaica de 3V.

O aparato experimental deve ser montado da seguinte forma:

Um led deve ser ligado a uma fonte de tensão de 3 V (2 pilhas de 1,5V), e o outro LED será ligado a mini placa fotovoltaica de 3V), na placa protoboard.

Figura 16 : constatação da corrente elétrica, através do brilho de LEDs, com uso de duas pilhas de 1,5V e uma mini placa fotovoltaica e dois LEDs de 30 mA.

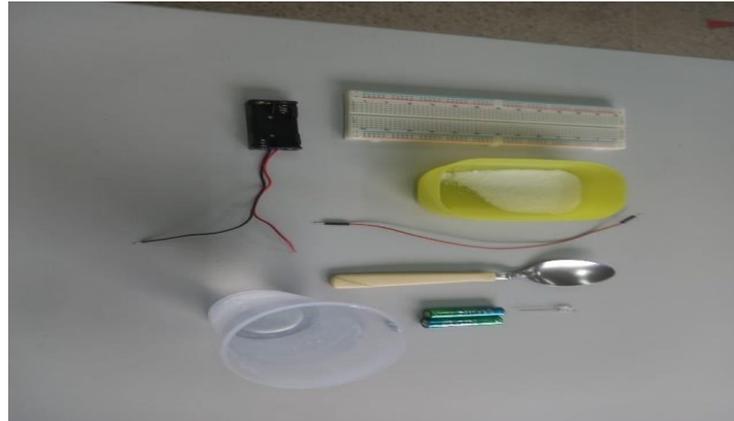


Fonte: O autor.

III. Experimento: condutividade da corrente elétrica por um fio condutor e condutividade da corrente elétrica através de uma solução iônica.

Materiais utilizados: uma placa protoboard; 2 pilhas de 1,5V; 1 LED de 30 mA; um copo de 250 ml com água, um colher de sobremesa de sal de cozinha (NaCl).

Figura 17: materiais para preparação do experimento condutividade da corrente elétrica por um fio condutor e condutividade da corrente elétrica através de uma solução iônica.

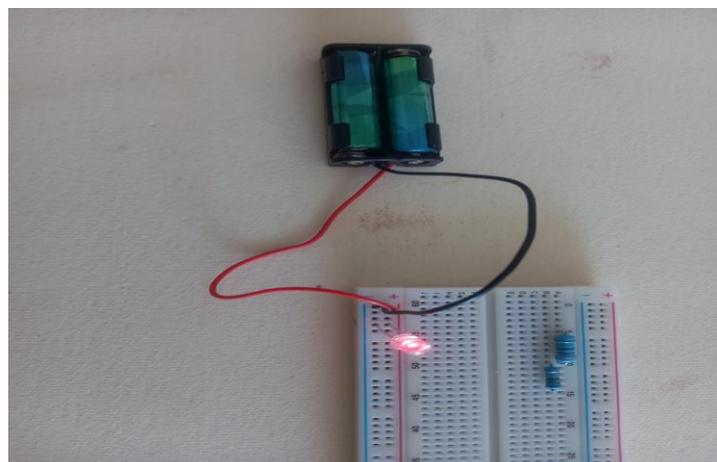


Fonte: O autor

O aparato experimental deve ser montado da seguinte forma:

O led deve ser conectado a uma fonte de tensão de 3 V (2 pilhas de 1,5V ou 1 mini placa fotovoltaica de 3V), na placa protoboard, para observação da condutividade da corrente elétrica por um fio condutor:

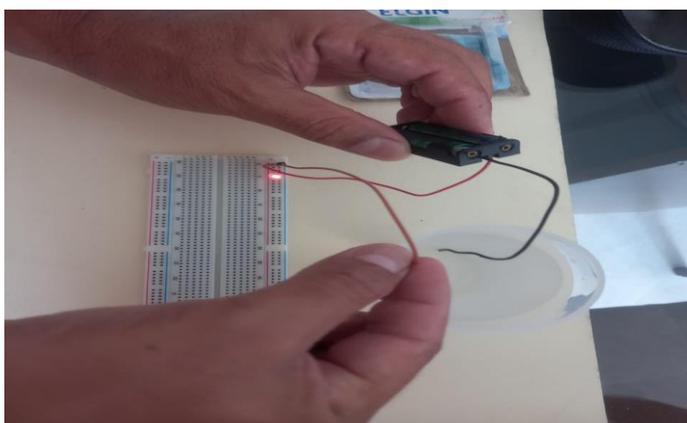
Figura 18: condutividade da corrente elétrica por um fio condutor com uso de duas pilhas de 1,5V e um LED de 30 mA.



Fonte: O autor.

O fio condutor que está ligado a fonte de tensão de 3 V, deve ter uma extremidade livre, que será mergulhada na solução iônica e um outro fio condutor, deve ter uma extremidade mergulhada na solução iônica e a outra extremidade conectada à placa protoboard.

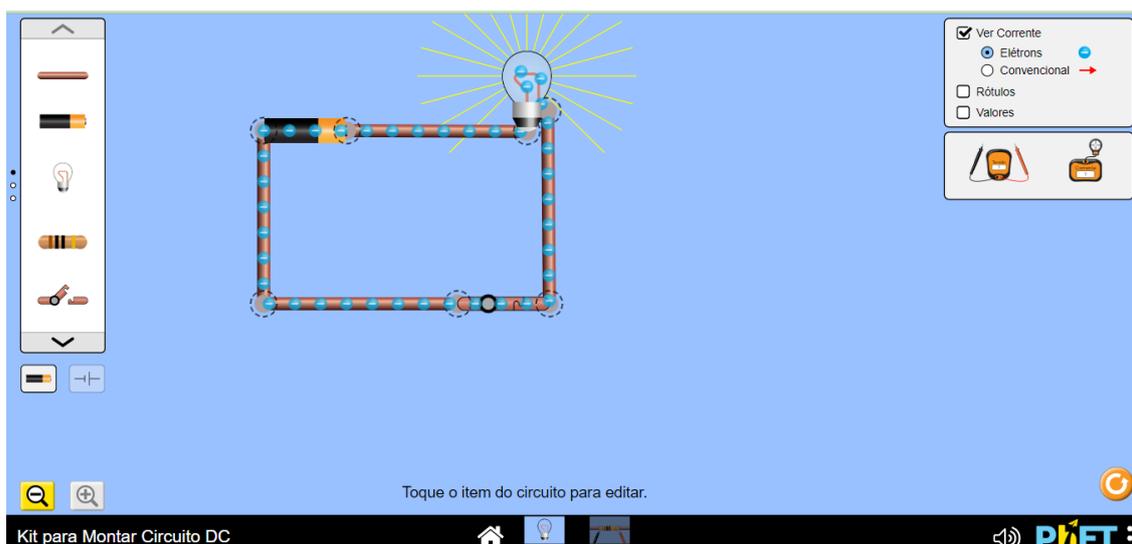
Figura 19: condutividade da corrente elétrica através de uma solução iônica por um fio Condutor, com uso de duas pilhas de 1,5V.



Fonte: O autor.

IV. Uso do simulador Phet colorado para o ensino dos tipos de corrente: contínua (DC) e alternada (AC); dos sentidos da corrente: convencional e real; e da intensidade da corrente elétrica.

