



## **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA ELETRODINÂMICA NO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO**

**GLAUBER SIQUEIRA NEVES**

Manaus-AM  
2019

Glauber Siqueira Neves

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA  
ELETRODINÂMICA NO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

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

Orientadora:  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Soraya Farias Aquino

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

N499i Neves, Glauber Siqueira.

Instalações elétricas: uma proposta para o ensino de eletrodinâmica no 3º ano de ensino médio./ Glauber Siqueira Neves. – Manaus, 2019. 130 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2019.

Orientadora: Profa. Dra. Soraya Farias Aquino.

Acompanha produto educacional.

1. Ensino de física. 2. Eletrodinâmica. 3. Corrente elétrica. I. Aquino, Soraya Farias. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Universidade Federal do Amazonas. V. Título.

CDD 537.5

GLAUBER SIQUEIRA NEVES

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA  
ELETRODINÂMICA PARA O 3º ANO DO ENSINO MÉDIO”

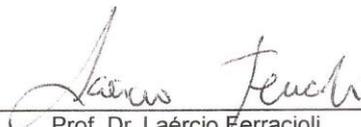
Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional  
Profissional em Ensino de Física Polo 04 IFAM/UFAM  
como parte dos requisitos para obtenção do Título de  
Mestre em Ensino de Física, sob orientação da Prof.  
Dr.<sup>a</sup>. Soraya Farias Aquino.

Aprovada em 19 de Dezembro 2019.

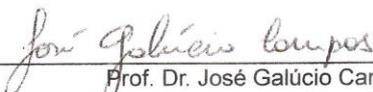
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Soraya Farias Aquino – Orientadora  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM



Prof. Dr. Laércio Ferracioli  
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES



Prof. Dr. José Galúcio Campos  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM

MANAUS - 2019

Dedico esta dissertação à minha esposa Helen Ferreira Bier e aos meus filhos  
Gabriel Bier Neves e Mateus Bier Neves.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por permitir ter forças para me dedicar durante todo o curso do mestrado, nunca desistindo de mim, principalmente nos momentos em que fraquejei.

À minha esposa Helen Inglidi Ferreira Bier, meus filhos Gabriel Bier Neves, Mateus Bier Neves, irmãos, irmãs e aos meus pais Mariute Ferreira de Siqueira e Altair Raimundo Neves (*in memoriam*) pelo apoio, sinceridade, amizade e palavras de incentivo nessa empreitada.

À minha orientadora Soraya Farias Aquino, por todo apoio, paciência, conversas e contribuições acadêmicas.

Aos amigos e colegas de mestrado de 2016, Alderico, Francisco, Isaac, Rodrigo e Sidomar com os quais compartilhei angústias, alegrias e aprendizados.

A todos os colegas do curso de Mestrado da turma 2019, em especial ao Paulo Roberto, Glauber Pires, Bruno, Fredson, Priscila, Tamilles, Stanislau, Tatiana, Paulo Ferreira e Silvia por diversas contribuições nas conversas e debates.

Aos meus alunos do 3º ano 01, turno vespertino da turma de 2019, pela participação e esforço sem os quais este trabalho não teria sentido.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e a Sociedade Brasileira de Física – SBF, pelo suporte e gestão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF.

Aos professores do Programa Nacional de Mestrado em Ensino de Física polo 04 IFAM/UFAM, que participaram direta ou indiretamente da minha formação profissional.

E finalmente, a todos aqueles que contribuíram de uma maneira ou outra para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

## RESUMO

### INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA ELETRODINÂMICA NO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

Neste trabalho apresentamos uma sequência didática, com o objetivo de ensinar conceitos de Eletrodinâmica para alunos do terceiro ano do Ensino Médio, e em especial, aqueles relacionados aos circuitos elétricos de uma instalação elétrica residencial, buscando dar sentido e tornar mais significativo o ensino de Física. As atividades desenvolvidas tiveram como base a teoria Sócio-Histórica de Vygotsky e o produto consiste em um guia de orientação para o docente, no qual ele irá encontrar não apenas as atividades da sequência didática que propomos para a aprendizagem desses conceitos, leis e propriedades, mas também sugestões de como organizar as atividades em sala de aula e de como proceder como mediador durante a realização de tais atividades. Além disso, é utilizada uma maquete de uma instalação elétrica residencial construída pelos alunos com orientação do professor com sobra de materiais, usada como ferramenta pedagógica facilitadora na internalização dos conceitos. Como mecanismo de coleta de dados foram utilizados um Pré e um Pós Teste contendo 06 questões cada. Foi realizada uma análise qualitativa a partir das respostas às questões dos testes, gerando-se uma pontuação por teste para avaliar o desempenho individual dos alunos da turma. Os recursos utilizados propostos contribuíram para a motivação dos alunos e a promoção da aprendizagem de alguns conceitos da eletrodinâmica para o grupo de alunos desta Escola Estadual.

Palavras-chave: Ensino de Física; Eletrodinâmica, Vygotsky, Instalações elétricas.

## ABSTRACT

### **ELECTRICAL INSTALLATIONS: A PROPOSAL FOR THE TEACHING OF ELECTRODYNAMICS FOR THE 3<sup>RD</sup> YEAR OF HIGH SCHOOL**

In this paper we present a didactic sequence, aiming to teach Electrodynamic concepts to third year high school students, and in particular, those related to the electrical circuits of a residential electrical installation. The activities developed were based on Vygotsky's Socio-Historical theory and the product consists of a guide for the teacher, in which he will find not only the activities of the didactic sequence that we propose for the learning of these concepts, laws and properties, but also suggestions on how to organize classroom activities and how to act as a mediator during such activities. In addition, a model of a residential electrical installation built by the students with the guidance of the teacher with leftover materials is used, used as a facilitating pedagogical tool in the internalization of the concepts. As a data collection mechanism, a Pre and Post Test were used, containing 06 questions each. A qualitative analysis was carried out from the answers to the test questions, generating a test score to assess the individual performance of the students in the class. The proposed resources used contributed to the students' motivation and the promotion of learning some concepts of electrodynamics for the group of students of this State School.

Keywords: Keywords: Physics teaching, electrodynamics, Vygotsky, electrical installations.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - conexões com a Física 3.....	24
<b>Figura 2</b> - Física 3.....	25
<b>Figura 3</b> - Física para o ensino médio.....	25
<b>Figura 4</b> - Física contexto e aplicações 3.....	26
<b>Figura 5</b> - Física 3 interação e tecnologia.....	26
<b>Figura 6</b> - Física em contextos 3.....	27
<b>Figura 7</b> - Física 3 - Eletromagnetismos – Física moderna.....	27
<b>Figura 8</b> - um segmento de fio conduzindo corrente.....	31
<b>Figura 9</b> - (a) dois resistores conectados em série (b) resistor equivalente.....	37
<b>Figura 10</b> - (a) dois resistores em paralelo (b) resistor equivalente.....	37
<b>Figura 11</b> - movimento dos elétrons através do condutor.....	48
<b>Figura 12</b> - sentido real e convencional.....	48
<b>Figura 13</b> - elétrons atravessando a seção reta do fio.....	49
<b>Figura 14</b> - gráfico da corrente contínua e alternada.....	50
<b>Figura 15</b> - efeito químico.....	50
<b>Figura 16</b> - efeito Joule.....	51
<b>Figura 17</b> - efeito magnético.....	51
<b>Figura 18</b> - choque elétrico.....	52
<b>Figura 19</b> - efeito luminoso.....	52
<b>Figura 20</b> - voltagem (ddp) de uma pilha.....	53
<b>Figura 21</b> - material condutor e isolante.....	55
<b>Figura 22</b> - resistores.....	56
<b>Figura 23</b> - representação dos resistores em circuito elétrico.....	56
<b>Figura 24</b> - transformação da potência luminosa e potência térmica (calor).....	59
<b>Figura 25</b> - (a) circuito fechado, (b) circuito aberto.....	60
<b>Figura 26</b> - associação em série.....	60
<b>Figura 27</b> - resistor equivalente ( $R_{eq}$ ) .....	61
<b>Figura 28</b> - associação em paralelo.....	62
<b>Figura 29</b> - preço KWh em Manaus.....	63
<b>Figura 30</b> - tipos de ligação.....	65
<b>Figura 31</b> - tomadas TUE e TUG.....	65
<b>Figura 32</b> - (a) e (b) ligação da tomada TUG.....	66

<b>Figura 33</b> - cores dos condutores (fios elétricos) .....	67
<b>Figura 34</b> - modelos de disjuntores.....	69
<b>Figura 35</b> - dispositivo diferencial residual .....	70
<b>Figura 36</b> - dispositivo de proteção contra surtos .....	70
<b>Figura 37</b> - planta baixa .....	72
<b>Figura 38</b> - resposta dada pelo aluno AI 11.....	86
<b>Figura 39</b> - resposta dada pelo aluno AI 10.....	86
<b>Figura 40</b> - resposta dada pelo aluno AI 02.....	86
<b>Figura 41</b> - resposta dada pelo aluno AI 03.....	87
<b>Figura 42</b> - resposta dada pelo aluno AI 22.....	87
<b>Figura 43</b> - resposta dada pelo aluno AI 29.....	88
<b>Figura 44</b> - resposta dada pelo aluno AI 12.....	88
<b>Figura 45</b> - resposta dada pelo aluno AI 13.....	88
<b>Figura 46</b> - resposta dada pelo aluno AI 30.....	89
<b>Figura 47</b> - resposta dada pelo aluno AI 09.....	89
<b>Figura 48</b> - resposta dada pelo aluno AI 17.....	90
<b>Figura 49</b> - resposta dada pelo aluno AI 22.....	90
<b>Figura 50</b> - resposta dada pelo aluno AI 23.....	91
<b>Figura 51</b> - resposta dada pelo aluno AI 26.....	92
<b>Figura 52</b> - resposta dada pelo aluno AI 24.....	93
<b>Figura 53</b> - resposta dada pelo aluno AI 17.....	93
<b>Figura 54</b> - um segmento de fio conduzindo corrente.....	116

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - aprovados reprovados no pré-teste e pós teste.....	84
<b>Gráfico 2</b> - resultados da questão 1.....	85
<b>Gráfico 3</b> - resultados da questão 2.....	87
<b>Gráfico 4</b> - resultados da questão 3.....	89
<b>Gráfico 5</b> - resultados da questão 4 .....	90
<b>Gráfico 6</b> - resultados da questão 5.....	91
<b>Gráfico 7</b> - resultados da questão 6.....	92
<b>Gráfico 8</b> - quantidade de questões desafiadoras correta por grupo.....	94
<b>Gráfico 9</b> - questões desafiadoras com maiores índices de acertos.....	95

## LISTA DE FOTOS

<b>Foto 1:</b> Escola Estadual onde foi implementada a sequência didática.....	41
<b>Foto 2:</b> turma 3 <sup>o</sup> 01, vespertino de 2019.....	42
<b>Foto 3:</b> aplicação do pré-teste.....	46
<b>Foto 4:</b> aula com utilização do Datashow.....	54
<b>Foto 5:</b> planta baixa desenhada compensado.....	73
<b>Foto 6:</b> quadro de distribuição (a) e seus componentes (b) .....	73
<b>Foto 7:</b> os fios elétricos utilizados .....	74
<b>Foto 8:</b> alicate decapador.....	74
<b>Foto 9:</b> fixação dos fios no barramento.....	75
<b>Foto 10:</b> (a) fixação do fio fase no disjuntor geral (b) fixação do disjuntor geral no suporte.....	75
<b>Foto 11:</b> (a) jumping (b) jumping entre os disjuntores.....	76
<b>Foto 12:</b> identificação dos disjuntores no QD.....	76
<b>Foto 13:</b> (a) fixação do fio fase (b) e retorno no interruptor.....	77
<b>Foto 14:</b> conexão do fio neutro com as duas lâmpadas.....	78
<b>Foto 15:</b> (a) teste de funcionamento duas lâmpadas (b) uma lâmpada.....	78
<b>Foto 16:</b> tomadas simples e dupla.....	79
<b>Foto 17:</b> (a) furação do compensado (b) fixação da tomada.....	79
<b>Foto 18:</b> fios que serão conectados na tomada.....	80
<b>Foto 19:</b> (a) fios fixos na tomada (b) teste de funcionamento.....	80
<b>Foto 20:</b> maquete finalizada.....	81
<b>Foto 21:</b> teste de funcionamento final da maquete.....	81
<b>Foto 22:</b> preparação para o pré-teste.....	83

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - conceitos dos livros do PNLD 2018 da disciplina de física .....	28
<b>Tabela 2</b> - sumário da sequência didática do presente trabalho.....	44
<b>Tabela 3</b> - quantidade de tomadas por cômodo.....	67
<b>Tabela 4</b> - dimensionamento dos condutores Norma 5410.....	68
<b>Tabela 5</b> - dados dos cômodos da casa.....	82
<b>Tabela 6</b> - elementos elétricos da casa.....	82
<b>Tabela 7</b> - composição dos grupos de alunos.....	93
<b>Tabela 8</b> - numeração das questões desafiadoras.....	94

## LISTA DE SLIDES

<b>Slide 1:</b> circuito elétrico.....	105
<b>Slide 2:</b> eletrodinâmica.....	105
<b>Slide 3:</b> corrente elétrica.....	106
<b>Slide 4:</b> cálculo do consume de energia elétrica.....	106
<b>Slide 5:</b> potência elétrica.....	106
<b>Slide 6:</b> tipos de associação de resistores.....	107
<b>Slide 7:</b> caracterísricas das associações de resistores.....	107
<b>Slide 8:</b> tipo de fornecimento de energia elétrica.....	107
<b>Slide 9:</b> instalação de tomadas de 127 V e 220 V.....	108

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- BNCC** - Base Nacional Comum Curricular
- C.A** - Corrente Alternada
- CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- C.C** - Corrente Contínua
- DDP** - Diferença de Potencial
- DPS** - Dispositivo de Proteção Contra Surtos
- DR** - Dispositivo Diferencial Residual
- IFAM** - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
- PNLD** - Programa Nacional do Livro Didático
- PCN** - Parâmetros Curriculares Nacionais
- QD** - Quadro de Distribuição
- SBF** - Sociedade Brasileira de Física
- SEDUC-AM** - Secretaria de Estado de Educação e Qualidade do Ensino do Amazonas
- TUE** - Tomadas de Uso Específico
- TUG** - Tomadas de Uso Geral
- UFAM** - Universidade Federal do Amazonas
- ZDP** - Zona de Desenvolvimento Proximal

## Sumário

INTRODUÇÃO.....	17
1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.....	20
1.1 A importância da experimentação.....	20
1.2 A experimentação nos livros do PNLD 2018.....	23
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	30
2.1 Um breve histórico sobre a Eletrodinâmica.....	30
2.2 Corrente elétrica.....	31
2.3 Resistência elétrica.....	33
2.4 Potência elétrica.....	35
2.5 Diferença de potencial (ddp) .....	36
2.6 Associação em série.....	36
2.7 Associação em paralelo.....	37
2.8 Condutor e isolante.....	38
3 METODOLOGIA – O PRODUTO E SUA APLICAÇÃO.....	40
3.1 Turma e local de aplicação do produto.....	41
3.2 A sequência didática – entendendo o conceito.....	43
3.3 A estrutura da sequência didática utilizada.....	43
3.4 A aplicação da sequência didática.....	45
4 ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO.....	84
CONCLUSÃO.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	98
APÊNDICES.....	101
Apêndice A - Pré teste.....	101
Apêndice B - Pós teste.....	103
Apêndice C - Slides utilizados nas aulas.....	105
Apêndice D -Tabelas dos vídeos.....	109
Apêndice E - Produto Educacional.....	110

## INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências no Brasil, é fortemente marcado pela ausência da prática experimental, a dependência excessiva do livro didático, o uso indiscriminado do método expositivo, o reduzido número de aulas, além do currículo desatualizado, descontextualizado e da profissionalização insuficiente do professor (PEDRISA, 2001). Partindo dessa afirmação, observamos ser esta uma situação altamente preocupante, ao tornar-se uma barreira pedagógica para o processo ensino-aprendizagem do ensino de Física.

Com o intuito de colaborar com o ensino de Física, realizamos uma atividade experimental que envolve a construção da maquete de uma instalação elétrica residencial, fazendo uso de uma sequência didática, em busca de contribuir com um instrumento educativo que possibilite ao aluno compreender alguns conceitos da teoria da Eletrodinâmica, permitindo assim uma maior interação aluno-professor durante as aulas de Física que, em geral são apresentadas de maneira desarticulada e fracionada, o que provoca, muitas vezes, falhas conceituais.

De acordo com a teoria sociocultural de Vygotsky, as interações são a base para que o aluno consiga aprender pois, a estrutura do conhecimento ocorre primeiro na relação com outras pessoas, para só depois, ocorrer no plano interno e individual. Nesse processo, adultos mais experientes e professores são parte imprescindível para a elaboração do que e como aprender. É essa a premissa básica para a construção dessa proposta.

Tomamos por base a Eletrodinâmica, como área da Física responsável por estudar as cargas elétricas em movimento, por esta ter grande importância tanto para o desenvolvimento conceitual da Física, quanto para o desenvolvimento de novas tecnologias, sendo um dos temas mais utilizados em demonstrações e experimentos e, tradicionalmente, um dos principais tópicos ministrados no ensino de Física para o 3º ano do Ensino Médio.

Apesar desta riqueza, o estudo da Eletrodinâmica no Ensino Médio tem, usualmente, se restringido à identificação de resistores e/ou capacitores em série, em paralelo ou misto e ao cálculo da intensidade da corrente elétrica. Ou seja, em geral, os conceitos não são abordados adequadamente, não permitindo

ao aluno uma correlação com o cotidiano. Esse fato pode ser percebido quando observamos que o aluno não consegue explicar o princípio básico de funcionamento de um ferro elétrico, que é um aparelho presente em diversas residências, e muito menos quais os fatores que contribuem para um maior consumo de energia elétrica, sobrecarregando as despesas familiares.

Pensando nisso, acreditamos ser de grande valia partir de situações ligadas ao cotidiano para desenvolver práticas pedagógicas que estimulem cada vez mais a relação dos discentes com a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos em sala de aula, ressaltando que os próprios Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN's (BRASIL, 2002) e o BNCC (BRASIL, 2013), apontam na direção da contextualização dos conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas, sobretudo em Física.

Partimos da seguinte problemática para desenvolver este trabalho: Como a maquete de uma instalação elétrica residencial pode auxiliar no estudo dos conceitos de Eletrodinâmica? Para isso, estabelecemos como hipótese o fato de que o ensino de Eletrodinâmica, ao fazer uso de uma sequência didática com o auxílio de uma maquete, pode contribuir de forma significativa para a compreensão de alguns conceitos da Eletrodinâmica, colaborando efetivamente para aprendizagem dos alunos.

Com o problema e a hipótese estabelecidos, definimos como objetivos:

**GERAL** - Elaborar uma sequência didática visando uma melhor aprendizagem dos conceitos da Eletrodinâmica aos alunos do 3º ano do Ensino Médio.

**ESPECÍFICOS:** a) utilizar a maquete de uma instalação elétrica residencial como atividade experimental, para auxiliar na compreensão dos conceitos da Eletrodinâmica; b) empregar alguns princípios da teoria social de Vygotsky como base para o processo de ensino-aprendizagem; c) comparar o rendimento dos alunos no pré e pós teste, buscando evidências de mudança na estrutura cognitiva dos alunos.

Com o intuito de tornar as aulas de Física mais interessantes de forma a estimular a curiosidade dos alunos e, ao mesmo tempo, promover uma maior compreensão das teorias físicas envolvidas nos fenômenos cotidiano, decidimos

neste trabalho empenhar nossos esforços no sentido de apresentar em sala de aula os conceitos físicos da Eletrodinâmica envolvidos em uma instalação elétrica residencial de forma diferenciada, com a finalidade de torná-la um importante instrumento educativo, de forma a possibilitar ao aluno integrar alguns conceitos, leis e propriedades da Eletrodinâmica, que normalmente são apresentadas desarticuladas, fragmentadas e independentes uma das outras. Os conceitos a serem trabalhados são: corrente elétrica, voltagem (d.d.p), resistência elétrica e as leis de Ohm, potência elétrica, circuitos elétricos, condutor, isolante e o cálculo do consumo de energia elétrica.

Por fim, temos como princípio contribuir com uma forma alternativa, mas real e dinâmica das abordagens apresentadas rotineiramente para o estudo da Eletrodinâmica, incluindo aquelas apresentadas tradicionalmente nos livros didáticos de Física para o ensino desse tema. Em síntese, propomos aqui mais uma opção para o ensino da Eletrodinâmica aos alunos do Ensino Médio, ao inserir a conjunção dos conceitos com atividades práticas, visando tornar mais efetivo o aprendizado.

Após essa breve visão geral, passamos aos momentos que dividem esse trabalho que, após sua primeira parte introdutória, segue estruturado da seguinte maneira: no capítulo 1 é feita uma abordagem de como alguns autores visualizam a importância da experimentação no ensino da Física e uma revisão da literatura que trata o conteúdo da Eletrodinâmica nos livros do Programa Nacional do Livro Didático - PNLD 2018. No capítulo 2, realizamos uma revisão da teoria Eletromagnética, ressaltando os conceitos e propriedades, levando em consideração principalmente seu lado fenomenológico. No capítulo 3, fazemos uma breve discussão sobre a metodologia empregada, o local da pesquisa, as características das turmas analisadas e apresentamos a estrutura e análise da sequência didática empregada. No capítulo 4, a análise dos dados obtidos com a aplicação da sequência didática e o uso da maquete. E, finalmente as considerações finais sobre o trabalho aqui desenvolvido e suas consequências para a aprendizagem no ensino de alguns conceitos da Eletrodinâmica. Esta dissertação é encerrada com as referências bibliográficas utilizadas nesse trabalho e os apêndices, onde se encontra o produto educacional que motivou esta experiência.

# 1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo recorreremos a alguns autores que se dedicaram a escrever sobre a importância da experimentação no Ensino da Física, dando destaque às questões que justificam a importância dessa atividade para o ensino, assim como as justificativas dadas pelos professores para a sua não utilização, e também, de que maneira os livros didáticos disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) abordam os conceitos, as leis e propriedades da Eletrodinâmica nos pontos: experimentação e contextualização. Por fim, elaboramos uma tabela com a avaliação dos livros do PNLD, objetivando verificar se esses livros didáticos listados em nossa análise atendem ao critério acima citado e se a utilização dos mesmos se constituem em um recurso que possa atender à expectativa do professor e do aluno, auxiliando para uma melhor compreensão dos conceitos da Eletrodinâmica abordados em uma instalação elétrica.

## 1.1 A importância da experimentação

As atividades experimentais, especialmente no Ensino da Física, atuam como ferramenta auxiliar ao processo ensino-aprendizagem e na contribuição positiva do processo de formação do cidadão. Para Gonçalves (2006), a grande vantagem de realizar uma atividade experimental é discutir a ciência que está nela envolvida e exemplificar como ela está presente no nosso cotidiano, permitindo a existência de uma ponte que interligue o conhecimento científico com a realidade que o aluno está inserido.

A importância da experimentação no ensino também é mencionada por Guimarães (2009, p.198): “ A experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação ”.

Já para Schwahn e Oaigen (2009), o uso de atividades experimentais pode vir a ser o ponto de partida para a compreensão de conceitos e ideias discutidas em sala de aula.

Essas afirmações nos indicam a importância de o professor mediar essas atividades, contextualizando através delas os fenômenos observados com a realidade vivida pelo aluno.

Durante o Encontro de Professores de Física, realizado em Manaus e promovido pela Seduc-Am no final de 2018, uma das mais incisivas críticas dirigidas ao Ensino de Física e a que mais se pratica nas Escolas Públicas Estaduais do Amazonas, é a completa ausência de experimentação. Quando existem, os experimentos não passam de atividades improvisadas e esporádicas de algum professor abnegado. Outras vezes, são tratadas como atividades desvinculadas do conteúdo, como se fossem apêndices ou simples preparativos para a feira de ciências. Isso se dá pelos seguintes motivos: salas de aula superlotadas, falta de material para a realização das atividades experimentais e espaço físico inadequado (ausência de laboratório de ciências).

Para Gaspar (2014),

Apesar de muitos professores de Ciências ou Física se mostrarem sinceramente insatisfeitos com essa situação, raramente essa insatisfação se materializa em alguma ação ou mesmo reivindicação individual ou coletiva; trata-se de conformismo, ou mesmo passividade, muito difícil de compreender, uma vez que parte de profissionais que atribuem a essa prática pedagógica tanta importância (GASPAR, 2014, p.7).

Já Borges (2002), diz que para a realização de uma atividade prática não há necessidade de um ambiente próprio, já que ela pode ser desenvolvida em qualquer sala de aula, especialmente as idealizadas com materiais simples, de baixo custo. Se nem toda atividade prática necessita de um local apropriado, então porque as atividades não acontecem? Ou seja, apesar de reconhecermos a importância do laboratório de ciências, sua ausência não justifica a ausência de experimentos e atividades práticas.

Apesar do ambiente do laboratório favorecer atividades investigativas que podem contribuir para o desenvolvimento de competências e habilidades tais como: formular hipóteses, elaborar procedimentos, conduzir investigações, formular explicações, apresentar e defender argumentos científicos (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2013. p.32), acreditamos que desenvolver muitas

dessas habilidades e competências independem de sua existência, significando que a realização de atividades experimentais não pode ficar subordinadas a existência destes.

Neste trabalho consideramos que o mais importante é a existência de atividades experimentais, abrindo espaço para a discussão e interpretação de resultados obtidos, com o professor atuando como mediador no sentido de apresentar e desenvolver conceitos, leis e teorias envolvidas na experimentação.

Para Pinheiro e Santos (2012), o professor precisa estar motivado, organizado, habilitado e principalmente ser autônomo em relação ao fazer docente, para obter dos alunos o comprometimento que eles necessitam para um bom aprendizado.

Ocorre que durante as aulas de física, apesar de reconhecermos a complexidade e da artificialidade das relações que muitas vezes aí se estabelecem, bem como das condições de aprendizagem dos alunos e das características da ação pedagógica, a prática é diametralmente oposta: o professor fala e escreve na lousa enquanto os alunos, pelo menos os mais interessados, copiam no caderno.

No espaço da sala de aula, portanto, os alunos raramente entram em contato com as potencialidades que o método experimental é capaz de proporcionar e, quando ocorrem, essas atividades nem sempre são utilizadas abrangendo todas as suas capacidades pedagógicas para a aquisição de conceitos, determinação de constantes, construção de modelos, confrontação e teste de hipóteses. Em geral, o que ocorre é a mera verificação de erros e acertos com base no que foi trabalhado em sala de aula.

Assim, ao contrário do professor, por exemplo, simplesmente mencionar ou tentar resolver um exercício para provar no quadro que a intensidade de corrente elétrica que entra num circuito elétrico é a mesma que sai, ele bem que poderia perfeitamente aproveitar essa oportunidade para transformar muitos exercícios numa situação-problema.

Portanto, atividades experimentais quando bem planejadas são ricas em ensinamentos e o professor tem a consciência de que os alunos nessa faixa

etária (do Ensino Médio) são receptivos para desenvolverem atividades concretas, estando sempre prontos para testar e debater suas ideias, desde que estimulados a isso. Essa ideia vai ao encontro das orientações feitas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs descritos para o ensino experimental.

... A experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de todos nós. Assim, a ideia de experimentação como atividade exclusiva das aulas de laboratório, onde os alunos recebem uma receita a ser seguida nos mínimos detalhes e cujos resultados já são previamente conhecidos, não condiz com o ensino atual. As atividades experimentais devem partir de um problema, de uma questão a ser respondida. Cabe ao professor orientar os alunos na busca de respostas. As questões propostas devem propiciar oportunidade para que os alunos elaborem hipóteses, testem-nas, organizem os resultados obtidos, reflitam sobre o significado de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados, e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido. Os caminhos podem ser diversos, e a liberdade para descobri-los é um forte aliada na construção do conhecimento individual. As habilidades necessárias para que se desenvolva o espírito investigativo nos alunos não estão associadas a laboratórios modernos, com equipamentos sofisticados. Muitas vezes, experimentos simples, que podem ser realizados em casa, no pátio da escola ou na sala de aula, com materiais do dia-a-dia, levam a descobertas importantes. (BRASIL, 2002, p.55).

Logo, o professor ao permutar um problema por uma situação-problema, faz com que o aluno tenha um maior envolvimento, seja mais participativo melhorando seu aprendizado, além de proporcionar que eles tenham uma visão diferente com relação aos conceitos físicos que podem ser algo real e mais próximo de sua realidade.

## **1.2 A experimentação nos livros do PNLD 2018**

O Programa Nacional do Livro Didático – PNLD, é um programa do Governo Federal que tem como função contribuir para a melhoria da Educação Básica com disponibilização de livros didáticos para os alunos da rede pública de ensino.

Para o período de 2018 a 2021, o PNLD disponibilizou para a disciplina de Física, 12 livros didáticos. Como na escola em que atuo só haviam 7 dos 12 livros disponibilizados pelo PNLD, realizamos a análise somente dos livros constantes na biblioteca da escola, utilizando como critérios para nossa análise, a contextualização e as atividades experimentais relacionadas ao estudo da Eletrodinâmica.

A contextualização é importante para ajudar a formar uma compreensão sobre determinado tema que faz parte do cotidiano do aluno de modo não fragmentado. O outro critério é verificar se o livro apresenta atividades experimentais realizáveis fora do ambiente de laboratório. Os livros analisados estão listados abaixo:

#### Livro 1

Física 3: Conexões com a física—Glórinha Martins, Walter Spinelli, Hugo Carneiro Reis e Blaidi Sant'anna. Editora Moderna.

Figura 1: livro conexões com a física



Fonte: <http2.mlstatic.com/pnld-2018>

**Contextualiza sobre:** a revolução da eletricidade (p. 70 e 71), funcionamento dos medidores de energia (p. 89), a responsabilidade com o uso de cada aparelho no consumo elétrico de uma residência (p. 90).

**Apresenta experimentos sobre:** esse livro não apresenta atividade prática.

## Livro 2

Física 3—Guimarães, Piqueira e Carron. Editora Ática

Figura 2: livro física



Fonte: <http2.mlstatic.com/pnld-2018>

**Contextualiza sobre:** fenômenos elétricos em condutores (p. 10), a experiência de Volta (p. 20), a evolução do setor elétrico (p. 46).

**Apresenta experimentos sobre:** condução de corrente elétrica em soluções eletrolíticas (p. 27), fundamentos de uma instalação elétrica residencial (p. 53).

## Livro 3

Física para o Ensino Médio - Kazuhito & Fuke. Editora Saraiva.

Figura 3: livro física para o ensino médio



fonte: <https://mlstatic.com/pnld-2018>

**Contextualiza sobre:** surgimento da eletricidade ao fim do século XIX (p.104), economia de energia (p. 112), supercondutores (p. 121), aplicações do efeito Joule (p.124).

**Apresenta experimentos sobre:** associação de resistores (p. 136)

Livro 4

Física: Contextos e Aplicações – Beatriz Alvarenga. Editora Scipione.

Figura 4: livro física contexto e aplicações



Fonte: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images>

**Contextualiza sobre:** funcionamento do carro elétrico (p.88), aplicações do efeito Joule (p.127), funcionamento do computador (p. 168 e 169).

**Apresenta experimentos sobre:** a pilha de Volta (p.163).

livro 5

Física: Interação e Tecnologia – Aurélio Toscano Filho. Editora Leya.

Figura 5: livro física 3 interação e tecnologia



Fonte: <https://biblioteca.sdasystems.org>

**Contextualiza sobre:** a utilização dos aparelhos elétricos e circuitos elétricos (p.1 e 2), a construção de circuitos elétricos residenciais (p.18).

**Apresenta experimentos sobre:** montagem de circuitos elétricos (p.19), associação em série e paralelo de resistores (p.38).

## Livro 6

Física em Contextos - Maurício Pietrocola, Alexander Pogibin, Renata de Andrade e Talita Raquel Romero. Editora do Brasil

Figura 6: livro física em contextos



Fonte: <https://mlstatic.com/fisica-ensino-medio>

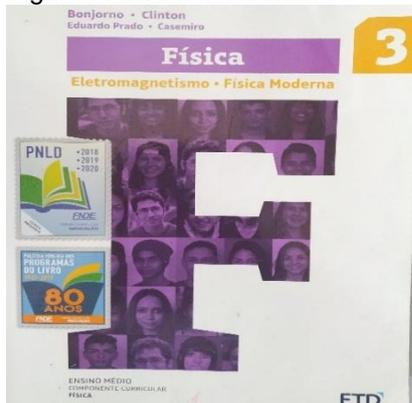
**Contextualiza sobre:** conceito de corrente elétrica (p. 49), potencial elétrico (p. 54), instalações e equipamentos elétricos (p.81).

**Apresenta experimentos sobre:** associação de resistores (p.70), pilhas e baterias caseiras (p.80).

## Livro 7

Física: Eletromagnetismo - Física Moderna – José Roberto Bojorno. Editora FTD.