Figura 20: Circuito de corrente contínua com movimento de elétrons no mesmo sentido (corrente real)



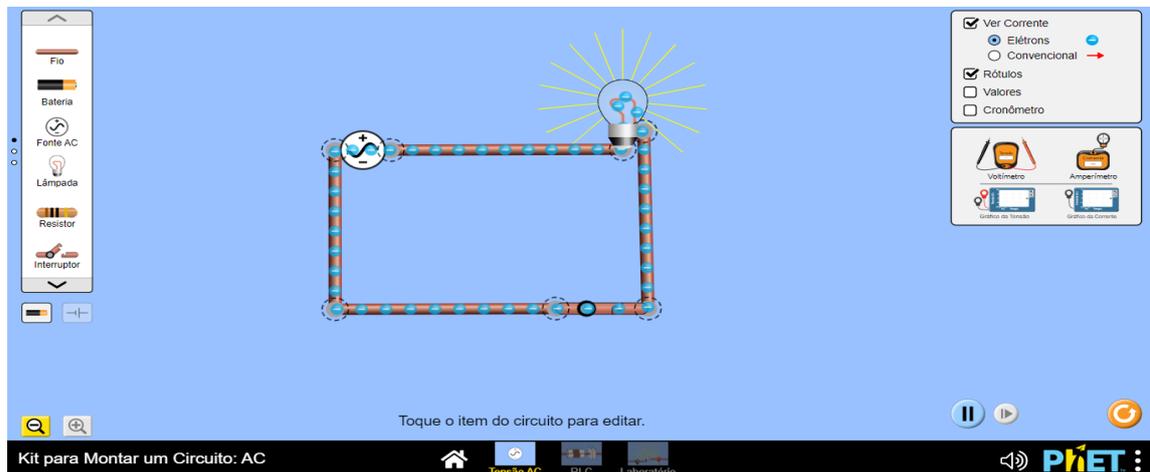
Fonte: PHET, adaptado pelo autor.

Figura 21: Circuito de corrente contínua (DC), com as cargas elétricas fluindo do ponto de maior potencial (potencial positivo) para o ponto de menor potencial (potencial negativo) - corrente convencional



Fonte: PHET, adaptado pelo autor.

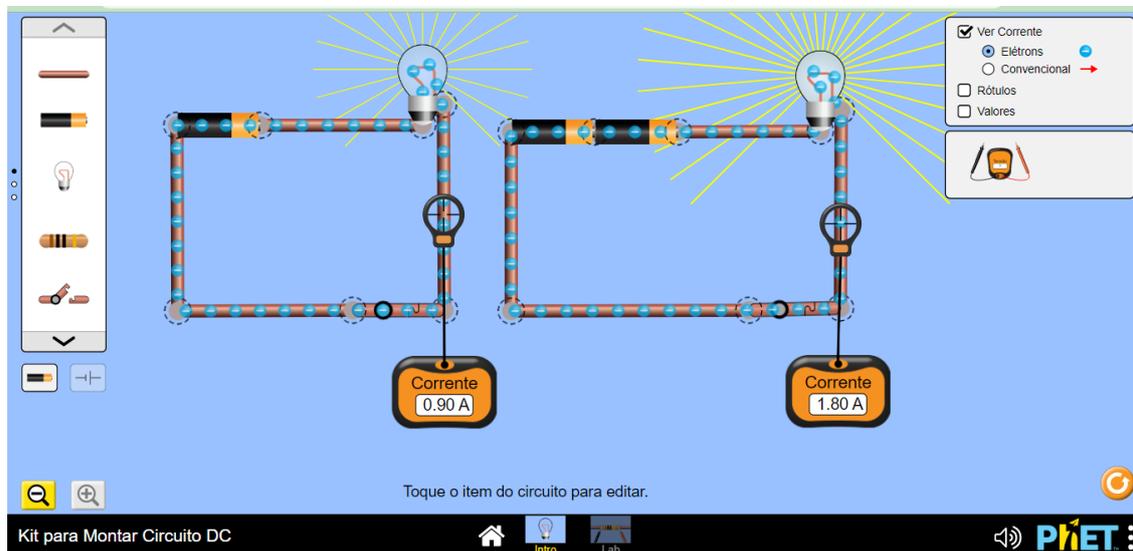
Figura 22: Circuito de corrente alternada (AC), com os elétrons apresentando um movimento do tipo vaivém



Fonte: PHET, adaptado pelo autor.

Com a construção desses dois circuitos, os alunos podem observar o movimento dos elétrons na corrente contínua e na corrente alternada e os sentidos da corrente: sentido real e sentido convencional.

Figura 23: Circuitos de correntes contínuas com a variação do número de baterias e o aumento da intensidade da corrente elétrica



Fonte: PHET, adaptado pelo autor.

Com a construção desses dois circuitos, os alunos podem observar o aumento da intensidade da corrente elétrica com o aumento da intensidade do brilho da lâmpada.

Aula 3: Aplicação do conhecimento (duração: 50 minutos)

I. Atividade prática em grupo: construção de um circuito de corrente contínua com geração de corrente elétrica por meio de fio condutor e solução iônica, conforme experimento já realizado.

II. Atividade prática em grupo: construção de um circuito de corrente contínua, com geração de corrente elétrica, utilizando uma mini placa fotovoltaica, conforme experimento já realizado.

III. Construção de circuitos elétricos com geração de corrente contínua e alternada, com a utilização do simulador Phet Colorado.

Materiais utilizados: Chromebook ou celular.

Procedimentos: acesse o simulador Phet Colorado e crie um circuito elétrico de corrente contínua (DC) e um circuito elétrico de corrente alternada (AC).

IV. Atividades em grupo:

1. Como os fios metálico conduzem eletricidade?

2. Como um equipamento elétrico funciona quando está ligado a uma bateria? Como uma lâmpada acende quando acionamos o interruptor?

3. O que acontece ao brilho da luz emitida pelo filamento de uma lâmpada se aumentar a corrente que flui por ele?

4. (Adaptada - UNAMA-PA) Considere os seguintes dispositivos elétricos comuns em nosso cotidiano: uma bateria de automóvel, uma lâmpada incandescente e uma lâmpada fluorescente. Qual a constituição da corrente elétrica no interior de cada aparelho

5. De acordo com que vocês aprenderam sobre a corrente elétrica:

a) Esquematize um circuito elétrico de corrente contínua.

b) Esquematize um circuito elétrico de corrente alternada.

c) Esquematize um circuito elétrico com corrente real.

d) Esquematize um circuito elétrico com corrente convencional.

6. Calcule a intensidade da corrente elétrica:

a) Por um ponto de um circuito elétrico passam 50 C em 2,5 s. Qual é a intensidade da corrente elétrica?

b) Determine a quantidade de carga que atravessa uma lâmpada ligada a uma bateria durante 30 segundos, que é percorrida por uma corrente elétrica de 0,1 A.

Tema 2 : Tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp)

Aula 4: Problematização (duração: 50 minutos)

No início da aula serão apresentadas as seguintes perguntas:

1. Por que a prática de soltar pipa, principalmente com linha contendo cerol próxima à rede alta tensão, pode ser bastante perigosa?

2. Por que os pássaros não tomam choque em fios e cabos elétricos desencapados?

Estas atividades têm por finalidade avaliar o entendimento do conceito de tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp) dos estudantes problematizando o tema com algumas questões para servir de base para o professor poder conduzir, de maneira adequada, os conceitos físicos de tensão elétrica ou ddp.

Aula 5: Organização do conhecimento (duração: 50 minutos)

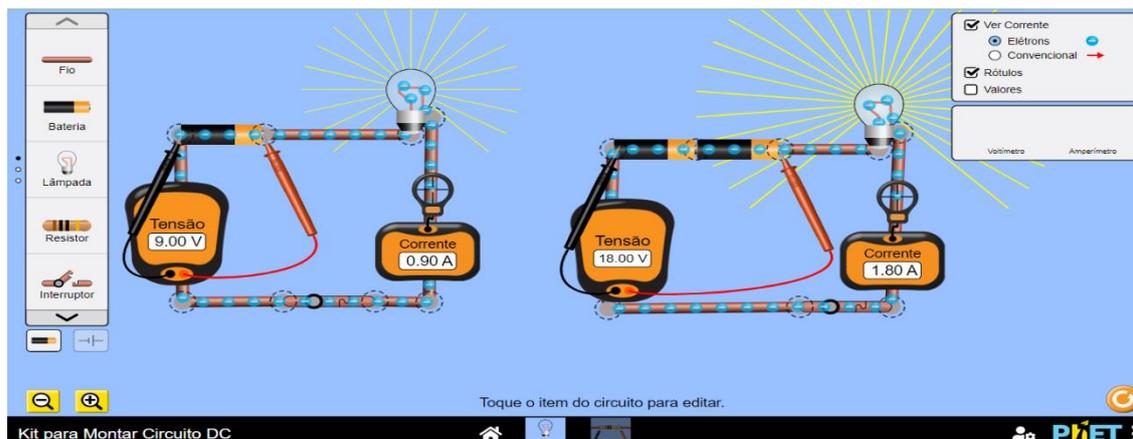
É hora de retoma as discussões com base nas respostas dadas pelos alunos e desenvolve os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema e das questões introduzidas na problematização inicial sobre tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp):

I. Conceito de tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp):

A diferença de potencial (d.d.p.), também chamada de tensão, é definida como o trabalho necessário para que uma carga se desloque de um ponto A para um ponto B, quando imersa em um campo elétrico. Ou seja, trata-se da força que impulsiona os elétrons dentro de uma corrente.

II. Uso do simulador Phet Colorado (Circuito DC) para o ensino do conceito de tensão elétrica

Figura 24: Circuitos de correntes contínuas com tensões elétrica distintas



Fonte: PHET, adaptado pelo autor

Com a construção desses dois circuitos, os alunos podem observar, que com o aumento da tensão elétrica houve aumento da intensidade da corrente elétrica, através do aumento da intensidade do brilho da lâmpada.

III. Experimento: constatação da tensão elétrica em pilhas, bateria, mini placa fotovoltaica e LED de alto brilho, através da função de tensão contínua de um multímetro.

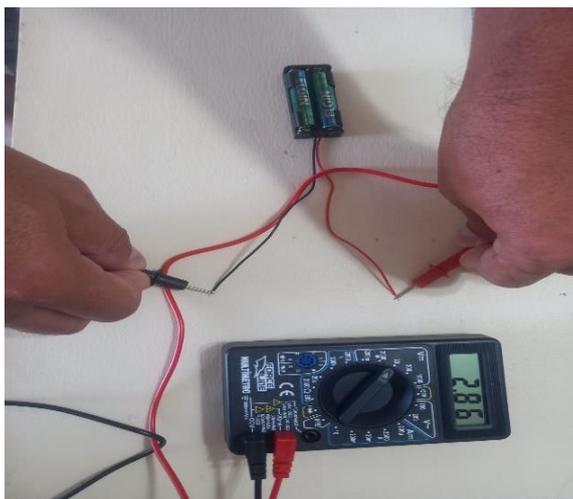
Materiais utilizados: uma placa protoboard; 2 pilhas de 1,5V; um suporte para pilhas de 1,5 V; 1 mini placa fotovoltaica de 3V; resistores de 150 Ω e 68 Ω ; 1 LED de alto brilho e um multímetro.

O aparato experimental deve ser montado da seguinte forma:

Primeiro coloque as pilhas de 1,5 V no suporte, ajuste o multímetro na função de tensão contínua e realize a aferição, logo após, de posse de uma bateria de 9 V e uma mini placa fotovoltaica de 3 V, realize a medição das tensões elétricas, dos respectivos geradores.

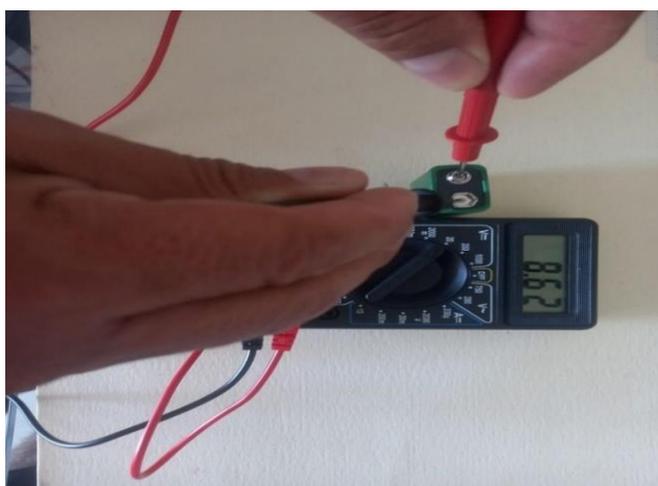
A seguir realize a aferição da tensão elétrica do LED de alto brilho, ligado a uma fonte de tensão na placa de protoboard.

Figura 25: Aferindo a tensão de 2 pilhas com uso de multímetro



Fonte: O autor

Figura 26: Aferindo a tensão de 1 bateria com uso de multímetro



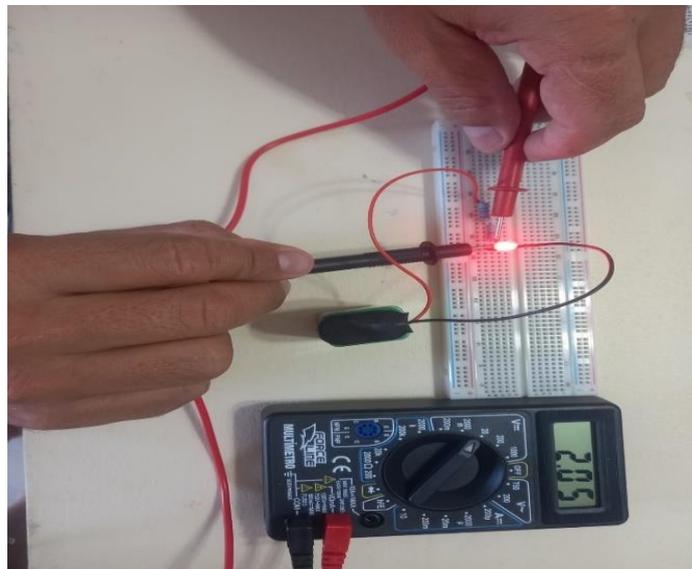
Fonte: O autor

Figura 27: Aferindo a tensão elétrica de em uma mini placa fotovoltaica com uso de multímetro.



Fonte: O autor

Figura 28: Aferindo a tensão de um led de alto brilho 5mm, com uso de multímetro, utilizando 1 bateria de 9 V e resistores de 150 Ω e 68 Ω .