Figura 7: livro física volume 3



Fonte: <https://files.passeidireto.com>

**Contextualiza sobre:** os dispositivos de segurança de uma instalação elétrica (p. 141), a supercondutividade (p.147 e 148), como utilizar a eletricidade com mais economia (p. 161), fiação doméstica (p. 181).

**Apresenta experimentos sobre:** conceito de corrente elétrica (p.127), sistema three-way (p.180 e 181).

A tabela a seguir mostra de acordo com os nossos critérios, a avaliação dos 7 livros do PNLD 2018 utilizados na análise.

Tabela 1: Contextualização e atividades experimentais nos livros do PNLD 2018 para a disciplina de Física.

Livro	Contextualização	Atividade experimental
Física 3: Conexões com a física – Glórinha Martins, Walter Spinelli, Hugo Carneiro reis e Blaidi Sant’anna. Editora Moderna.	ótimo	regular
Física 3: Guimarães, Piqueira e Carron. Editora Ática	ótimo	ótimo
Física para o Ensino Médio - Kazuhito & Fuke. Editora Saraiva Educação.	ótimo	ótimo
Física: Contextos e Aplicações – Beatriz Alvarenga. Editora Scipione.	ótimo	ótimo
Física: Interação e Tecnologia – Aurélio Toscano Filho. Editora Leya.	ótimo	ótimo
Física em Contextos - Maurício Pietrocola Alexander Pogibin, Renata de Andrade e Talita Raquel Romero. Editora do Brasil.	ótimo	ótimo
Física: Eletromagnetismo - Física Moderna – José Roberto Bojorno. Editora FTD.	ótimo	ótimo

Fonte: própria do autor

Observamos que através da análise da tabela 1, a grande maioria dos livros estão de acordo como os objetivos do PNLD, que, no seu Art. 2º diz:

são objetivos do PNLD: I - aprimorar o processo de ensino e aprendizagem nas escolas públicas de educação básica, com a consequente melhoria da qualidade da educação; II - garantir o padrão de qualidade do material de apoio à prática educativa utilizado nas escolas públicas de educação básica; III - democratizar o acesso às fontes de informação e cultura; IV - fomentar a leitura e o estímulo à atitude investigativa dos estudantes; V - apoiar a atualização, a autonomia e o desenvolvimento profissional do professor; e VI - apoiar a implementação da Base Nacional Comum Curricular.

Apenas 01 (um) desses livros não apresentou sugestão de atividade experimental. Em nossa análise, consideramos um livro ótimo, quando o mesmo apresentou os dois critérios de análise (experimentação e contextualização) e regular quando o mesmo deixa de apresentar pelo menos um desses critérios. Dessa maneira, concluímos que, no geral esses livros foram bem avaliados pois, os mesmos apresentam concordância entre o que é proposto nos documentos oficiais e o que está presente nesses livros didáticos. Ao nos concentrarmos na observação desses dois critérios e a partir da análise do ponto central investigado, nos permitimos construir a tabela 1 visando uma melhor avaliação, e, para auxiliar o trabalho do professor, no próximo capítulo apresentamos os fundamentos de Eletrodinâmica, inserindo alguns dos conceitos a serem trabalhados no 3º ano do Ensino Médio.

## 2 Fundamentos de Eletrodinâmica

Este capítulo servirá de apoio e aprofundamento ao professor para a abordagem e discussão dos conceitos físicos sobre a Eletrodinâmica, relacionados a uma instalação elétrica residencial, para que o mesmo possa entender e aplicar a sequência didática proposta nesse trabalho.

Ao iniciar os estudos sobre a Eletrodinâmica, o professor precisa ter em mente a necessidade de trabalhar alguns conceitos referentes ao tema, de forma que, a partir da compreensão desses conceitos, os alunos tenham a possibilidade de assimilação potencializada.

Iniciamos então, com um rápido histórico sobre o surgimento da Eletrodinâmica e, em seguida apontamos alguns conceitos, que em geral são utilizados nos livros didáticos com algumas adaptações.

### 2.1 Um breve histórico sobre a Eletrodinâmica

A parte da Física que estuda o comportamento das cargas elétricas em movimento (elétrons livres) é denominado de Eletrodinâmica, sendo seu foco principal a corrente elétrica.

É sabido que a corrente elétrica tem um papel fundamental no mundo moderno, e devido a sua importância para a humanidade é impossível viver num mundo onde as fontes de energias elétricas parassem de operar e, em consequência, não conseguissem produzir corrente elétrica. Essa dependência começou por volta da segunda metade do século XVII quando já existiam as máquinas eletrostática que realizavam descargas elétricas, assim como os raios em uma tempestade, e foi nessa época que surgiu um médico anatomista chamado Luigi Galvani (1737-1798) que dedicou-se ao estudo da relação entre a eletricidade e a biologia, em especial à ação da eletricidade sobre o sistema nervoso e muscular.

Um outro importante estudioso da época foi o físico Alessandro Volta (1745-1827) que construiu os primeiros protótipos de pilha, que na época era chamada de pilha de Volta e, foi a partir dele que um novo campo da ciência começou a se desenvolver - a Eletrodinâmica.

Para compreendermos melhor a respeito da Eletrodinâmica, é fundamental ter ideia de alguns conceitos importantes, como veremos a seguir.

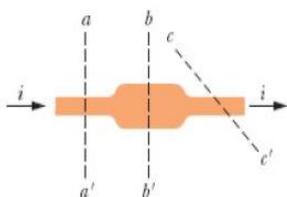
## 2.2 Corrente elétrica

Para Halliday (2016), quando introduzimos uma bateria em um circuito, o potencial elétrico não é o mesmo em todo o circuito. Campos elétricos são criados no interior do material e exercem uma força sobre os elétrons de condução que os faz se moverem preferencialmente em um sentido, produzindo uma corrente. Depois de um pequeno intervalo de tempo, o movimento dos elétrons atinge um valor constante, e a corrente entra no *regime estacionário* (deixa de variar com o tempo). No regime estacionário, a corrente é a mesma nos planos  $aa'$ ,  $bb'$  e  $cc'$  e em qualquer outro plano que intercepte totalmente o condutor. (Halliday, 2016, p.320).

A figura 8 mostra uma seção reta de um condutor, parte de um circuito no qual existe uma corrente. Se uma carga  $dq$  passa por um plano hipotético (como  $aa'$ ) em um intervalo de tempo  $dt$ , a corrente  $i$  nesse plano é definida como:

$$i = dq/dt$$

Figura 8: seção reta de um condutor.



Fonte: livro física fundamentos de física, vol. 3

A carga que passa pelo plano no intervalo de tempo de 0 a  $t$  é determinada por integração,

$$q = \int dq = \int_0^t i dt,$$

em que a corrente  $i$  pode variar com o tempo. (Halliday, 2016, p.321,322). Por razões históricas, convencionou-se definir como sentido da corrente elétrica aquele que corresponderia ao deslocamento das cargas positiva (oposto ao sentido do movimento dos elétrons).

A unidade de corrente no SI é o Ampère (A):

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$$

Quando queremos, em outras ocasiões estudar o fluxo de carga através de uma seção reta que se estende apenas a uma parte do material. Para descrever esse fluxo, usamos a **densidade de corrente**. Para Halliday (2016), “a corrente  $i$  (uma grandeza escalar) está relacionada à densidade de corrente  $\mathbf{J}$  (uma grandeza vetorial) pela equação

$$i = \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{A}$$

$$i = \mathbf{J} \int d\mathbf{A}$$

$$i = \mathbf{J} \cdot \mathbf{A}$$

$$\mathbf{J} = i / \mathbf{A}$$

em que  $d\mathbf{A}$  é um vetor perpendicular a um elemento de superfície de área  $dA$ , e a integral é calculada para uma seção reta do condutor. A densidade de corrente  $\mathbf{J}$  tem o mesmo sentido que a velocidade dos portadores de corrente, se os portadores de corrente são positivos, e o sentido oposto, se os portadores de corrente são negativos. Quando um campo elétrico  $\mathbf{E}$  é criado em um condutor, os portadores de carga adquirem uma velocidade de deriva  $\mathbf{V}_d$  no sentido de, se forem positivos, e no sentido oposto, se forem negativos. Como cada portador possui uma carga  $e$ , a carga total dos portadores em um pedaço do fio é dada por:

$$q = (nAL)e$$

Como os portadores estão todos se movendo com velocidade  $\mathbf{V}_d$ , essa carga atravessa uma seção reta do fio em um intervalo de tempo

$$t = L/V_d$$

Como  $i = q/t$

$$\frac{nALe}{L/Vd}$$

$i = nAeV_d$ , como  $J = i/A$ , temos:

$$V_d = J/ne$$

Portanto, a velocidade de deriva  $V_d$  está relacionada à densidade de corrente  $J$  pela equação

$$J = (ne)V_d,$$

em que  $ne$  é a densidade de carga dos portadores”. (Halliday, 2016, p.327 e 328).

### 2.3 Resistência elétrica

Para Halliday (2016), “quando aplicamos a mesma diferença de potencial às extremidades de barras de mesmas dimensões feitas de cobre e de vidro, os resultados são muito diferentes. A característica do material que determina a diferença é a resistência elétrica”. Para ele a resistência  $R$  medida entre dois pontos de um condutor quando aplicado uma diferença de potencial  $V$  entre esses pontos e medindo a corrente  $i$ . Essa resistência  $R$  é dada por:

$$R = \frac{V}{i} \text{ (definição de R)}$$

A unidade de resistência no SI, o volt por ampère, é chamado de Ohm ( $\Omega$ ):

$$1\Omega = 1 \text{ V/A}$$

Um condutor, cuja função em um circuito é introduzir uma resistência, é chamado de resistor (Halliday, 2016). Nos diagramas dos circuitos elétricos, um resistor é representado pelo símbolo . (David Halliday, Robert Resnick, 2016, p.333).

Halliday (2106) afirma que, “quando lidamos com o campo elétrico em um ponto de um material resistivo, estamos lidando com a densidade de corrente

no ponto em questão. Em vez de falar da resistência  $R$  de um componente, falamos da **resistividade**  $\rho$  do material:

$$\rho = E/J$$

Combinando as unidades de  $E$  e  $J$  do SI, obtemos, para a unidade de  $\rho$ , o ohm-metro ( $\Omega \cdot \text{m}$ ):

A **condutividade**  $\sigma$  de um material, é usada para especificar seu caráter elétrico e é simplesmente o recíproco da resistividade, da mesma forma sua unidade é a recíproca de ohm-metro, isto é,  $[(\Omega\text{m})^{-1}]$ .

$$\sigma = 1/\rho$$

Onde podemos escrever:  $\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$

O cálculo da resistência elétrica a partir da resistividade é obtido por,

$$\rho = E/J = \frac{V/L}{i/A} \text{ e } V = Ri, \text{ temos,}$$

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

A resistência de um condutor varia com a temperatura. No caso dos metais, a resistência aumenta quando a temperatura aumentar. No entanto, há certas substâncias cuja resistência diminui à medida que a temperatura aumenta; as principais são o carbono e o telúrio. E ainda temos o caso de materiais em que não ocorre variação da resistência, mesmo variando a temperatura. A fórmula abaixo determina a resistividade do material em função da temperatura.

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha(T - T_0) \text{ onde,}$$

$T_0$  é uma temperatura de referência e  $\rho_0$  é a resistividade a essa temperatura. Costuma-se escolher como referência  $T_0 = 293 \text{ K}$  (temperatura ambiente), tanto faz usar a escala Celsius ou a escala Kelvin, já que o valor de um grau nas duas escalas é o mesmo. A constante  $\alpha$  é conhecida como *coeficiente de temperatura da resistividade*. (David Halliday, Robert Resnick, 2016, p.334, 335 e 337).

## 2.4 Potência elétrica

Para Halliday, (2016) quando temos um circuito fechado ligado aos terminais de uma bateria, e a diferença de potencial produzida pela bateria é constante, uma corrente constante  $i$  atravessa o circuito, no sentido do terminal  $a$  para o terminal  $b$ . A quantidade de carga  $dq$  que atravessa o circuito em um intervalo de tempo  $dt$  é igual a  $i dt$ . Ao completar o circuito, a carga  $dq$  tem seu potencial reduzido de  $V$  e, portanto, sua energia potencial é reduzida de um valor dado por

$$dU = dqV = i dt V.$$

De acordo com a lei de conservação da energia, a redução da energia potencial elétrica no percurso de  $a$  a  $b$  deve ser acompanhada por uma conversão da energia para outra forma qualquer. A potência  $P$  associada a essa conversão é a taxa de transferência de energia  $dU/dt$ , que pode ser expressa na forma a potência  $P$ , ou taxa de transferência de energia, de um componente que conduz uma corrente  $i$  e está submetido a uma diferença de potencial  $V$ , é dada por:

**$P = iV$** , a unidade de potência elétrica é o volt-ampère (V·A), que pode ser escrita na forma:

$$1 \text{ V}\cdot\text{A} = 1 \text{ J/C} \cdot 1 \text{ C/s} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$$

No caso de um resistor ou outro componente resistivo, podemos combinar as equações,  $R = V/i$  e  $P = iV$  para obter, para a taxa de dissipação de energia elétrica devido à resistência, com as seguintes expressões:

$$\mathbf{P = i^2R = V^2/R}$$

Nos resistores, a energia potencial elétrica é convertida em energia térmica por colisões entre os elétrons de condução e os átomos do resistor. (Halliday, 2016, p.346 e 347).

## 2.5 Diferença de potencial

Para Griffith (2011), se você que deslocar uma carga  $Q$  do ponto  $\mathbf{a}$  ao ponto  $\mathbf{b}$ , em qualquer ponto desse deslocamento, a força elétrica sobre  $Q$  é  $\mathbf{F} = Q\mathbf{E}$  e a força em oposição a força elétrica, é  $-\mathbf{Q}\mathbf{E}$ . Portanto o trabalho realizado para levar a carga  $Q$  do ponto  $\mathbf{a}$  até  $\mathbf{b}$  é dado por:

$$W = \int_a^b \mathbf{F} d\mathbf{l} = -Q \int_a^b \mathbf{E} d\mathbf{l} = Q[V(b) - V(a)]$$

Dividindo por  $Q$ , temos:  $V(b) - V(a) = \frac{W}{Q}$  (J/C ou V), a diferença de potencial entre dois pontos  $\mathbf{a}$  e  $\mathbf{b}$  é igual ao trabalho por unidade de carga necessário para transportar uma partícula de  $\mathbf{a}$  até  $\mathbf{b}$  e se a carga vier de um ponto distante e coloca-la no ponto  $r$ , o trabalho realizado é

$W = Q[V(r) - V(\infty)]$ , se o ponto de referência for o infinito,  $W = QV(r)$ . (Griffiths, p. 64).

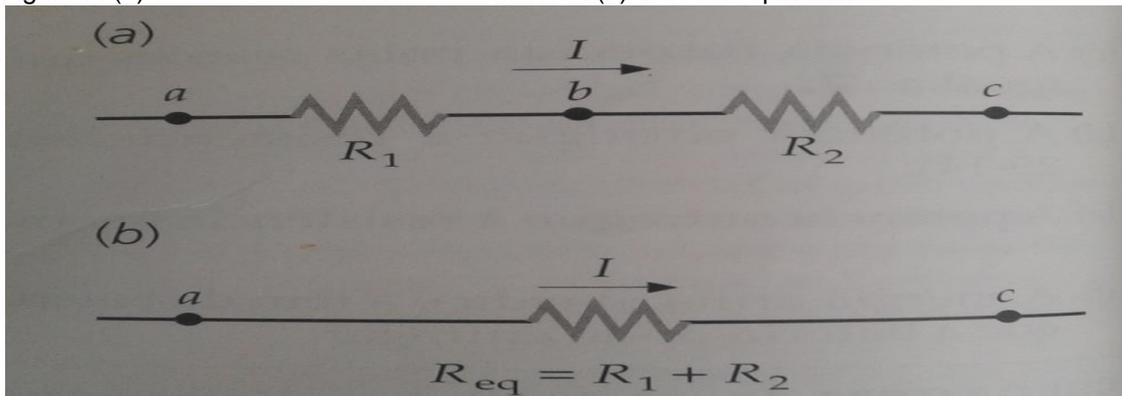
## 2.6 Associação em série

Para Tipler (1933), quando dois ou mais resistores estão conectados como  $R_1$  e  $R_2$  (figura 9a) de forma tal que, devido à maneira como eles estão conectados, a corrente em cada resistor é a mesma, dizemos que eles estão conectados em série. Onde a queda de potencial em  $R_1$  é  $IR_1$  e a queda de potencial em  $R_2$  é  $IR_2$ , onde  $I$  é a corrente em cada resistor.