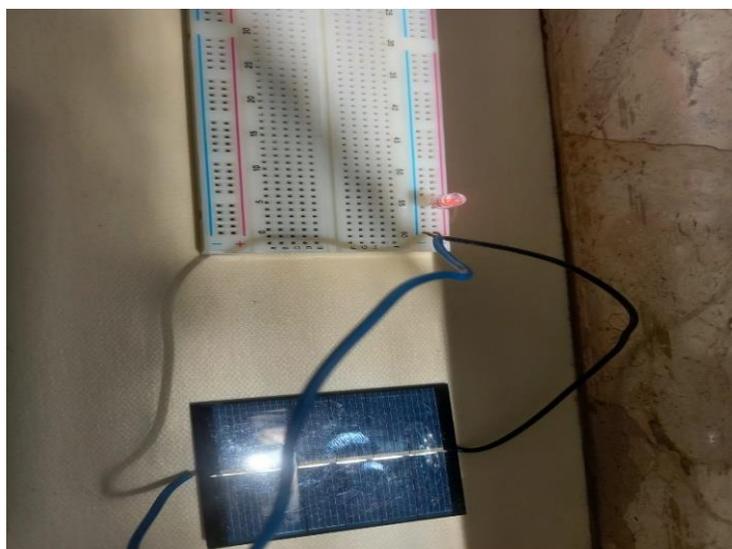
Fonte: O autor

IV. A tensão elétrica gerada a partir do efeito fotovoltaico

O efeito fotovoltaico é caracterizado pelo surgimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor, quando este é exposto à luz visível.

Para VILLALVA M.G (2015), o efeito fotovoltaico é a base dos sistemas fotovoltaicos voltados para a produção de energia elétrica. O chamado efeito fotovoltaico ocorre quando a luz solar, por meio dos fótons, é absorvida pela célula fotovoltaica, que utilizam materiais semicondutores, como o silício cristalino e excita alguns elétrons, que passam da banda de valência para banda de condução, gerando uma diferença de potencial. Esta diferença de potencial coloca os elétrons em movimento (corrente elétrica).

Figura 29: mini placa fotovoltaica exposta a luz, gerando uma diferença de potencial e corrente elétrica.



Fonte: O autor

V. As diferenças entre a tensão de 110 volts e 220 volts.

Não há diferença entre a tensão de 110 e 220V quanto ao desempenho dos equipamentos elétricos, os fabricantes escolhem a voltagem conforme a disponibilidade de cada local.

Em termos de economia, o principal fator que influencia o maior ou menor gasto dos aparelhos elétricos é a dimensão do fio por onde a energia passa. O diâmetro dos fios que vão transportar a energia, por exemplo, são menores em uma tensão de 220V, do que em uma de 110V. se um eletrodoméstico ou aparelho eletrônico possui uma determinada potência, a instalação de menor tensão, no caso 110V, precisa de mais corrente elétrica para manter essa potência e o equipamento funcionando. Para suportar o aumento da corrente, os fios precisam de uma espessura maior. Já em uma instalação

de 220V, os fios podem ter um diâmetro menor, uma vez que a corrente elétrica necessária para o aparelho funcionar vai ser menor.

Em termos de segurança, se o aparelho for ligado a uma tensão maior, ele pode ser danificado e parar de funcionar. Se for ligado a uma tensão menor, não funciona ou funciona mal.

Na hora que o dedo encosta acidentalmente num fio da rede, o choque de 220 volts é duas vezes mais forte que um de 110 volts.

VI. O choque elétrico e seus efeitos fisiológicos:

Ao atravessar um organismo vivo, a corrente elétrica pode provocar um choque, causando diversos efeitos. A corrente depende da voltagem aplicada e da resistência do corpo humano.

Tabela 1: os efeitos da corrente elétrica sobre o corpo humano

Corrente (A)	E Efeito
0,001	Pode ser sentida
0,005	É dolorosa
0,010	Causa a contração involuntária dos músculos (espasmos)
0,015	Causa perda do controle muscular
0,070	Através do coração, causa distúrbio sério; provavelmente fatal se a corrente perdurar por mais de 1s.

Fonte: HEWITT, 2015.

Aula 06: Aplicação do conhecimento (duração: 50 minutos)

I. Construa um circuito de corrente contínua (DC), com uma bateria de 9 V e um circuito de corrente contínua, com duas baterias de 9 V, utilizando o simulador Phet Colorado, observe os valores da corrente elétrica e responda:

1. Qual a relação da tensão elétrica com a corrente elétrica nos circuitos?

2. Comparando os dois circuitos. Por que na tensão de 18 V o brilho da lâmpada é maior?

II. Atividade experimental em grupo: constatação da tensão elétrica a partir do efeito fotovoltaico.

A atividade consiste em medir a tensão elétrica, com uso de um multímetro e observar a corrente elétrica, através do brilho dos LEDs.

Materiais utilizados:

3 minis placas fotovoltaicas;

1 placa protoboard;

3 LEDs alto brilho de 5 mm;

2 resistores;

1 multímetro.

Procedimentos:

1. medir a tensão elétrica de uma mini placa fotovoltaica com o lado frontal voltada para baixo;

2. medir a tensão elétrica de uma mini placa fotovoltaica com o lado frontal voltada para cima.

3. medir a tensão elétrica de três minis placas fotovoltaicas ligadas em série, com o lado frontal voltada para cima e observar a corrente elétrica, através do brilho de três LEDs, ligados em série e em paralelo na placa protoboard.

O que o grupo pode concluir dessas observações?

III. Atividades escritas em grupo:

1. Por que chega um momento em que a carga das pilhas e baterias acaba e o aparelho elétrico deixa de funcionar?

2. Porque o choque de uma pilha de 1,5 volts é muito menor do que o choque de uma tomada elétrica de 110v?

3. (HEWITT, 2015) O que será menos perigoso – ligar um aparelho de 110 V a uma tomada de 220 V ou ligar um aparelho de 220 V a uma tomada de 110 V? Explique.

4. Onde a corrente elétrica é maior, em uma tomada de 110v ou em uma tomada de 220v? Por quê?

5. (Adaptada - ENEM 2020) As células fotovoltaicas (placas semicondutoras compostas de silício) são os componentes principais dos painéis solares e são capazes de converter, com certa eficiência, parte da energia dos raios solares em energia elétrica. Essa conversão é causada pelo fenômeno físico denominado “efeito fotovoltaico”, que pode ocorrer em materiais semicondutores.

Represente o efeito fotovoltaico por meio de um desenho:



Tema 3: Resistência elétrica

Aula 7: Problematização (duração: 50 minutos)

No início da aula serão apresentadas as seguintes perguntas:

O professor apresentará a seguinte pergunta problematizadora no início da aula:

1. Em quais situações do dia a dia podemos utilizar a resistência elétrica a nosso favor?

Qual a sua função?

2. Por que uma lâmpada incandescente fica aquecida quando em funcionamento?

Aula 8: Organização do conhecimento (duração: 50 minutos)

É hora de retoma as discussões com base nas respostas dadas pelos alunos e desenvolve os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema e da questões introduzida na problematização inicial sobre resistência elétrica:

I. O conceito de resistência elétrica

Resistência elétrica é a capacidade de um condutor qualquer se opor à passagem de corrente elétrica mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada.

Quando a corrente elétrica atravessa um condutor ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica, em razão das diversas **colisões** que ocorrem entre os elétrons e os átomos que constituem a estrutura cristalina do material. Esse fenômeno é denominado efeito térmico ou efeito Joule (JÚNIOR; FERRARO; SOARES, 2015).