A queda de potencial nos dois resistores é a soma da queda de potencial nos resistores individuais:

$$\mathbf{V} = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$

Figura 9: (a) dois resistores conectados em série. (b) resistor equivalente.



Fonte: livro Tipler, Paul Allen, 1933

A resistência equivalente  $R_{eq}$  que corresponde à mesma queda de potencial total  $V$  quando conduz a mesma corrente  $I$  é determinada igualando  $V$  a  $IR_{eq}$  (figura 11.b). Então,  $R_{eq}$  é dada por:

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

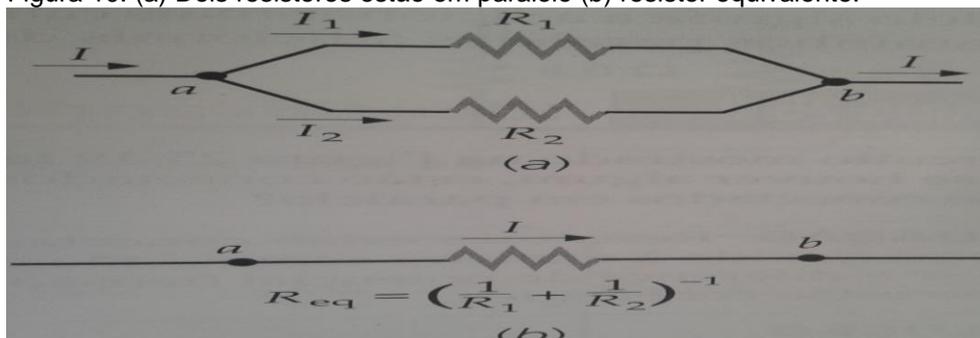
Quando temos  $n$  resistores em série a expressão é imediata e nos dá

$$R_{eq} = \sum_{j=1}^n R_j$$

## 2.7 Associação em paralelo

Quando dois resistores conectados como na figura 10a, de forma tal que, devido a maneira como estão ligados, eles têm a mesma diferença de potencial, estão conectados em paralelo (Tipler 1933). Observe que, devido à maneira como o circuito está ligado, um terminal de cada resistor está no potencial do ponto **a** e o outro terminal de cada resistor está no potencial do ponto **b**.

Figura 10: (a) Dois resistores estão em paralelo (b) resistor equivalente.



Fonte: livro Tipler, Paul Allen, 1933

Como  $I$  é a corrente que chega no ponto **a**. E nesse mesmo ponto **a**, o circuito se separa em dois ramos e a corrente  $I$  se divide em duas partes: corrente  $I_1$  no ramo superior contendo o resistor  $R_1$  e corrente  $I_2$  no ramo inferior, contendo  $R_2$ . A soma das correntes nos ramos  $I_1$  e  $I_2$  é igual à corrente  $I$  no fio que conduz ao ponto **a**:

$$I = I_1 + I_2$$

No ponto **b**, as correntes nos ramos se recombinaem e a corrente que sai do ponto **b** também é igual a  $I = I_1 + I_2$ . A queda de potencial  $V$  em cada resistor,  $V = V_a - V_b$ , está relacionada às correntes nos ramos por:

$$V = I_1 R_1 \text{ e } V = I_2 R_2$$

A resistência equivalente para os resistores em paralelo é  $R_{eq}$  para a qual a mesma corrente total  $I$  requer a mesma queda de potencial  $V$  (figura 10b).

$$V = I R_{eq}$$

Resolvendo as equações  $V = I_1 R_1$  e  $V = I_2 R_2$  e  $V = I R_{eq}$ , para  $I$ ,  $I_1$  e  $I_2$  e substituindo  $I = I_1 + I_2$ , temos:

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V(1/R_1 + 1/R_2)$$

Dividindo ambos os lados por  $V$ , obtemos:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Para o caso de vários resistores, temos

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}$$

Este resultado pode ser generalizado para combinações em paralelo na qual temos  $n$  resistores conectados em paralelo":( Tipler, Paul Allen, 1933, p.158 e 159)

## 2.8 Condutor e Isolante

Para Halliday (2016) os materiais se classificam de acordo com a facilidade no qual as cargas elétricas podem ser mover no seu interior. Nos

condutores, como o cobre dos fios elétricos, o corpo humano e a água de torneira, as cargas elétricas se movem com facilidade. Nos isolantes, como os plásticos do isolamento dos fios, a borracha, o vidro e a água destilada, as cargas não se movem”. (David Halliday, Robert Resnick, 2016, p. 32).

Neste capítulo, abordamos alguns conceitos da eletrodinâmica necessários para nortear o professor no desenvolvimento da sequência didática baseada na teoria de aprendizagem de Vygotsky. No próximo capítulo fazemos a exposição da metodologia utilizada, assim como das características da sequência didática que se constitui no produto educacional desenvolvido nessa dissertação.

### 3 METODOLOGIA - O PRODUTO E SUA APLICAÇÃO

Trabalhar a Eletrodinâmica com turmas de 3º do Ensino Médio exige do professor, um bom conhecimento sobre o assunto e, para o aluno, a exigência é que ele tenha conhecimento de alguns pré-requisitos, como querer entender o mundo ao seu redor. Pensando nisso, partimos da necessidade de abordar os conceitos da Eletrodinâmica de uma maneira mais concreta e diferenciada, considerando que, em geral, essas aulas são reduzidas ao uso de equações e suas aplicações. Em busca de uma outra maneira de ensinar Eletrodinâmica, aproveitando que a comunidade do entorno da escola havia passado por um incêndio de grandes proporções, causado por ligações clandestinas (curto-circuito devido a instalações elétricas malfeitas), em que muitas casas foram consumidas pelo fogo<sup>1</sup>, deixando muitas famílias desabrigadas. Isso nos motivou a trabalhar a Eletrodinâmica a partir do tema instalações elétricas. Para isso, elaboramos a construção da maquete de uma instalação elétrica residencial implementada por meio de uma sequência didática, com o intuito de se obter um maior envolvimento do aluno, a partir da contextualização, já que para Vygotsky, a interação entre o indivíduo e seu ambiente pode proporcionar o desenvolvimento cognitivo, e, segundo este viés, “não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo torna-se capaz de socializar, mas é por meio da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores” (MOREIRA, 1999, p.110).

A contextualização dos conteúdos com o dia-a-dia dos alunos é uma valiosa estratégia para colaborar com a construção/ compreensão de conceitos, já que, como afirma Vygotsky (1991), a interação entre o organismo e o meio onde estão inseridos na aquisição do conhecimento, são importantes bases para valorizar a busca de contextos significativos nos processos de ensino e aprendizagem.

---

<sup>1</sup> Esse incêndio aconteceu em 2012 e atingiu muitas famílias da comunidade, incluindo alguns alunos da Escola. (fonte:<https://noticias.bol.uol.com.br/>)

### 3.1 Local e turma de aplicação do produto

A implementação da sequência didática foi realizada em uma Escola Estadual, situada na Rua Aderson de Menezes s/nº no Bairro do São Jorge, zona Oeste da Cidade de Manaus, local onde exerço minhas atividades profissionais há mais de 22 anos como professor na disciplina de Física. Essa escola tem como características físicas: 17 salas de aulas, biblioteca, sala de mídias, laboratório de ciências, laboratório de informática e uma quadra poliesportiva.

A escola oferece o Ensino Médio de 1ª à 3ª série, com funcionamento nos turnos matutino, vespertino e noturno e, atualmente, possui um total de 1.830 alunos e dezessete turmas, sendo sete de 1º ano, cinco de 2º ano e cinco de 3º ano nos três turnos.

Foto 1: Escola Estadual onde foi implementada a sequência didática.



Fonte: <https://emtempo.com.br>

A atividade em questão foi realizada na turma do 3º ano 01, que funciona no turno vespertino e é composta por 30 alunos, sendo 18 deles pertencentes ao sexo feminino e 12 do sexo masculino, todos na faixa etária entre 15 a 18 anos e matriculados regularmente no ano letivo de 2019.

Nessa escola, as salas de aula não dispõem de sistema multimídia permanentemente instalado, contendo apenas 01 quadro branco que é utilizado de forma contínua.

Como em geral são alunos menores de idade, optamos por preservar suas identidades, não sendo divulgada nenhuma informação que possibilite a identificação dos mesmos. As informações fornecidas ao longo do estudo foram

utilizadas somente para a realização das atividades propostas para este trabalho.

Foto 2: turma 3<sup>o</sup> 01, vespertino de 2019



Fonte: própria do autor.

Aos alunos das demais turmas foi mantido o mesmo programa de conteúdos e de atividades, conforme orientações dos PCNs do Ensino Médio.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs, o conteúdo de eletricidade deve ser trabalhado como um dos temas estruturadores do Ensino da Física denominado “equipamentos elétricos e as telecomunicações”. Os parâmetros sugerem que o estudo da eletricidade deverá centrar-se em conceitos e modelos da Eletrodinâmica e do Eletromagnetismo.

Dimensionar circuitos elétricos simples para sua utilização, compreender o significado das redes 110 V e 220 V, analisar o funcionamento das instalações elétricas, dimensionar o custo do consumo de energia elétrica em uma residência, conhecer os sistemas que geram energia (pilhas, baterias, geradores), são exemplos de conteúdos e habilidades previstos nos parâmetros para que se desenvolvam nos estudantes. (BRASIL, 1998, 2002). Pensando nisso, optamos por trabalhar com uma sequência didática para desenvolver os conceitos da Eletrodinâmica presentes na elaboração de instalações elétricas.

### **3.2 A sequência didática - entendendo o conceito**

O termo sequência didática surgiu em meados de 1980, na França nos programas escolares oficiais de todos os níveis e séries, como uma tentativa do Governo Francês em promover um ensino descompartmentalizado, já que naquela época, era um hábito comum fragmentar os conteúdos. Para Dolz & Schneuwly (2004, p.53), “elas procuram favorecer a mudança e a promoção dos alunos a uma melhor maestria dos gêneros e das situações de comunicação”. A sequência didática foi então, uma tentativa de reverter aquele modelo de ensino, permitindo ensinar os conteúdos de forma integrada.

No Brasil, o termo “sequência didática” surgiu nos documentos oficiais, especialmente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (1997, p. 41) como "projetos" e "atividades sequenciadas". E, apesar das sequências didáticas estarem vinculadas ao estudo do gênero textual, é um procedimento que pode ser utilizado por diferentes componentes curriculares da escola básica.

Sequência didática pode ser definida então como etapas contínuas de atividades relacionadas a um tema, que visam facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Para Zabala,

É um conjunto de atividades ordenadas, estruturada e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos. (ZABALA 1998, p.18)

Portanto, a sequência didática é utilizada para definir procedimentos organizados em etapas que serão executadas pelos alunos, que estão ligadas entre si, com a finalidade de ensinar um determinado objeto de estudo. Esta deve possibilitar ao professor que tentar reproduzi-la, conseguir aplicá-la sem haver a necessidade de adicionar algo, pois ela deve ser planejada com começo, meio e fim, incluindo a avaliação de aprendizagem necessária.

### **3.3 A estrutura da sequência didática utilizada**

Essa sequência didática foi prevista para ser implementada em 09 aulas de 50 minutos de duração cada uma e estruturada em 4 etapas, com exceção da primeira aula (pré-teste) e da nona aula (pós teste), que foram aplicados individualmente, com o objetivo comparar o desempenho dos alunos. As demais

aulas foram realizadas em grupos, sendo que a parte experimental (montagem dos circuitos da maquete) foi formada por 6 grupos de 5 alunos e nas demais aulas, trabalhamos com a turma toda, mantendo o tempo previsto de 50 minutos cada. A seguir, fazemos a exposição do desenvolvimento das atividades.

**Etapa 1** (1 aula) - realizamos um pré-teste envolvendo os conceitos da Eletrodinâmica que podem ser observados em uma instalação elétrica residencial.

**Etapa 2** (3 aulas) - definição dos conceitos físicos: corrente elétrica, potência elétrica, voltagem, as leis de ohm, circuito elétrico e consumo de energia elétrica.

Os conceitos, leis e propriedades da Eletrodinâmica foram apresentados através de slides (apêndice C), com contextualização e apresentação de vídeo-aulas (apêndice D) e a todo momento das aulas o professor ficou atento às perguntas feitas pelos alunos, como veremos posteriormente.

**Etapa 3** (4 aulas) - explanação teórica, aulas no power point e vídeo-aulas (vídeo e datashow) dos princípios básicos de uma instalação elétrica residencial e sua contextualização com os conceitos da Eletrodinâmica envolvidos na construção e montagem dos circuitos de iluminação e tomadas da maquete.

**Etapa 4** (01 aulas) - aplicação do questionário investigativo (pós teste) sobre os conceitos da Eletrodinâmica utilizados durante as aulas.

A sequência didática apresentada neste trabalho é resumida na tabela 2, exibida a seguir:

Tabela 2 - Sumário da sequência didática do presente trabalho.

Aula/atividade	Tema da aula	Objetivos da atividade/aula	Recurso utilizado
<b>Etapa 1</b>			
Aula 1/pré-teste	Conceitos da eletrodinâmica envolvidos em uma instalação elétrica residencial.	Aplicar um pré-teste para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos de corrente elétrica, d.C., consumo de energia e potência elétrica.	Pré-teste com duração de 50 minutos. (Apêndice A)
<b>Etapa 2</b>			
Aulas 2, 3 e 4	corrente elétrica, potência elétrica, voltagem, as leis de ohm, circuito elétrico, consumo de energia elétrica.	- Introduzir o conceito de corrente elétrica, potência elétrica, leis de ohm, circuito elétrico, voltagem (ddp) e consumo de energia elétrica.	- (50 minutos cada aula) - os conceitos serão apresentados através de slides e com contextualização e exemplificação.

		Definição de corrente contínua e corrente alternada	-vídeos
<b>Etapa 3</b>			
Aulas 5, 6, 7 e 8	Princípios básicos de uma instalação elétrica residencial. Construção dos circuitos de iluminação e tomadas da maquete de uma instalação elétrica residencial.	Contextualizar os conceitos da eletrodinâmica envolvidos em uma instalação elétrica residencial.	explicação teórica, vídeo e datashow. Construção da maquete.
<b>Etapa 4</b>			
Aula 9/pós teste	Aplicação do pós-teste na turma.	Verificar se houve aprendizagem dos conteúdos abordados nesta sequência didática.	Pós-teste com duração de 50 minutos. (apêndice B)

Fonte: o próprio autor.

### 3.4 A aplicação da sequência didática

#### Etapa 1: Pré teste

##### Aula 1

**Objetivo:** medir o nível de conhecimento prévio do aluno.

Iniciamos a proposta com a aplicação de um pré-teste composto por seis questões dissertativas (apêndice A), relacionadas com os conceitos de corrente elétrica, potência elétrica, resistência elétrica, diferença de potencial, consumo de energia elétrica, material condutor e isolante e tipos de instalação elétrica. Com o pré-teste, tivemos o objetivo de ter uma visão preliminar dos conhecimentos prévios dos alunos, relacionados com os conceitos acima citados. Esta atividade teve a duração de 01 tempo de aula (50 minutos), com entrega do pré-teste ao final da aula.

Antes de iniciar o pré-teste os alunos foram orientados a serem o mais sincero possível com relação às suas respostas, evitassem o uso de aparelhos eletrônicos e a comunicação com o colega, pois, com base nos dados obtidos nas respostas, o professor faria o planejamento das aulas posteriores, buscando uma abordagem mais eficaz para sua prática em sala de aula.

Foto 3 Aplicação do pré-teste



Fonte: própria do autor

## **Etapa 2 (três aulas):**

Na segunda etapa, após análise das respostas dos alunos no pré-teste, revisamos os conceitos fazendo uso de alguns recursos didáticos, como o datashow e vídeo-aulas. Ao final de cada aula o professor deixou algumas questões desafiadoras para serem respondidas em grupo de três alunos, com o intuito de instigar a curiosidade dos mesmos. Na aula seguinte sempre retomávamos as questões desafiadoras da aula anterior em busca de respostas e correções a possíveis confusões em torno do conteúdo, incentivando para que os alunos conseguissem respondê-las adequadamente.

### **Aula 2: Corrente elétrica, efeitos da corrente elétrica e voltagem (ddp)**

**Objetivos:** Diferenciar o conceito de corrente elétrica e intensidade da corrente elétrica, relacionando-os com o fluxo de elétrons na unidade de tempo e sua unidade de medida; distinguir corrente contínua e alternada, sentido convencional e sentido real; identificar os efeitos que a corrente elétrica provoca ao passar por certos condutores; explicar a diferença entre os valores das voltagens em um circuito elétrico.

É importante que o professor nesta aula comente sobre os conceitos de corrente elétrica e voltagem (ddp), tendo como foco a sua aplicação no cotidiano do aluno, e alertando que toda vez que mencionar sentido da corrente, o termo mencionado será relacionado ao sentido da corrente convencional.

Um outro fator no qual o professor não pode deixar de mencionar aos alunos é que a grande utilização prática da eletricidade, deve-se certamente, à variedade de efeitos produzidos pela corrente elétrica.

Lembrar que todo corpo é formado por átomos e elétrons livres e são esses elétrons livres que quando submetidos a uma diferença de potencial (ddp), que inicialmente estavam livres e em movimento desordenado, passam a ter um movimento ordenado em uma só direção. Esse movimento ordenado é chamado de corrente elétrica.

Após as explicações, dois alunos fizeram os seguintes questionamentos:

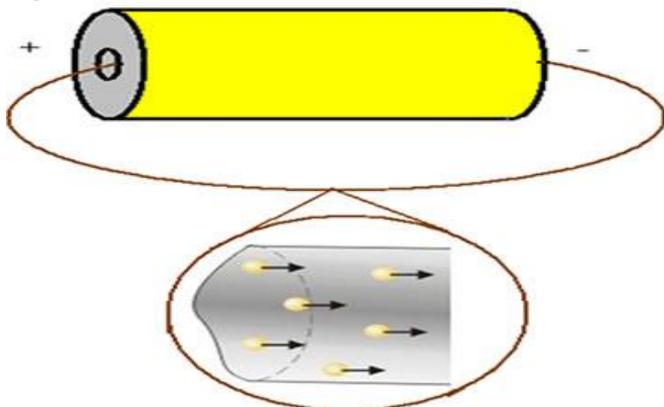
Al 22: “A velocidade dos elétrons é igual a velocidade da luz, já que quando acionamos o interruptor imediatamente a lâmpada acende?”

Al 04: “Professor, por que os prótons não vão de encontro aos elétrons, se eles têm cargas opostas?”

Para responder a essas questões, o professor explicou que devido o fio condutor que geralmente é de cobre, ser formado por milhares de átomos do seu começo até seu fim, quando acionamos o interruptor os elétrons livres entram em movimento, e não os elétrons que estão próximo a você (aluno) são os que farão a lâmpada acender. A velocidade dos elétrons é baixa - experimentalmente fica em torno de 1 cm/s, variando conforme o material do condutor e do ambiente onde se encontra.

Com relação ao questionamento do Al 04, de acordo com o Princípio da Atração e Repulsão, eles devem ser atraídos mutuamente, porém se o elétron cai no núcleo do átomo, o mesmo deixa de ser estável e a matéria da qual somos constituídos não deveria existir, porém existimos, isso mostra que a Física Clássica falha. Já pela Física Quântica, de acordo com Bohr é simplesmente porque ele está proibido de fazer isso, a natureza estabeleceu uma restrição nos valores de energia que os elétrons podem assumir e com isso restringiu suas órbitas. Por exemplo, no caso do hidrogênio, o mais perto que ele pode estar é 0,053 nm do núcleo, menos do que isso não poderia.

Figura 11: movimento dos elétrons através do condutor



Fonte: [https://www.brasilecola.uol.com.br/fisica/corrente eletrica](https://www.brasilecola.uol.com.br/fisica/corrente%20eletrica)

Nos condutores sólidos, a corrente elétrica é constituída de elétrons livres. Assim, o sentido da corrente corresponde ao sentido do movimento dos elétrons, em média (sentido real).

A figura 12 traz a representação da corrente real e da corrente convencional. Na representação da corrente convencional, costumamos colocar uma seta ao lado do fio, para indicar o sentido do movimento das cargas positivas hipotéticas e, portanto, o sentido da corrente elétrica convencional.

No passado, não se sabia qual dos portadores se movia num condutor sólido: se o portador de cargas positivas, ou o de cargas negativas. Foi então convenção que a corrente elétrica teria o sentido do movimento das cargas positivas, e tal convenção se conserva até hoje, independentemente do tipo de condutor utilizado (sentido convencional).

Figura 12: sentido real e convencional



Fonte: <https://www.infoescola.com>

A intensidade média da corrente elétrica ( $i$ ) em um condutor é medida pela quantidade de elétrons que passam por uma seção transversal desse condutor em um intervalo de tempo  $\Delta t$ , que é definida pela expressão:

$$i = Q/\Delta t$$

Figura 13: elétrons atravessando a seção reta do fio



Fonte: <https://www.professorbiriba.com.br>

Onde ( $Q$ ) a carga total que passa por uma seção transversal do condutor é determinada pela equação:

$$Q = n.e$$

Sendo:

$n$  = número de elétrons livres que atravessam a seção transversal do condutor.

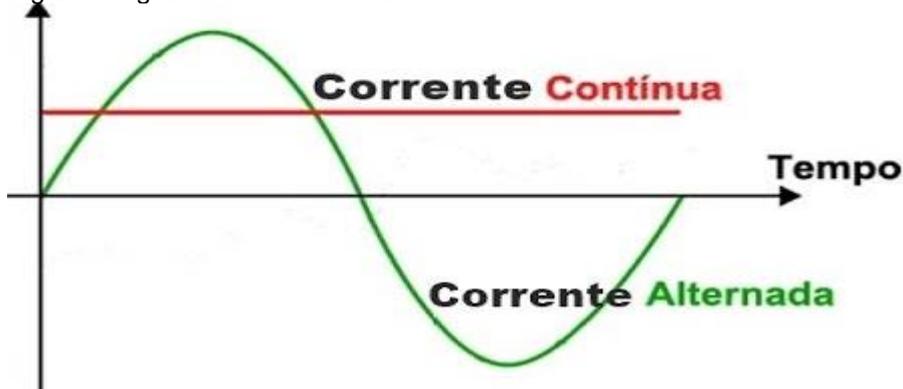
$e$  = carga elementar,  $e = 1,6.10^{-19}C$

Em homenagem, ao físico, filósofo, cientista e matemático André-Marie Ampère (1775 —1836), que fez importantes contribuições para o estudo do Eletromagnetismo, foi dado o nome de ampère (símbolo: A) à unidade de medida da intensidade de corrente elétrica.

$1A = 1C / 1s$  , ampère é definido como coulomb por segundo.

Temos dois tipos de corrente elétrica: a corrente contínua (C.C) - gerada por pilhas e baterias e sua intensidade não varia com o tempo; corrente alternada (C.A) - gerada por usinas que transformam qualquer tipo de energia em elétrica e sua intensidade varia com o tempo. É esse tipo que chega até nossas casas.

Figura 14: gráfico da corrente contínua e alternada



Fonte: <https://wgsol.com.br/corrente-continua-e-alternada>

Ao finalizar esse tópico outro aluno fez a seguinte pergunta:

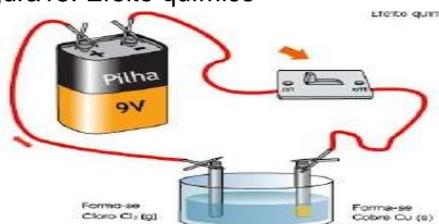
Al 12 - “professor o que faço para transformar corrente contínua em corrente alternada”?

Para responder essa questão, o professor explicou que ele deverá obter um inversor que é um aparelho elétrico que transforma CC-CA. Um exemplo bem atual são as placas solares que produzem corrente contínua que são enviadas para o inversor que transforma essa CC em CA - tipo utilizado em nossas residências.

A passagem da corrente elétrica por um condutor pode provocar diferentes efeitos que variam de acordo com a natureza do condutor e a intensidade da corrente elétrica que o percorre. Os principais efeitos são: químico, térmico, magnético, fisiológico e luminoso.

O efeito químico ocorre quando a corrente elétrica percorre soluções eletrolíticas (ácidos, sais ou bases). Esse processo é muito usado para revestir metais com uma camada de outro (como prata, ouro, cromo, cobre e níquel), a fim de proteger essa peça metálica contra a corrosão (desgaste).

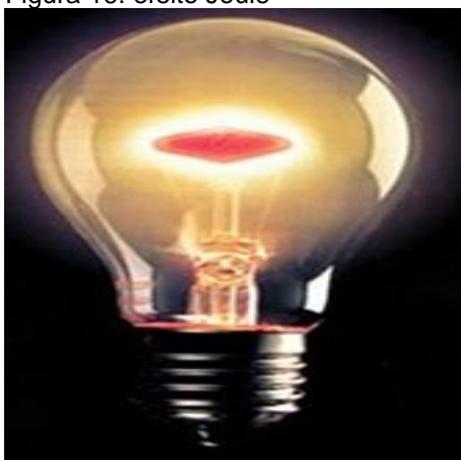
Figura15: Efeito químico



Fonte: <https://www.google.com>

Efeito térmico (ou efeito joule) ocorre quando a corrente elétrica provoca o aquecimento dos condutores elétricos pelos quais ela percorre. Igual ao processo responsável por transformar a energia elétrica em térmica, esse efeito surge quando elétrons se chocam com um condutor. No momento em que os átomos recebem a energia, sua oscilação passa a ter mais intensidade. Quanto maior é a oscilação, mais alta será a temperatura do condutor, como ocorre nos chuveiros elétricos, chapinha de cabelo entre outros.

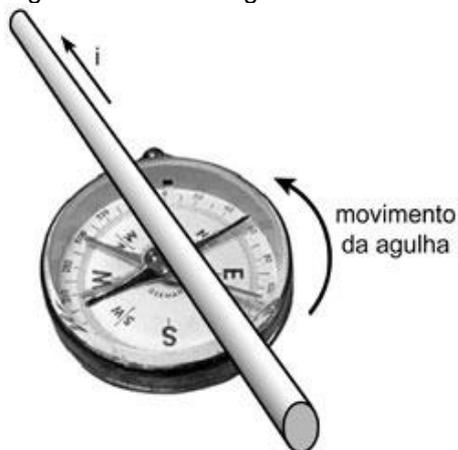
Figura 16: efeito Joule



Fonte: <https://www.google.com/url>

O efeito magnético se apresenta no instante em que surge um campo magnético perto ao local em que se aplica a corrente elétrica. Este é o efeito mais importante da corrente elétrica, constituindo a base do funcionamento dos motores, relés, etc.

Figura 17: efeito magnético



Fonte: <https://www.fisicapaidegua.com>

O efeito fisiológico equivale à passagem da corrente elétrica por organismos vivos, o que, no popular, é o chamado “choque elétrico”. Por exemplo: quando a intensidade dessa corrente elétrica que passa pelo corpo é da ordem de 1 mA, a pessoa sente aquela conhecida sensação de formigamento.

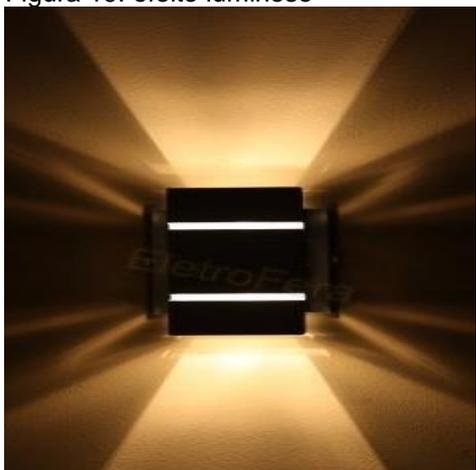
Figura 18: choque elétrico



Fonte:<http://4.blogspot.com>

E, finalmente, o efeito luminoso corresponde à passagem da corrente elétrica por gases ionizados. É nesse momento que eles emitem luz, como por exemplo, as lâmpadas fluorescentes, de vapor de mercúrio, de vapor de sódio, entre outras onde acontece a transformação direta de energia elétrica em energia luminosa.

Figura 19: efeito luminoso



Fonte:<https://www.google.com/url>

A tensão elétrica (voltagem) é uma diferença entre o potencial elétrico de dois pontos, ou seja, de uma forma bem simples, comparativa, seria a força necessária para movimentar os elétrons entre dois pontos. Sua unidade de

medida no S.I é os volts (V) e o aparelho utilizado para se medir a voltagem (ddp) entre dois pontos em um sistema, é o voltímetro. É importante salientar que para haver corrente elétrica, é preciso que haja uma diferença de potencial. Só assim as cargas conseguem se movimentar do potencial mais alto para o mais baixo, estabelecendo uma corrente elétrica.

Figura 20: voltagem(ddp) de uma pilha



Fonte: <https://www.brasilecola.uol.com.br>

Ao final dessa aula (2), os alunos foram orientados a montar grupos de três alunos e que na próxima aula deveriam entregar as três questões desafiadoras abaixo:

- 1) Por que passarinhos pousam em fios de alta tensão e não morrem eletrocutados?
- 2) Se o chuveiro elétrico é ligado na tomada, por que não tomamos choque quando estamos tomando banho?
- 3) Porque não tomamos choques ao manipularmos uma bateria ou pilha?

Faltando uns 10 minutos para encerrar a aula, foi passado uma vídeo com o tema corrente elétrica<sup>2</sup> com duração de 3:44 min.

---

<sup>2</sup> <https://youtu.be/3xC0hfOpWFM>

Foto 4: aula com utilização do datashow



Fonte:própria do autor

### **Aula 3:** Condutor elétrico, isolante e as Leis de Ohm

**Objetivo:** conceituar as Leis de Ohm compreendendo as grandezas utilizadas (nas Leis de Ohm), identificando os materiais isolantes e materiais condutores, analisando suas características físicas.

Foram disponibilizados três minutos para responder e tirar dúvidas sobre as questões desafiadoras da aula anterior e logo após, a entrega por escrito das mesmas. Nessa aula o professor falou sobre a conversão de energia elétrica em energia térmica, enfatizando que a resistência elétrica é uma propriedade física, e o resistor é um dispositivo dotado de resistência usado em circuitos elétricos para proteção, operação ou controle do circuito. Vale a pena o professor ressaltar que as Leis de Ohm são válidas para resistores operando em determinadas faixas de temperaturas e com diferença de potencial aplicadas sobre eles. É importante que o professor estimule o aluno a entender a diferença entre materiais condutores e isolantes.

Também foi explicado que todo material com certa quantidade de cargas livres que se movimentam com facilidade e, portanto, propiciam a condução da eletricidade, é denominado de condutor elétrico. Um bom exemplo de condutor elétrico são os metais, pois eles são compostos por uma camada externa de elétrons, denominados elétrons livres. Ao contrário do condutor elétrico, o material isolante tem seus elétrons fortemente ligados ao núcleo atômico, ou

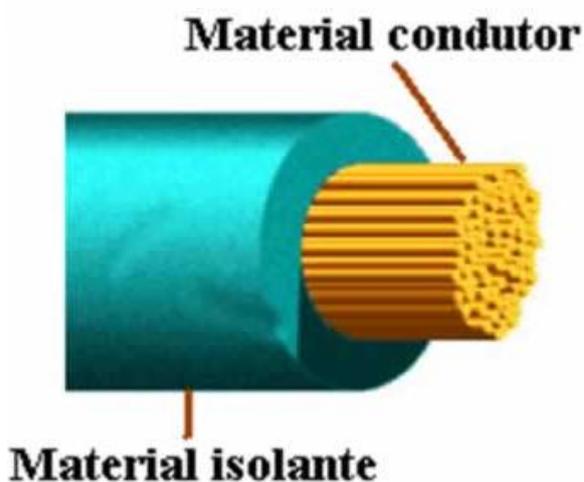
seja, não tem facilidade de movimentação. Um bom exemplo é a borracha que cobre os fios elétricos, entre outros.

Ao finalizar essa explicação, um aluno fez o seguinte questionamento:

Al 13 “ Nos isolantes os elétrons ficam paradinhos”?

Para responder essa questão, o professor explicou que nos materiais isolantes, verifica-se a ausência ou pouca presença de elétrons livres, isso faz com que os elétrons dos isolantes estejam fortemente ligados ao núcleo, o que inibe a sua movimentação.

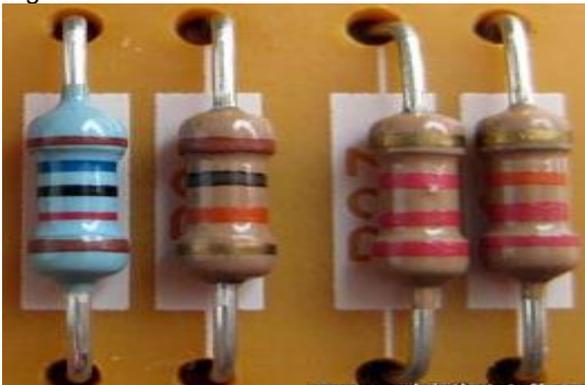
Figura 21: material condutor e isolante



Fonte: <https://www.alunosonline.uol.com.br>

O resistor é um componente do circuito elétrico que tem duas funções básicas: transformar energia elétrica em energia térmica (efeito Joule) e limitar os valores da corrente elétrica, ou seja, oferece resistência à passagem de elétrons. Os resistores são encontrados em diversos aparelhos eletrônicos como, por exemplo, televisores, vídeo games e computadores.