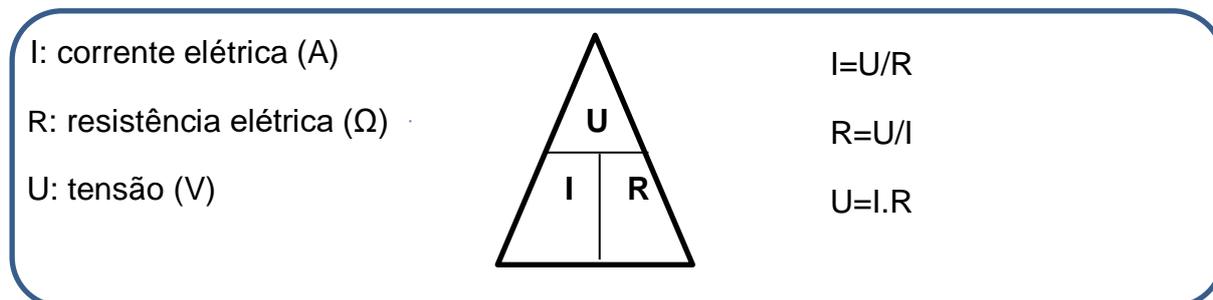
Os resistores são utilizados como aquecedores em chuveiros elétricos, secador de cabelo, ferros de passar roupa, torradeiras elétricas, dentre outros. Eles são também usados para limitar a intensidade da corrente elétrica que passa por determinados componentes eletrônicos. Nestas utilizações a finalidade não é dissipar energia elétrica, mas energia térmica.

II. As Leis de Ohm

Em 1827, na Alemanha o cientista George Simon Ohm, após a observação de diversos circuitos elétricos verificou a relação entre corrente, tensão ou ddp e resistência e a apresentou pela relação matemática conhecida como a primeira lei de Ohm (USBERCO et al., 2018).

Segundo Barros e Paulino (2018), a **1ª lei de Ohm** determina que a corrente elétrica (I) é proporcional à tensão (U) a que o condutor está submetido. E se essa relação é constante, ou seja, se a resistência elétrica (R) é constante, chamamos esses resistores de ôhmico.

Figura 9: Triângulo da tensão



Fonte: adaptado pelo autor

“A resistência de um fio depende da sua espessura, do seu comprimento e de sua condutividade específica. Fios grossos têm uma resistência menor do que fios finos. Fios compridos têm resistência maior do que fios curtos” (HEWITT, 2015, p. 433).

A segunda lei de Ohm determina que a resistência elétrica de um corpo é diretamente proporcional ao seu comprimento e resistividade e inversamente proporcional à sua área transversal.

Fórmula da segunda lei de Ohm:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Onde,

R – Resistência (Ω)

ρ – Resistividade ($\Omega.m$)

L – Comprimento (m)

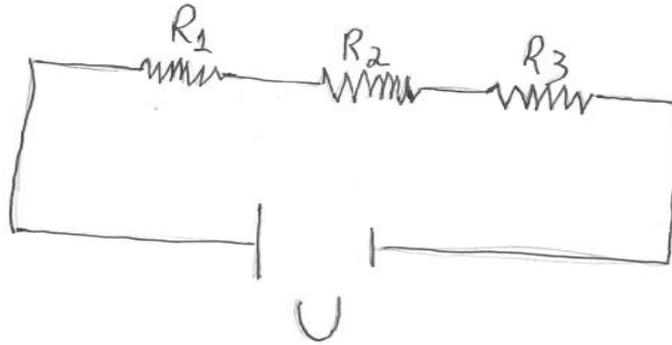
A – Área transversal (m^2)

III. Associação de resistores em série ou em paralelo:

Os resistores podem ser ligados em série ou em paralelo.

Na associação de resistores em série, os resistores são ligados em sequência. Isso faz com que a corrente elétrica seja mantida ao longo do circuito, enquanto a tensão elétrica varia.

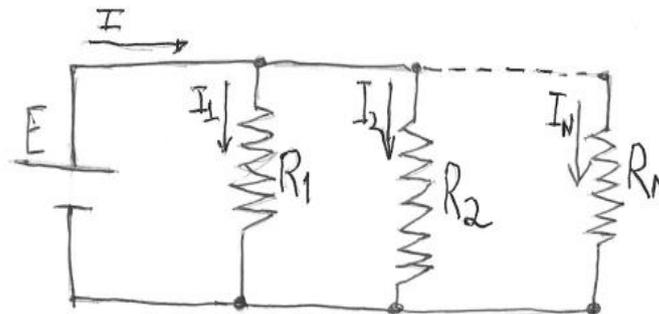
Figura 10: produção do aluno Jihmmy J., ilustrando a associação de resistores em série.



Fonte: O autor

Na associação de resistores em paralelo, todos os resistores estão submetidos a uma mesma diferença de potencial. Sendo a corrente elétrica dividida pelos ramos do circuito.

Figura 11: produção do aluno Jihmmy J., ilustrando a associação de resistores em paralelo.



Fonte: O autor

IV. Como calcular o resistor adequado para ligar LEDs em série ou em paralelo:

Para calcular o resistor adequado para ligar LEDs é preciso saber: a tensão da fonte de alimentação, ou seja, quantos volts vai usar para alimentar o LED; a tensão suportada pelo LED em volts e a corrente suportada pelo LED em amperes.

Fórmula para calcular o resistor adequado para um LED:

$$R = (U_{\text{alimentação}} - U_{\text{led}}) / I$$

Onde,

$U_{\text{alimentação}}$: tensão em volts da fonte de alimentação usada no LED.

U_{led} : tensão em volts do LED.

I : corrente do LED em amperes.

Exemplo 1: Calcule o valor da resistência elétrica e selecione o resistor adequado para construção de um circuito com 2 LEDs de 30mA, ligados em série em uma fonte de tensão elétrica de 12 v.

$$R = (U_{\text{alimentação}} - U_{\text{led}}) / I$$

$$R = (12-6) / 0,03 = 200 \Omega$$

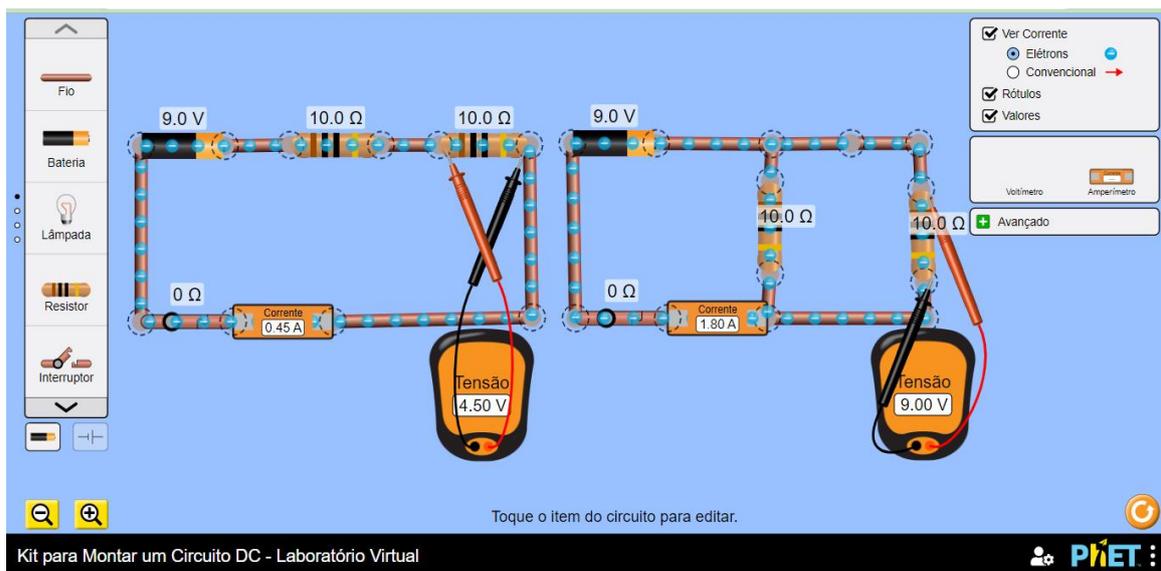
Exemplo 2: Calcule o valor da resistência elétrica e selecione o resistor adequado para construção de um circuito com três LEDs de 30mA, ligados em paralelo em uma fonte de tensão elétrica de 12V.

$$R = (U_{\text{alimentação}} - U_{\text{led}}) / I$$

$$R = (12-3) / 0,03 = 300 \Omega$$

V. Uso do simulador Phet Colorado (Circuito DC) e do simulador Vascak (Lei de Ohm) para o ensino de resistência elétrica e da primeira lei de Ohm.