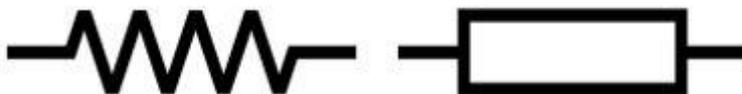
Figura 22: resistores



Fonte: [www.explainthatstuff.com](http://www.explainthatstuff.com)

Nos esquemas dos circuitos elétricos, os resistores são representados pelo desenho da figura abaixo:

Figura 23: representação dos resistores em circuito elétrico



Fonte: <https://static.mundoeducacao.bol.uol.com.br>

Georg Simon Ohm (1787-1854) foi um físico e matemático alemão que definiu o conceito de resistência elétrica como sendo a dificuldade que o condutor oferece à passagem da corrente elétrica quando submetido a uma voltagem (ddp). Sua formulação matemática é conhecida como "Lei de Ohm" e em sua homenagem foi definido o Ohm ( $\Omega$ ) como sendo a unidade de medida da resistência elétrica no Sistema Internacional.

A Primeira Lei de Ohm postula que em um condutor ôhmico (resistência constante) mantido à temperatura constante, a intensidade ( $i$ ) de corrente elétrica será proporcional à voltagem (ddp) aplicada entre suas extremidades.

Ela é representada pela seguinte fórmula:

$$V = R.I \rightarrow 1^{\text{a}} \text{ de Lei de Ohm}$$

A Segunda Lei de Ohm estabelece que a resistência elétrica ( $R$ ) de um material é diretamente proporcional ao seu comprimento, inversamente

proporcional à sua área de secção transversal e depende do material do qual é constituído.

É representada pela seguinte fórmula:

$$R = \rho \cdot L/A$$

Onde:

$\rho$ : resistividade do material, medida em ( $\Omega \cdot m$ ).

R: resistência elétrica, medida em  $\Omega$ .

L: comprimento, medido em metros (m).

A: área da secção transversal, medida em  $m^2$ .

É bom lembrar que, no caso de fios, os quais geralmente apresentam formatos cilíndricos, suas áreas transversais são circulares e podem ser calculadas pela fórmula a seguir:

$$A = \pi r^2$$

Devido ao seu baixo custo e a um baixo valor de resistividade, é fácil entender a escolha do cobre para produzir os fios elétricos, diminuindo dessa forma a quantidade de energia perdida no processo de transmissão de eletricidade.

Ao final desse tópico o aluno Al 21 fez a seguinte indagação:

“ Por que se rouba tanto fios elétricos? ”

Para responder a essa questão, o professor explicou que devido o cobre ter um alto valor no mercado de sucatas, em torno de R\$ 13,00 por quilo, dá pra supor que, até certo ponto é rentável roubar cabos elétricos para vender.

Faltando 15 minutos para o término da aula foram passadas as questões desafiadoras, que segue o mesmo padrão de entrega anterior.

- 1) Como funcionam os seguintes aparelhos elétricos: chuveiro elétrico, forno elétrico e ferro de passar roupa?
- 2) Um material isolante pode ser tornar condutor?

Ao final da aula assistimos um vídeo com o tema: 1) Lei de Ohm<sup>3</sup> - fórmulas de resistência, corrente e tensão explicadas; 2) segunda lei de Ohm<sup>4</sup>, totalizando 12:15 minutos.

**Aula 4:** potência elétrica, associação de resistores, circuitos elétricos e energia elétrica consumida.

**Objetivos:** Construir o conceito de potência elétrica e sua relação com o consumo de energia elétrica, descrevendo a associação em série e em paralelo de resistores, bem como as características desses circuitos; compreender o funcionamento de circuitos elétricos.

Do mesmo modo que nas aulas anteriores, foi dado um tempo para entrega das questões e um momento para sanar dúvidas sobre as questões desafiadoras.

Nessa aula o professor apresentou as características dos três tipos de associação de resistores, levando o aluno a entender a relação entre corrente elétrica e voltagem e o cálculo do resistor equivalente ( $R_{eq}$ ), lembrando que, seja qual for o modelo de associação, é importante o professor diferenciar circuito aberto e fechado, já que, para haver potência elétrica, é necessário haver voltagem (ddp) e corrente elétrica.

Um outro fator relevante que o professor não deve deixar de mencionar são os fatores que contribuem para um maior consumo de energia elétrica nas residências e como é feito o cálculo pelas concessionárias de energia elétrica.

A potência elétrica pode ser entendida como sendo a rapidez com que um trabalho é realizado, ou seja, é a medida do trabalho realizado por uma unidade de tempo. Em termos mais simples, é a conversão de energia elétrica em outra forma de energia útil aos seres humanos. A unidade de potência elétrica no sistema internacional de medidas é o watt (W), onde  $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$ , em homenagem James Watt (1736-1819) que foi um engenheiro mecânico e matemático escocês

---

<sup>3</sup> <https://youtu.be/qQCEnlulids>

<sup>4</sup> <https://youtu.be/7T2v8Bol7D4>

responsável pelo aperfeiçoamento da máquina a vapor, inaugurando “a era do vapor na Revolução Industrial na Inglaterra”.

$$P = \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

No estudo da Eletrodinâmica é útil relacionar a potência elétrica com a resistência elétrica, corrente elétrica e a voltagem (ddp), lembrando que o trabalho elétrico realizado sobre uma carga elétrica para deslocá-la de um ponto A ( $V_A$ ) para um ponto B ( $V_B$ ) é dado por:

$$\tau = q \cdot V_{A,B}$$

Substituindo na equação da potência elétrica, temos:

$$P = q \cdot V_{A,B} / \Delta t, \text{ como } I = q / \Delta t$$

Então, podemos escrever a potência elétrica como sendo:

$$P = V \cdot I$$

Em termos da resistência elétrica, temos:

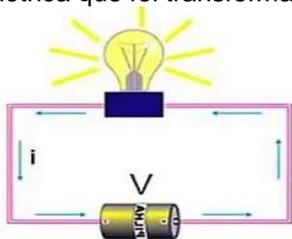
$$P = V \cdot I, \text{ pela lei de Ohm } V = R \cdot I$$

$$P = R \cdot I^2$$

Por fim, a potência elétrica pode ser obtida em função da voltagem (ddp), como  $I = V/R$ , temos:

$$P = V \cdot V/R \rightarrow P = V^2/R$$

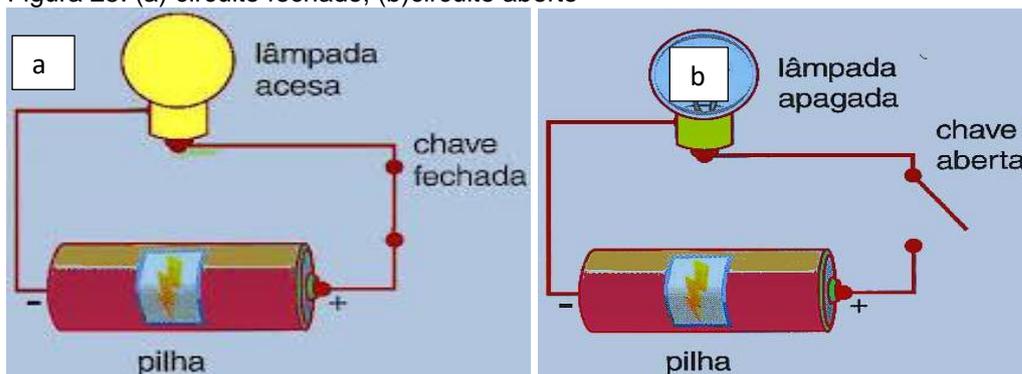
Figura 24: a intensidade de luz e calor percebida por nós, nada mais é do que a potência elétrica que foi transformada em potência luminosa e potência térmica (calor)



Fonte: <https://www.conhecimentocientifico.r7.com>

Quando ligamos vários elementos elétricos por meio de condutores, formando um caminho fechado produzindo uma corrente elétrica, estamos definindo circuito elétrico. **Fechar** o circuito elétrico é realizar uma ligação no qual se permite a passagem da corrente elétrica; **abrir** o circuito elétrico é interromper a passagem da corrente elétrica, que é geralmente feito por uma chave.

Figura 25: (a) circuito fechado, (b) circuito aberto

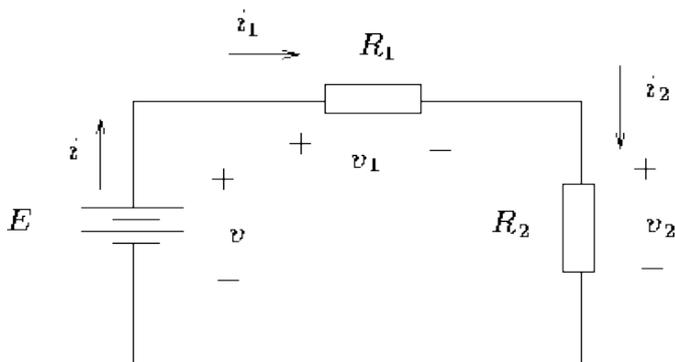


Fonte: <https://www.Felisiofisica.blogspot.com>

Os resistores podem ser associados de três formas: em série, em paralelo e mista.

Eles estarão associados em série quando forem ligados um em seguida do outro.

Figura 26: associação em série



Fonte: <https://www.dt.fee.unicamp.br>

Nesse caso, a intensidade de corrente que flui pelos resistores é a mesma, e com isso teremos o seguinte:

$$i = i_1 = i_2$$

Numa ligação em série, a voltagem total ( $V$ ) do circuito é igual a soma da voltagem em cada resistor associado. Sendo assim teremos que:

$$V = V_1 + V_2$$

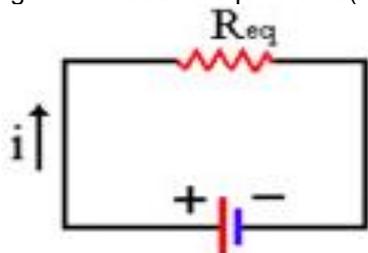
A diferença de potencial em cada resistor pode ser calculada através da Lei de Ohm ( $V=R.i$ ) e, usando a igualdade entre as correntes elétrica, nos leva a:

$$R_{eq}.i = R_1i_1 + R_2i_2 = (R_1 + R_2).i$$

Portanto, o resistor equivalente ( $R_{eq}$ ) numa associação em série é um resistor que faz a mesma função dos resistores associados.

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Figura 27: resistor equivalente( $R_{eq}$ )

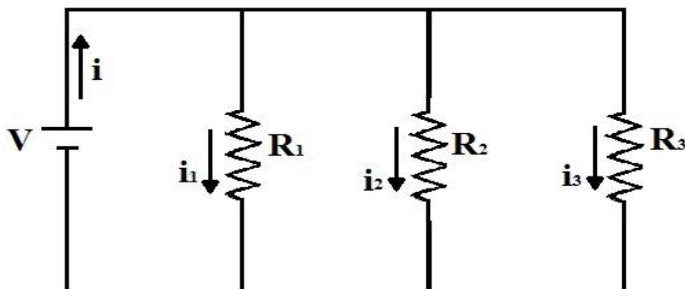


Fonte: <https://www.blogdoenem.com.br>

Na associação em paralelo os resistores são ligados pelos mesmos pontos, de modo a ficarem submetidos à mesma voltagem (ddp).

Pela figura 28 a intensidade de corrente  $i$  do circuito principal divide-se entre os ramos dos resistores em  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ . E, pelo princípio da conservação da carga elétrica, podemos afirmar que a corrente que entra em uma bifurcação de fios, ponto que chamamos de nó, tem a mesma intensidade das correntes que saem do mesmo. Portanto, a intensidade de corrente elétrica em uma associação de resistores em paralelo é a soma das correntes elétricas nos resistores associados.

Figura 28: associação em paralelo



Fonte: <https://www.mundoeducacao.bol.uol.com.br>

Nesse tipo de associação a voltagem (ddp) é a mesma para todos os resistores, e para isso podemos escrever:

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

Lembrando que a corrente total é a soma das correntes individuais, temos:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

Pela 1ª Lei de Ohm  $V = R \cdot i$ , temos:

$$V/R_{eq} = V_1/R_1 + V_2/R_2 + V_3/R_3$$

Em uma associação de resistores em paralelo, o resistor equivalente ( $R_{eq}$ ) é igual à soma dos inversos das resistências associadas.

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

O aumento da demanda do consumo de energia elétrica, em razão do consumismo desenfreado, tem provocado a construção de mais usinas hidrelétricas. Elas não poluem o ar, mas causam enormes impactos ambientais. Já a energia solar, vem sendo aos poucos implementada, principalmente aqui em Manaus, pois é uma energia que utiliza a radiação solar para produzir energia elétrica, sendo considerada uma energia limpa.

No caso da energia elétrica, ainda usada pela grande maioria da população, para calcular seu consumo nos aparelhos elétricos de casa, podendo assim economizar eletricidade e dinheiro, aplicamos a seguinte expressão:

$$E_{le} = P \cdot t$$

Onde a potência elétrica  $P$  é medida em Quilowatts (Kw) e o tempo  $\Delta t$  é dado em horas (h). Lembrando que  $1\text{Kw} = 1000\text{ W}$ , temos como unidade de medida da energia elétrica consumida o Kwh.

Para determinar o quanto custa o funcionamento de cada aparelho elétrico, em reais (R\$), multiplique o valor encontrado em Kwh pelo valor da tarifa vigente em seu Estado (figura 29). Lembrando que os fatores que impactam no gasto de energia elétrica da sua residência, além dos hábitos dos moradores é a potência elétrica dos aparelhos.

Figura 29: em destaque preço KWh em Manaus

CONTA MÊS	VENCIMENTO	CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (R\$)
JUN/19	06/09/2019	232	235,26

DADOS DA LEITURA (KWH)	DATAS DA LEITURA	DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA
Atual: 21494	Atual: 25-07-2019	Classe/Subclasse: RESIDENCIAL
Dias de consumo: 30	Anterior: 25-06-2019	Ligação: BIPHASICA
Anterior: 21362	Próxima leitura: 05-08-2019	Número Medidor: 18448594
Constante de Multiplicação: 1,000	Emissão: 24-07-2019	Código Fat.: 1.1.2
Consumo medido: 232	Apresentação: 02	Modalidade: CONVENCIONAL
Consumo Faturado: 232		

HISTÓRICO (KWH)	DESCRICAÇÃO DA CONTA
Mês/ano consumo	
JUN/19 216	CONSUMO 232 A R\$ 0,941413 = 218,40
MAI/19 231	CC. TR. ILUMINACAO PUB. (CO5IP) 16,86
ABR/19 262	
MAR/19 256	
FEV/19 241	
JAN/19 287	
DEZ/18 285	
NOV/18 238	
OUT/18 258	
SET/18 248	

Fonte:própria

Faltando 10 minutos para o fim dessa aula passamos às questões desafiadoras com o mesmo esquema de entrega.

- 1) Por que no pisca pisca, quando uma das lâmpadas queima, todas as outras apagam?
- 2) Você tem alguma ideia de quais são os países que mais consomem energia elétrica no mundo inteiro?

Antes de iniciar a vídeo aula fui indagado por um aluno com a pergunta abaixo:

Al 20 “ Por que acontecem os apagões”?

Para responder a essa questão, o professor explicou que isso acontece o tempo todo e por diferentes motivos, como acidentes, queda de linhas de transmissão, sobrecargas, pane parcial do sistema de geração ou de distribuição de energia e falta de investimento.

A aula foi finalizada com os vídeos: “como calcular o consumo elétrico em R\$”<sup>5</sup>, com duração de 7:18 min e “o que é potência elétrica”<sup>6</sup>, de 5:39 min.

### **Etapa 3 (quatro aulas):**

Na terceira etapa dessa sequência didática, das quatro aulas, duas delas foram utilizadas para ministrar as aulas sobre instalação elétrica residencial de baixa voltagem, utilizando como recurso, além da explanação teórica, aulas no power point (apêndice C) e exibição de vídeo-aulas (apêndice D). As duas aulas seguinte foram para a construção da maquete de uma instalação elétrica residencial e o final dessa etapa deixamos para os alunos as questões desafiadoras e para o professor, atividades no qual ele pudesse fazer uso da maquete.

**Aula 5 e 6:** Tipos de ligação elétrica das casas, circuito de iluminação, circuito de tomadas, dispositivos de proteção equipamentos elétricos.

**Objetivos:** quantificar e determinar os tipos de ligação elétrica, localizando os pontos de iluminação e tomadas; dimensionar e definir os dispositivos de proteção, identificando o tipo de fornecimento de energia elétrica.

Antes de iniciar as aulas 5 e 6 que ocorreram em dois tempos contínuos, foi dado um intervalo de 5 minutos para a entrega das questões desafiadoras e tira dúvidas da aula anterior.

É importante que o professor nessas aulas explique como são formados os sistemas elétricos e os circuitos elétricos de uma instalação elétrica residencial, comente também, quais as funções de cada um dos componentes elétricos e ressalte a importância da utilização das normas de uma instalação elétrica pois, isso garante a qualidade e a segurança evitando risco de incêndios.

---

<sup>5</sup> <https://youtu.be/Zqn0OpAsVE>

<sup>6</sup> <https://youtu.be/-gSEv4HimKE>

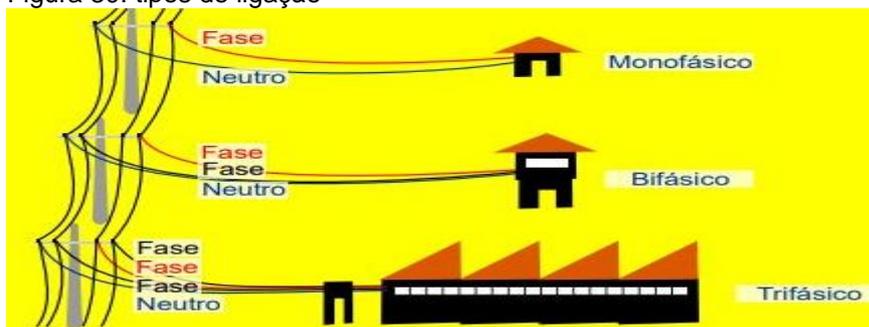
O fornecimento de energia elétrica para as residências feita pelas concessionárias é de acordo com a potência total dos equipamentos elétricos ligados à rede e podem ser: **monofásicos, bifásicos ou trifásicos**.

A ligação monofásica é construída por dois fios: uma fase e um neutro. A tensão elétrica (voltagem) máxima que pode ser ofertada por esse tipo de ligação é de 127 V, e esse tipo de ligação é instalada somente quando a soma das potências de todos os aparelhos elétricos de uma residência atingirem um valor máximo de 8.000 Watts.

A ligação bifásica é composta por três fios elétricos entre a rede elétrica e a residência. A voltagem elétrica é de 127 V ou 220 V. Esse tipo de ligação é utilizado para potência elétrica superior a 12.000 Watts e inferior a 25.000 Watts.

Já na ligação trifásica, a rede elétrica é composta por quatro fios: três fases e um neutro. As tensões elétricas (voltagem) geradas são de 127 V ou 220 V e podem lidar com potências de 25.000 Watts até 75.000 Watts.

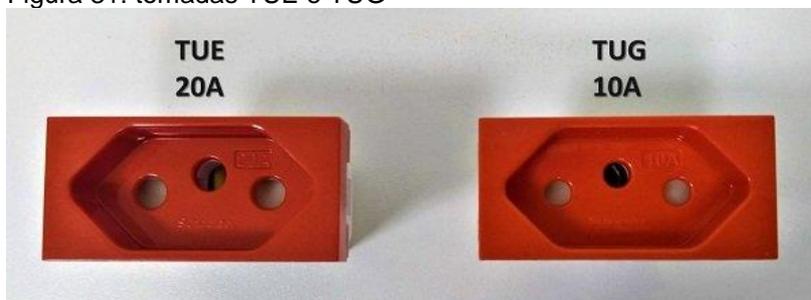
Figura 30: tipos de ligação



Fonte: <https://www.smartly.com.br>

As tomadas são basicamente divididas em dois tipos: TUE e TUG.

Figura 31: tomadas TUE e TUG



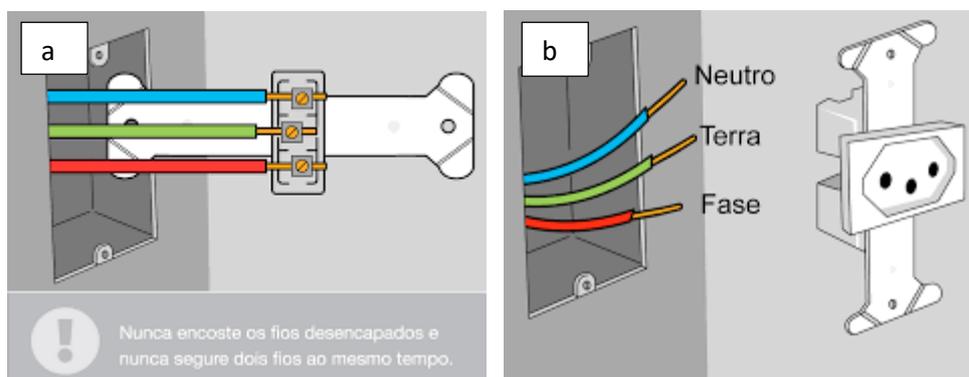
Fonte: [www.mundodaeletrica.com.br](http://www.mundodaeletrica.com.br)

A **TUG** (Tomada de Uso Geral) é destinada à ligação de mais de um equipamento (não simultaneamente) e cuja corrente de consumo não seja

superior a 10 A. São tomadas para liquidificador, geladeira, ventilador, ferro elétrico, televisão, equipamento de som etc.

Para instalar tomadas de uso geral em circuitos monofásico, se usa fios elétricos de 2,5 mm<sup>2</sup> e de preferência disjuntores de 10 A, pois as tomadas são fabricadas para suportar até esta amperagem. Para isso, liga-se o fio vermelho (fase) no polo positivo da tomada, o fio azul (neutro) no polo negativo e o fio verde (Terra) na parte do aterramento (centro) da tomada.

Figura 32: (a) e (b) ligação da tomada tug



Fonte: [www.leroymerlin.com.br](http://www.leroymerlin.com.br)

A **TUE** (Tomada de Uso Específico) é utilizada para alimentar especificamente equipamentos elétricos com corrente nominal superior a 10 A, como chapinha de cabelo, micro-ondas, condicionador de ar e etc.

Para instalar esse tipo de tomada (TUE), o recomendado é usar fios elétricos de acordo com o especificado pelo fabricante e de preferência disjuntores de 15 A. A instalação segue o mesmo esquema da TUG como da figura 32(a) e 32(b).

A quantidade mínima de tomadas que devem ser instaladas é de acordo com a sua área, porém se recomenda que a quantidade de tomadas seja maior do que o mínimo calculado. Dessa maneira é possível evitar o uso de extensões e benjamins, que consomem mais energia e podem comprometer a segurança da instalação elétrica. A tabela 3 mostra o que a Norma 5410 estabelece.

Tabela 3: quantidade de tomadas por cômodo

Cômodos com área $\leq 6\text{m}^2$	Pelo menos uma tomada
Cômodos com área $> 6\text{m}^2$	Pelo menos uma tomada a cada 5m ou fração de perímetro, instaladas em local adequado e espaçadas tão uniformemente quanto possível.
Cozinha, copas e área de serviço.	Pelo menos uma tomada a cada 3,5 m ou fração de perímetro, sendo que acima de cada pia deve ser prevista pelos menos uma tomada.
Banheiros	Pelo menos uma tomada, junto ao lavatório, com uma distância de 60 cm do limite do boxe.
Garagens	Pelo menos uma tomada.

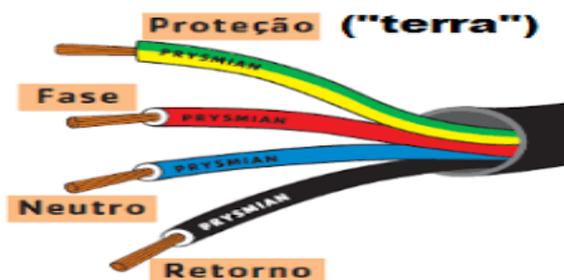
Fonte:www.abnt.org.br

Para a potência mínima de iluminação a Norma 5410 estabelece, que a mesma deva ser feita em função da área de cada cômodo, ou seja:

- Para áreas externas em residências não há critérios definidos pela Norma 5410, vai de acordo com a necessidade do proprietário.
- Em ambientes com área de até  $6\text{m}^2$ , o valor mínimo de 100 VA.
- Para ambientes acima de  $6\text{m}^2$ , o valor mínimo de 100 VA é válido para os primeiros  $6\text{m}^2$ . A partir disso, são acrescentados 60 VA a cada  $4\text{m}^2$  inteiros.

Em uma instalação elétrica é importante distinguir as cores dos condutores de acordo com sua função, de modo a preservar a própria segurança e o bom funcionamento da rede. No Brasil, a norma NBR 5410 estabelece para as cores dos condutores a seguinte função:

Figura 33: cores dos condutores (fios elétricos)



Fonte:www.pinterest.com

– **Azul claro:** para condutores (fios) neutros com isolação;

- **Verde ou verde com amarelo:** para condutores de proteção (comumente chamado de “fio terra”);
- **Vermelho, preto ou marrom:** para condutores (fios) fase.
- **Preto:** condutores (fios) de retorno.

Infelizmente, nem toda instalação segue essas normas (podem ser instalações antigas ou mesmo irregulares), mas é importante conhecê-las, já que servem de base para inúmeras instalações elétricas no país.

O dimensionamento dos fios condutores têm por propósito a determinação do valor da sua seção nominal (bitola), de modo a poder transportar a corrente elétrica necessária ao funcionamento do circuito, sem que haja aquecimento acima do normal nos mesmos.

A NBR 5410 estabelece seis critérios para o dimensionamento dos condutores. Como estamos tratando de instalações elétricas residenciais, usaremos apenas um dos critérios como exemplo, que é o do dimensionamento em função da corrente elétrica. Veja a tabela 4.

Tabela 4: dimensionamento dos condutores Norma 5410

Seção em mm <sup>2</sup>	Corrente máxima suportada por cada condutor elétrico
1,5 mm <sup>2</sup>	15,5 Amperes
2,5 mm <sup>2</sup>	21 Amperes
4 mm <sup>2</sup>	28 Ampères
6 mm <sup>2</sup>	36 Ampères
10 mm <sup>2</sup>	50 Ampères
16 mm <sup>2</sup>	68 Amperes
25 mm <sup>2</sup>	89 Amperes
35 mm <sup>2</sup>	111 Ampères
70 mm <sup>2</sup>	171 Ampères
95 mm <sup>2</sup>	237 Amperes

Fonte: <https://www.robertdicastecnologia.com>

Para se ter uma instalação elétrica segura e dentro das normas da NBR5410, é necessário a utilização de dispositivos de segurança para a proteção dos circuitos da residência, tanto contra choques elétricos quanto sobreaquecimento ou surtos de corrente ou voltagem.

O disjuntor é um dispositivo que tem como finalidade a proteção de equipamentos contra correntes elevadas, como por exemplo curto circuitos, e é muito importante um dimensionamento correto de disjuntores, pois, em caso de valores incorretos, existe a possibilidade de o mesmo não abrir o circuito, podendo ocasionar um incêndio. Para seu dimensionamento é usada a lei de Ohm, onde devemos separar os circuitos de iluminação e tomadas (TUG e TUE). Em cada circuito é feito o cálculo de corrente total do mesmo e após isso, é determinado o valor do disjuntor. Vale salientar que dificilmente encontraremos disjuntores do mesmo valor calculado disponível no mercado, dessa forma deveremos utilizar o disjuntor com valor acima do calculado, como por exemplo, se sua conta é de 14 A, usaremos o disjuntor de 16 A, e assim por diante. Lembrando que a fórmula da lei de Ohm utilizada é:

$$I = P/V$$

Na figura 34, temos três modelos: monofásico, bifásico e o trifásico.

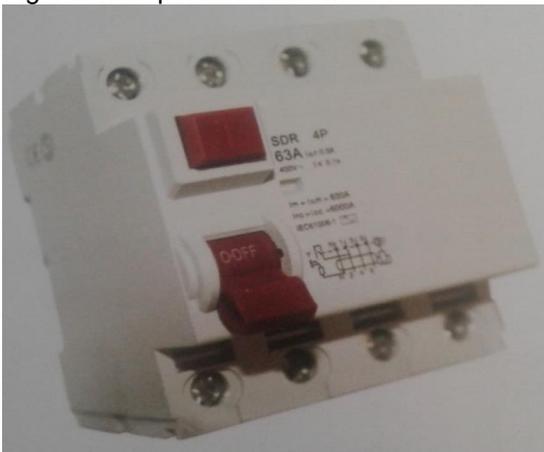
Figura 34: modelos de disjuntores



Fonte: Senai-SP

O dispositivo diferencial residual (DR) é o dispositivo utilizado para interromper circuitos com fuga de corrente elétrica. Ele se diferencia de disjuntores por detectarem correntes de intensidade menor, que mesmo assim trazem risco de vida para a pessoa que tomar um choque.

Figura35: dispositivo diferencial residual



Fonte : Senai - SP

O dispositivo de proteção contra surtos (DPS) é um dispositivo utilizado para suavizar os efeitos de surtos de corrente, causados muitas vezes por descargas atmosféricas, afetando diretamente equipamentos ligados à rede elétrica.

Figura36: dispositivo de proteção contra surtos (DPS)



Fonte:Senai – SP

As aulas 5 e 6 foram encerradas 20 minutos antes do tempo normal para as perguntas dos alunos e para os vídeos (apêndice D). Fui indagado pelos alunos com as seguintes perguntas:

Al 13 “ Por que quando a mamãe liga o micro-ondas em casa, o disjuntor dispara”?

Al 17 “ Quando minha irmã liga a chapinha de cabelo, as lâmpadas de casa diminuem o brilho?

Al 28 “ Posso ligar um aparelho elétrico especificado para tomada TUE numa tomada TUG”?

Al 27 “ O que acontece se eu ligar um micro-ondas com um fio muito fino”?

Para responder a essas questões, o professor explicou que quando o disjuntor desarma é um problema no circuito do micro-ondas que pode ser causado por três situações: curto-circuito, sobrecarga ou sobreaquecimento do circuito. Com relação a diminuição do brilho das lâmpadas é provável que a lâmpada e a chapinha estejam ligadas no mesmo circuito e como a chapinha demanda uma maior quantidade de carga elétrica para funcionar, há uma pequena queda de tensão na lâmpada. Como os aparelhos elétricos específicos para tomada TUE tem seus pinos mais grossos que os das tomadas TUG, você não irá conectá-lo a tomada. O micro-ondas é um aparelho elétrico que demanda de uma grande quantidade de carga elétrica para funcionar normalmente e se ligar um fio elétrico não especificado para o mesmo, é provável que ocorra um aquecimento anormal no condutor, o que poderá causar um curto-circuito no sistema ou até mesmo um incêndio na residência.

### **Aula 7 e 8: Construção e montagem dos circuitos de tomadas e iluminação da maquete de uma instalação elétrica residencial**

**Objetivo:** contextualizar e apresentar, utilizando a maquete de uma casa, conceitos da eletrodinâmica relacionados a uma instalação elétrica residencial.

A maquete aqui proposta é uma ferramenta didática para os alunos entenderem o funcionamento dos circuitos de iluminação e tomadas de uma instalação elétrica residencial por meio da visualização, aplicação prática e contextualizada dos conceitos, leis e propriedades da Eletrodinâmica. Além disso, permite ao professor juntamente com os alunos, realizarem medidas elétricas na maquete utilizando aparelhos de medida e compará-los para saber se os cálculos coincidem com os dos conteúdos já estudados anteriormente. Assim, esta maquete será útil para que o professor explore junto aos alunos não apenas o cálculo dos valores da corrente elétrica, voltagem, resistência elétrica e potência elétrica, mas, também para levar os alunos aos questionamentos, explicar os resultados de possíveis discrepâncias entre os valores calculados experimentalmente com os dados do fabricante dos materiais elétricos, etc.