Figura 33: Circuito com resistores ligados em série e em paralelo



Fonte: Simulador Phet Colorado, adaptado pelo autor.

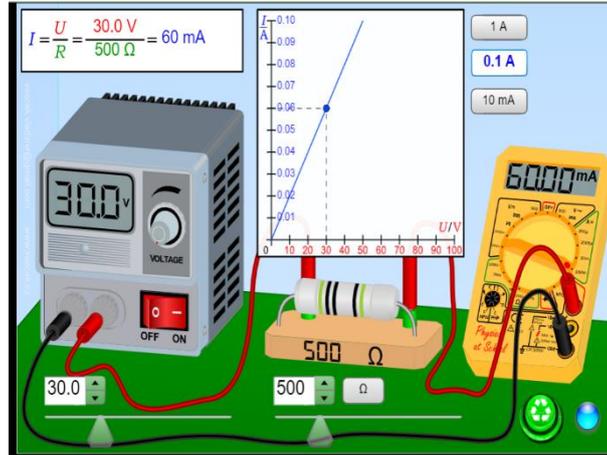
Com a construção dos circuitos com resistores ligados em série e em paralelo, é possível observar a diferença nos valores da tensão e da corrente elétrica em cada tipo de associação de resistores.

Na associação de resistores em série, a corrente elétrica é mantida ao longo do circuito, enquanto a tensão elétrica se divide.

Na associação de resistores em paralelo, a corrente elétrica se divide pelos ramos do circuito, enquanto a tensão elétrica se mantém.

Com o uso do simulador Vascak (Lei de Ohm), os alunos podem observar a relação matemática entre a corrente elétrica, a tensão ou ddp e a resistência.

Figura 34: a relação matemática entre a corrente elétrica, a tensão ou ddp e a resistência.



Fonte: Simulador Vascak, adaptado pelo autor.

Aula 9: Aplicação do conhecimento (duração: 50 minutos)

I. Construa um Circuito de corrente contínua com resistores ligados em série e um Circuito de corrente contínua com resistores ligado paralelo, utilizando o simulador Phet Colorado e observe os valores da tensão e da corrente elétrica em cada circuito e responda qual a diferença entre os circuitos com resistores ligados em série e ligados em paralelo.

II. Atividade prática em grupo: Calcule a resistência elétrica e a seguir, construa os circuitos com LEDs ligados em série e em paralelo, com uso de resistores.

Materiais utilizados:

- 1 placa protoboard.
- 1 bateria de 9 V.
- 3 LEDs de 30 mA.
- 1 resistor de 150 Ω.
- 1 resistor de 68 Ω.

Procedimentos:

I. Calcule o valor da resistência elétrica e selecione o resistor para construção de um circuito com 2 LEDs de 30mA, ligados em série em uma fonte de tensão elétrica de 9 v. Construa na placa protoboard o circuito, com 2 LEDs de 30mA ligados em série, com resistor em uma fonte de tensão elétrica de 9V.

II. Calcule o valor da resistência elétrica e selecione os resistores para construção de um circuito com três LEDs de 30mA, ligados em paralelo em uma fonte de tensão elétrica de 9V.

Construa na placa protoboard o circuito, com 3 LEDs de 30mA ligados em paralelo, com resistor em uma fonte tensão elétrica de 9V.

III. Atividades escritas em grupo:

1. De acordo com seu conhecimento sobre resistência elétrica, qual das frases a seguir está correta: “O chuveiro está com a resistência queimada”; “O resistor do ferro elétrico queimou”. Justifique sua resposta.

2. (HEWITT, 2015) Quando elétrons fluem pelo fino filamento de uma lâmpada incandescente, eles experimentam “atrito”. Qual é o resultado prático disso?

3. Faça uma comparação entre a frase: “Quanto mais alta a caixa d’água e mais grosso o cano, maior será a vazão d’água” e as grandezas elétricas: tensão, resistência e a corrente elétrica.

4. (Adaptada – ENEM 2016) O choque elétrico é uma sensação provocada pela passagem de corrente elétrica pelo corpo. As consequências de um choque vão desde um simples susto até a morte. A circulação das cargas elétricas depende da resistência do material. Para o corpo humano, essa resistência varia de 1000Ω , quando a pele está molhada, até 100000Ω , quando a pele está seca. Calcule a intensidade máxima da corrente elétrica, que passa pelo corpo de uma pessoa descalças, sofrendo uma descarga elétrica em uma tensão de 120 V para às duas condições e responda em qual situação a descarga elétrica é mais perigo? Por quê?

5. (HEWITT, 2015) Em relação ao circuito elétrico, responda:

a) O que acontece à corrente nas lâmpadas se uma das que está em série queimar?

b) O que acontece à intensidade da luz de cada lâmpada de um circuito em série quando mais lâmpadas forem adicionadas ao circuito?

c) O que acontece à corrente nas outras lâmpadas de um circuito em paralelo quando uma delas queima?

d) O que acontece à intensidade da luz de cada lâmpada de um circuito em paralelo quando mais lâmpadas são ligadas em paralelo ao circuito?

Tema 4: Potência elétrica

Aula 10: Problematização (duração: 50 minutos) No início da aula serão apresentadas as seguintes perguntas:

1. Todos os aparelhos elétricos, consomem a mesma quantidade de energia? Explique

2. Você sabe calcular a energia elétrica consumida pelos eletrodomésticos de sua casa? Explique

Em grupos, os alunos discutirão essas questões e as respostas serão entregues ao professor no final da aula.

Estas atividades têm por finalidade avaliar o entendimento de potência elétrica dos estudantes problematizando o tema com algumas questões para servir de base para o professor poder conduzir, de maneira adequada, os conceitos físicos do tema.

Aula 11: Organização do conhecimento (duração: 50 minutos)

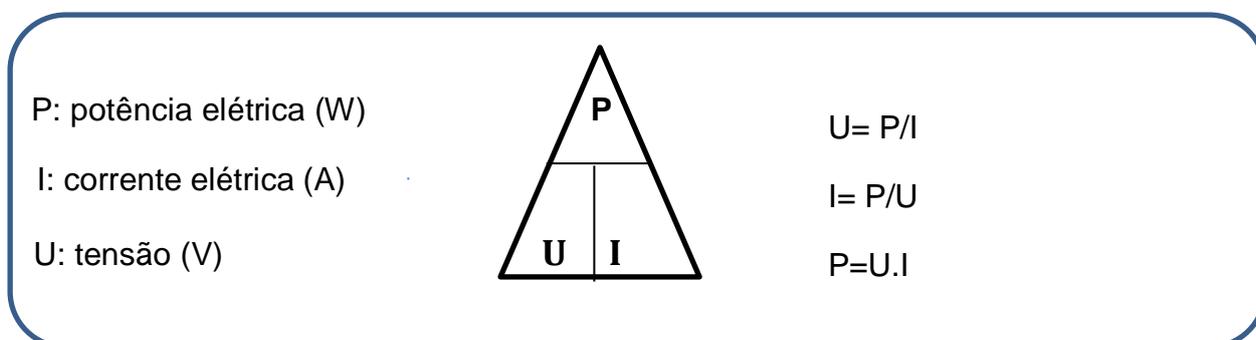
É hora de retomar as discussões com base nas respostas dadas pelos alunos e desenvolve os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema e da questão introduzida na problematização inicial sobre potência elétrica:

I. A potência elétrica

“A corrente elétrica sempre realiza trabalho, cujo resultado é o funcionamento de uma máquina, o giro das hélices de um ventilador ou o aquecimento de um ferro elétrico, entre outros exemplos” (BARROS E PAULINO, 2009, p.171).

“A taxa com a qual a energia elétrica é convertida em outra forma, tal como energia mecânica, calor ou luz, é chamada de potência elétrica. A potência elétrica é igual ao produto da corrente pela voltagem.” (HEWITT, 2015, p. 440).

Figura 12: Triângulo da potência



Fonte: adaptado pelo autor

“A potência é a eficiência dos equipamentos em transformar energia, ou seja, o quão rápido o dispositivo consegue transformar uma energia (ΔE) em outra. É medida em watts (W)” (USBERCO et al.,2018). A medida em watts é equivalente a joules por segundo (J/s).

Uma lâmpada de 60 W, por exemplo, transforma 60 J de energia elétrica em luz e calor a cada segundo.

$$P: \text{potência elétrica (W)} = \frac{\Delta E: \text{energia transformada (consumida)}}{\Delta T: \text{intervalo de tempo (h)}}$$

Geralmente os equipamentos trazem consigo o valor da potência elétrica, junto às informações técnicas fornecidas pelo fabricante, como mostra a figura.

Figura 13: informações técnicas de uma air fryer



Fonte: o autor

II. A BTU (*British Thermal Unit*)

A medida de potência de aparelhos de refrigeração, em especial o ar-condicionado, é geralmente dada pela sigla BTU.

A BTU (*British Thermal Unit*) é uma unidade de medida oficial do sistema inglês, adotada internacionalmente para mensurar a potência de refrigeração de alguns aparelhos elétricos. (ABB,2023).

Para converter a unidade de BTU para watts, usa-se a relação de 1 para 0,2929, significando que um BTU equivale a 0,2929 watts.

Por exemplo, se o usuário adquirir um ar-condicionado com potência de 7.500 BTUs, conforme a figura, ele terá de multiplicar o número por 0,2929. O cálculo é o seguinte: 7.500 BTUS X 0,2929 é igual a 2.196,75 W.

III. Cálculo do consumo e custo de energia elétrica

A unidade joule (J) do Sistema Internacional de Unidades não é utilizada aqui por ser muito pequena para a medida da energia elétrica, é mais adequado o uso da unidade em quilowatt-hora. A unidade kwh vem da relação da energia elétrica com a potência.

A relação entre o consumo de energia elétrica e o uso de um aparelho pode ser obtida por meio da expressão seguinte da expressão:

$$\Delta E = P(W) \cdot \Delta T(h) / 1000$$

$$\text{Custo da energia} = \Delta E_m \cdot \text{preço do KWh}$$

P = potência elétrica (W)

ΔE = energia transformada (consumida)

ΔT = intervalo de tempo (h)

ΔE_m = consumo mensal (KWh)

IV. Bandeiras tarifárias do setor elétrico brasileiro

No Brasil a principal matriz elétrica é a hidrelétrica, assim, a partir de 2015, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, passou-se a adotar um sistema de bandeiras tarifárias, segundo a resolução Normativa ANEEL n.º 54713 de 16/04/2013. Uma política de preços da energia elétrica, indexada ao nível de água nos reservatórios, diretamente ligado ao regime de chuvas nas regiões onde as maiores hidrelétricas estão instaladas. Segundo a ANEEL (2015), o sistema de bandeiras tarifárias é um instrumento cujo objetivo é sinalizar aos consumidores de energia elétrica os reais custos de geração de energia. O sistema é válido em todo o território brasileiro, com exceção dos locais atendidos pelas concessionárias não interligadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN). As bandeiras tarifárias, refletem os custos variáveis da geração de energia, podendo assim, esses custos serem maiores ou menores.

O Sistema Interligado Nacional - SIN é um sistema hidrotérmico de grande porte para produção e transmissão de energia elétrica e no período de estiagem prolongada, as usinas termelétricas, movidas a combustíveis como gás natural, carvão, óleo

combustível e diesel, podem passar a ser acionadas para poupar água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, ocasionando um custo de geração de energia maior.

Havendo um nível de água suficiente nos reservatórios, as usinas termelétricas não precisam ser utilizadas e o custo de geração de energia tende a ser menor.

O funcionamento é simples: as cores das Bandeiras são as mesmas cores dos semáforos (verde, amarela ou vermelha) indicam se a energia custará mais ou menos em função das condições de geração de eletricidade (ANELL, 2015).

A relação da cor da bandeira, as condições do tempo e o custo do kWh de energia ocorre da seguinte forma:

Bandeira verde : condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo.

Bandeira amarela : condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;

Bandeira Vermelha patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Bandeira Vermelha patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Figura 15: Fatura de energia elétrica, com campo de informação da bandeira tarifária

edp EDP Espírito Santo Distribuição de Energia S.A.
 Rua Florentino Faller, nº 80 - 1º, 2º e 3º Andar
 Salas 101, 102, 201, 202, 301 e 302 - Edifício Maxxi I
 Bairro Enseada do Sua - Vitória - ES - CEP 29050-310
 CNPJ 28.152.650/0001-71 Insc. Estadual 080.250.16-5
 NotaFiscal/Conta de Energia Elétrica nº 106.717.214

Emissão autorizada pelo
 Regime Especial REOA nº 021/2020
 Processo nº 2020-9DS46

1 / 2

Cliente / Endereço de Entrega
 [Redacted] S
 COD. IDENT. 0401658475 COD. FISCAL OPERAÇÃO: 5258
 GRUPO/SUBGRUPO: B - B1 CLASSE/SUBCLASSE: RESIDENCIAL
 TP FORNECIMENTO: BIFÁSICO MODALIDADE TARIFÁRIA: CONVENCIONAL
 TENSÃO NOMINAL: 220 / 127 V ROTEIRO DE LEITURA: B42CR08B00298

Número da Instalação
 160614924

Data de Vencimento
 10/04/2023

Conta do Mês
 Março/2023

Bandeiras Tarifárias
 Bandeira Tarifária Vigente na Data de Faturamento: VERDE
 Nº dias Fat. Bandeira VERDE : 33 dias (16/02/2023 a 20/03/2023)
 Informações sobre o sistema de bandeiras tarifárias estão disponíveis no site da ANEEL (www.aneel.gov.br)

Local de Consumo
 [Redacted]

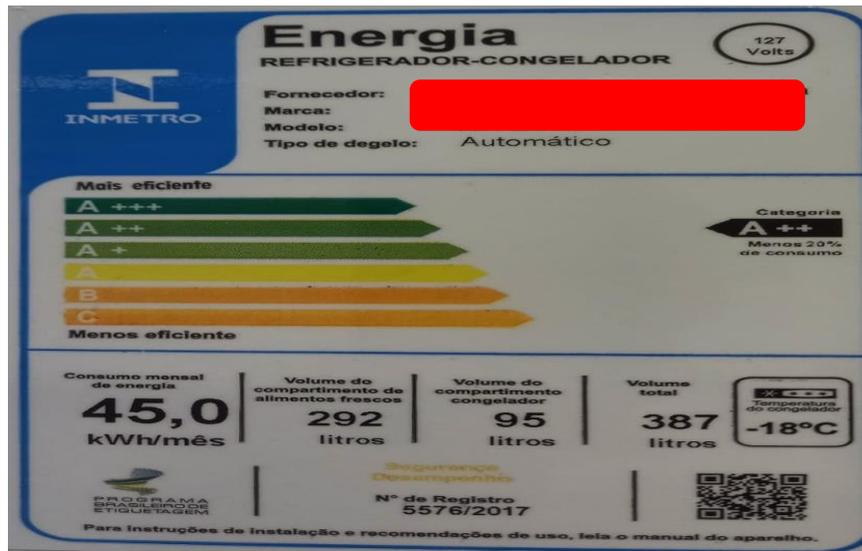
Central de Atendimento
 ao Cliente - 24h
 0800 721 0707

Fonte: EDP Espírito Santo Distribuição de Energia S.A, adaptado pelo autor.

V. O Selo Procel

Conforme o Centro Brasileiro de Eficiência Energética – PROCEL INFO (2023), o Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica foi instituído em 30 de dezembro de 1985, pela Portaria Interministerial nº 1.877, para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Desde então, as ações do Procel contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia. Ainda segundo o PROCEL INFO (2023), uma das ações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, foi a criação do Selo Verde de eficiência energética, o Selo Procel. Instituído por Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993, o selo tem como finalidade ser um instrumento simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e consomem menos energia.

Figura 38: etiqueta do selo Procel com Coeficiente de Eficiência Energética



Fonte: Selo Procel adaptado pelo autor

Aula 12: Aplicação do conhecimento (duração: 50 minutos)

1. Diferencie os termos, energia e potência elétrica.

2. Como podemos calcular o consumo de energia elétrica de um aparelho elétrico?

3. De posse da conta de energia elétrica de sua residência, a partir das informações contidas na fatura, determine:

a) bandeira tarifária vigente: _____

b) a leitura de energia anterior do medidor: _____

c) a leitura de energia atual do medidor: _____

d) o consumo total de energia elétrica no mês: _____

e) o custo do KWh: _____

f) o custo do fornecimento de energia elétrica: _____

g) o custo com tributos: _____

h) contribuição de iluminação pública: _____

i) o custo total da fatura: _____

4. Atividade em equipe: Tire fotos de três eletrodomésticos de sua casa, evidenciando o valor da potência elétrica e ou a etiqueta do selo Procel. Em seguida simule o tempo de uso, durante um mês e calcule a quantidade de energia em kWh e o custo mensal de cada eletrodoméstico. Qual dos eletrodomésticos consumiu mais energia elétrica em um mês?

5. As lâmpadas de LED são mais eficientes porque elas produzem a mesma quantidade de lúmens (fluxo luminoso) de outras lâmpadas, com menor gasto energético.

Sabendo disso, considere uma residência que apresenta 8 lâmpadas fluorescentes compactas de 13 W que ficam acesas por 6 horas por dia.

a) Qual ao consumo da energia elétrica, em kWh, dessas lâmpadas em um mês (30 dias)?

b) Se essas lâmpadas forem trocadas por lâmpadas de LED de 7 W que proporciona a mesma iluminação, qual será o novo consumo de energia elétrica em KWh, apresentado por essas lâmpadas em um mês (30 dias)?

c) Qual a quantidade de energia economizada em um mês (30 dias), com a troca das lâmpadas?

d) Considerando o custo do KWh, igual a R\$ 0,60, qual o valor economizado em um ano na conta de luz?

6. Classifique os equipamentos conforme o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para térmica, luminosa, mecânica e sonora) e compare o consumo dos equipamentos.

Equipamentos elétricos	Transformação de energia	Potência Elétrica (W)	Nº de dias de uso	Tempo de uso por dia	Consumo mensal (KWh)
Ventilador de		74,6 W	30	8 h	

mesa					
Chuveiro elétrico		5500 W	30	20 mim.	
Tv em cores 32" (LED)		80 W	30	5 h	

Qual equipamento consome mais? Por quê?

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB. **Converter BTU em watts: aprenda como fazer. Blog ABB.** São Paulo, 21 de jul. 2022. Disponível em: <http://www.loja.br.abb.com/blog/post/converter-btu-em-watts-aprenda-como-fazer>. Acesso em: 27 de mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Bandeiras Tarifárias.** Disponível em: < <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 25 mar.2023.

BAITELO, Ricardo. **A dependência de hidrelétricas pode ser um risco para o Brasil, mostra painel na COP26.** Instituto de Energia e Meio Ambiente. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br>>. Acesso em 02 de novembro de 2022.

BARBOSA, Dayanne Rocha. **Usinas termoelétricas** - UTE Muricy I. 2010. 46f. (Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017. BRASIL.**

BRASIL, Ministério da Educação, (1997). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental. Brasília, MEC/SEF.**

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - PROCEL INFO. Disponível em < <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acessado em 25/03/2022.

CHAVANTE, Dina. **Eletrônica III.** Governo do Amazonas – Centro de Educação Tecnológica do Amazonas. 2016.

Ciência. Física e Química - Volume 9. / Carlos Barros, Wilson Roberto Paulino. – 4. Ed. – São Paulo: Ática, 2009.

Companhia das Ciências, 8º ano: **ensino fundamental, anos finais** / Usberco... [et al.] – 5. Ed. – São Paulo: Saraiva, 2018.

CORDEIRO, Luís Fernando dos Santos. **Eletrodinâmica de Ampère: Uma interpretação e dedução da força de Ampère a partir dos quatro casos de equilíbrio descritos no Théorie.** Universidade Católica de Brasília, 2015.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Mudanças climáticas e Transição energética.** Disponível em: < <https://www.epe.gov.br> >. Acesso em nov./2022.

Gaspar, Alberto. **Compreendendo a física**. 2. ed. – São Paulo : Ática, 2013.

Gewandsznajder, Fernando - **Teláris Ciências, 8º ano: ensino fundamental, ano finais**/ Fernando Gewandsznajder, Helena Pacca. – 3. Ed. – São Paulo: Ática, 2018, p.206.

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

JESUS, C.M.S; MENEZES,P.L. **Controvérsias históricas sobre eletricidade: um debate entre Alessandro Volta e Luigi Galvani**. Universidade Federal do Sergipe. 2012.

Mariano, Juliana D'Angela. **Energia solar fotovoltaica: princípios fundamentais** / Juliana D'Angela Mariano, Jair Urbanetz Junior. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

MODELLI, Laís. **Energia mais cara e poluente: desafios para próximo governo**. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br>> Acesso em: 02 de nov. de 2022.

MORAIS, Caio. **Célula fotovoltaica: Tudo que você precisa saber**. Disponível em: <https://www.eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>. Acesso: 02 de abr. De 2023.

LIMA, Ariane A. **Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, e20190191 (2020). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0191> Acesso em 01 de abr. de 2023.

OLIVEIRA, Luiz Nunes de. O que é mais vantajoso: 110 ou 220V? **Jornal da USP** [online], São Paulo, 28 nov. 2016. Instituto de Física de São Carlos. Disponível em: <www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/o-que-e-mais-vantajoso-110-ou-220v>. Acesso em: 28 nov. 2022.

PORTAL SOLAR. **Quem criou a Energia Solar? História da Energia Solar**. 2023. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/historia-e-origem-da-energia-solar>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, Nicolau G.; SOARES, P. A. Toledo. **Fundamentos da Física** V.3. 11. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

VENTURA, D. E. **Tensão: 110V ou 220V**. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação, 2013. Disponível em: <www.fisica.seed.pr.gov.br>. Acesso: 28 nov. 2022.