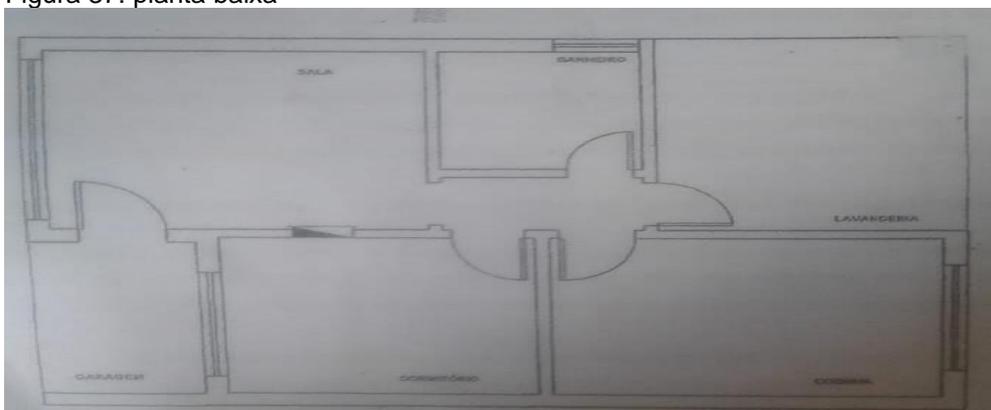
Na construção e montagem dessa maquete foram utilizados os seguintes materiais:

01 placa de compensado marítimo, 01 rolo de fita isolante, fios elétricos de várias cores, 08 bocais para lâmpadas, 08 lâmpadas, 08 interruptores, 08 tomadas, 13 disjuntores, 01 caixa de distribuição, alicates, chaves de fenda, multímetro, chave de teste e chave descascadora de fio elétrico. Todos os materiais acima citados, alguns foram reciclados do resto da reforma que na época estava ocorrendo na escola e os demais foram disponibilizados pelo professor e pelos próprios alunos.

Para a construção e montagem da maquete a turma foi dividida em seis grupos com cinco alunos cada. Dessa forma os alunos tiveram a oportunidade de trocar ideias, experiências e dialogar com seus colegas e com o professor, facilitando a assimilação dos conhecimentos e o crescimento das capacidades cognitivas e operacionais dos alunos. Para Vygotsky (1987, p. 78), “a relação professor-aluno não deve ser uma relação de imposição, mas sim, uma relação de cooperação, de respeito e de crescimento, no qual o aluno deve ser considerado como um sujeito interativo e ativo no seu processo de construção de conhecimento”.

Cada grupo foi responsável pela instalação elétrica dos circuitos de iluminação e tomadas de um dos cômodos da residência na maquete. Mas, antes do início da montagem dos circuitos, foi sorteado um membro de cada grupo que tinham como função reproduzir no compensado marítimo a figura 37 de uma planta baixa de uma residência, enquanto os demais estariam empenhados na separação dos materiais para a montagem dos circuitos.

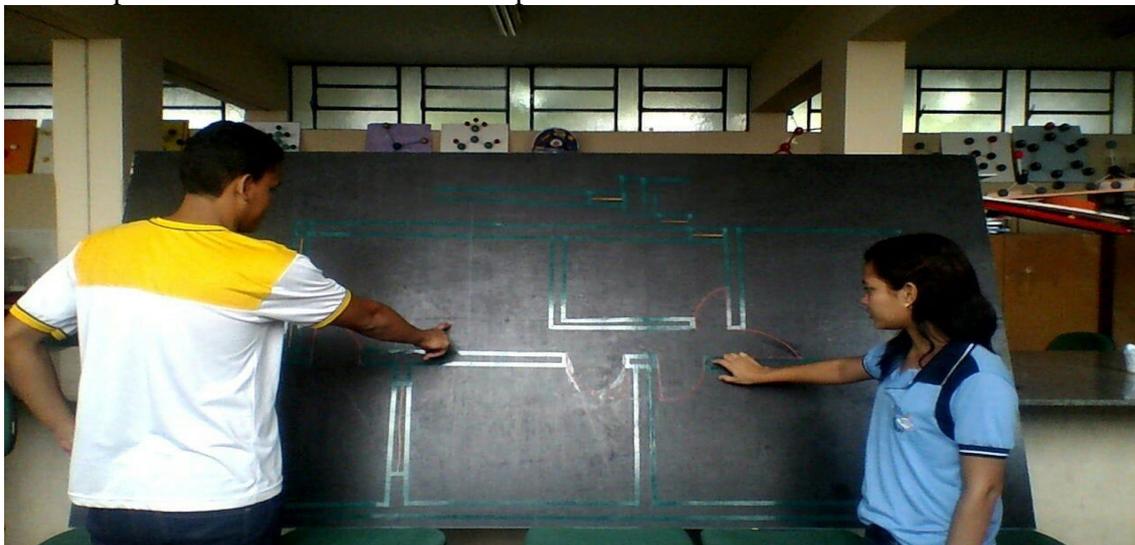
Figura 37: planta baixa



Fonte: Escola Senai

Ao final de aproximadamente 20 minutos o desenho da figura 37 sobre o compensado naval foi finalizado.

Foto 5: planta baixa desenhada no compensado

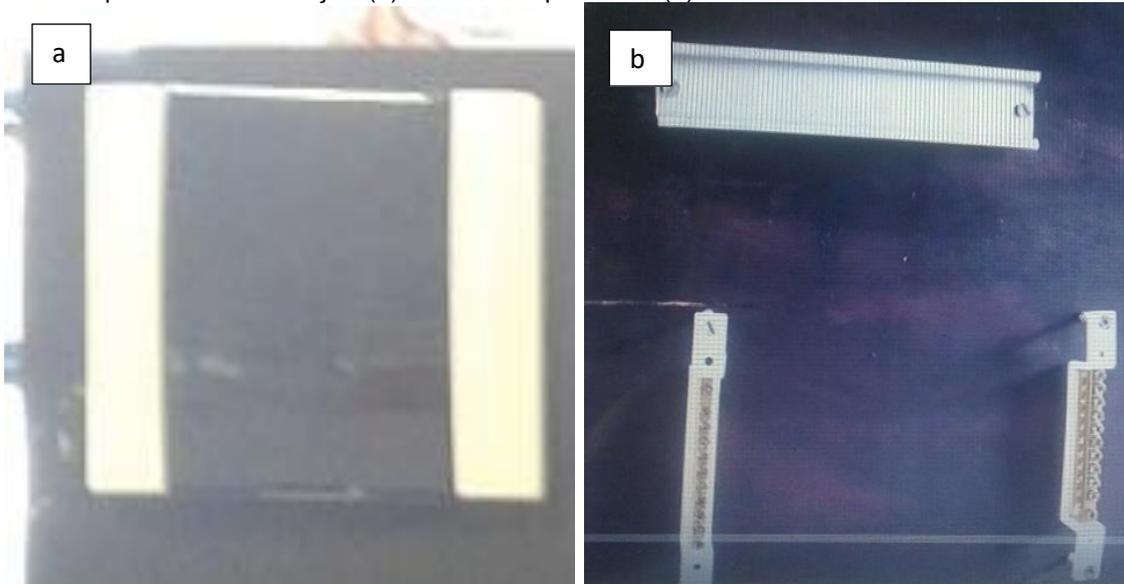


Fonte: própria do autor

Os 80 minutos restantes, foram destinados à montagem dos equipamentos elétricos e dos circuitos de tomadas e iluminação. O quadro de distribuição foi montado pelos alunos sorteados anteriormente, enquanto os demais alunos ficaram responsáveis pela montagem dos circuitos dos cômodos, cada um com o seu grupo responsável.

As fotos 6a e 6b, a seguir mostram o quadro de distribuição já fixado no compensado e seus componentes: dois barramentos e o suporte de disjuntores.

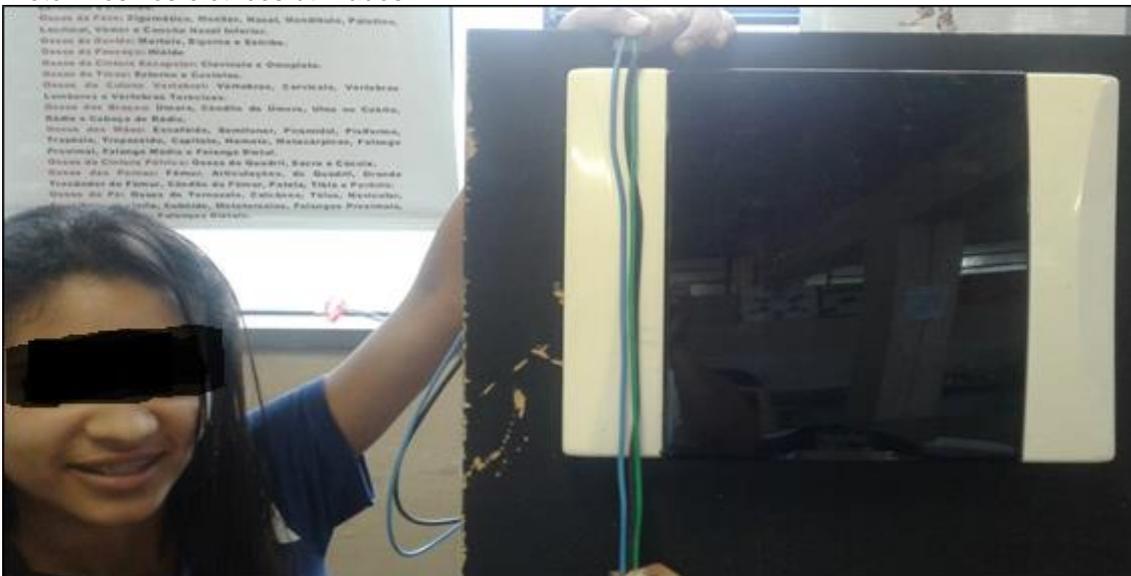
Foto 6: quadro de distribuição (a) e seus componentes (b)



Fonte: própria do autor

Como o laboratório de ciências da escola disponibiliza nas tomadas uma voltagem de 110 V, a ligação elétrica de nossa maquete foi do tipo monofásica. Então do QD chegam a três fios: fase (preto), azul (neutro) e o verde (Terra).

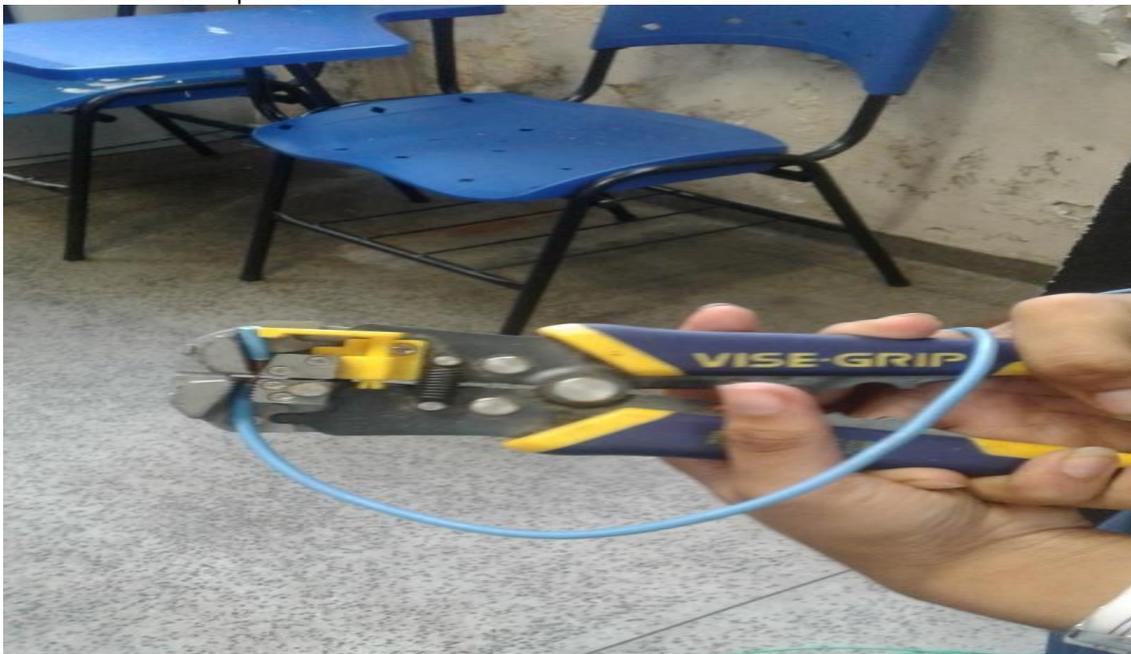
Foto 7: os fios elétricos utilizados



Fonte: própria do autor

Por determinação do professor, com o objetivo de evitar acidentes, as pontas dos fios foram desencapadas utilizando um alicate decapador de fios.

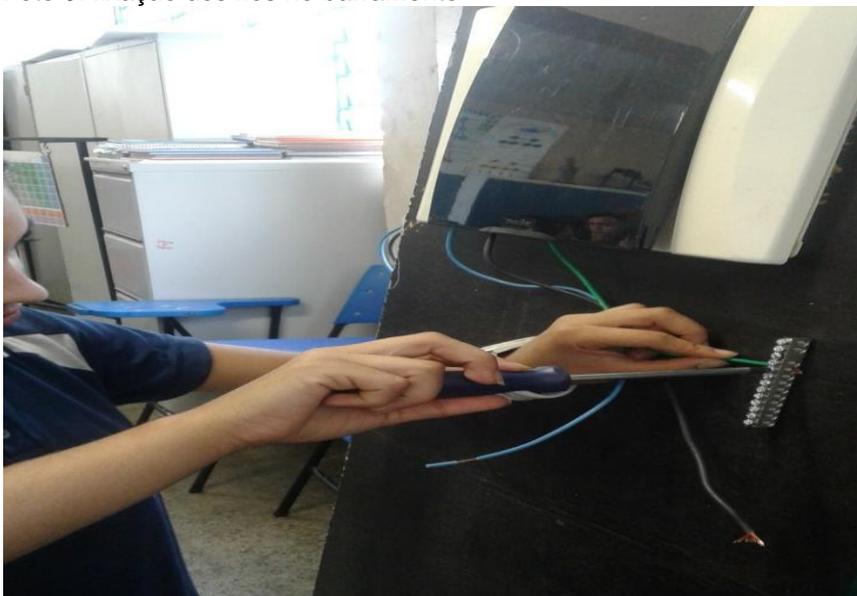
Foto 8: alicate decapador



Fonte: própria do autor

Após esse processo, cada grupo foi orientado a iniciar a fixação dos fios terra e neutro em seus respectivos barramentos.

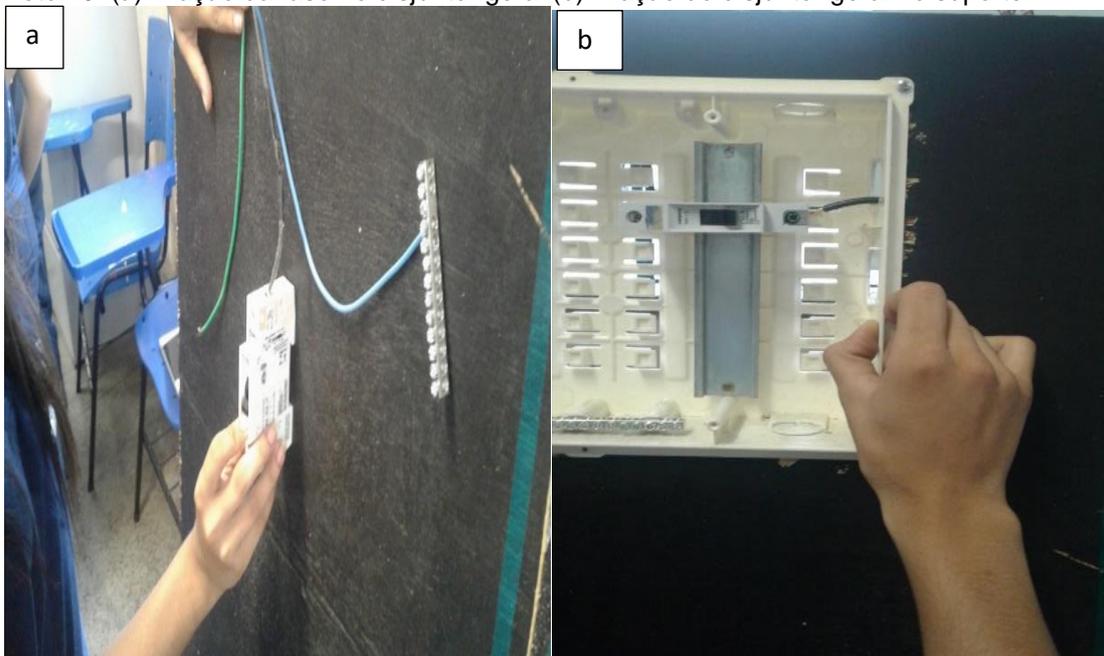
Foto 9: fixação dos fios no barramento



Fonte: própria do autor

Logo após a fixação dos fios neutro e terra, foi fixado o fio fase (preto) na entrada do disjuntor geral, preso em seu suporte.

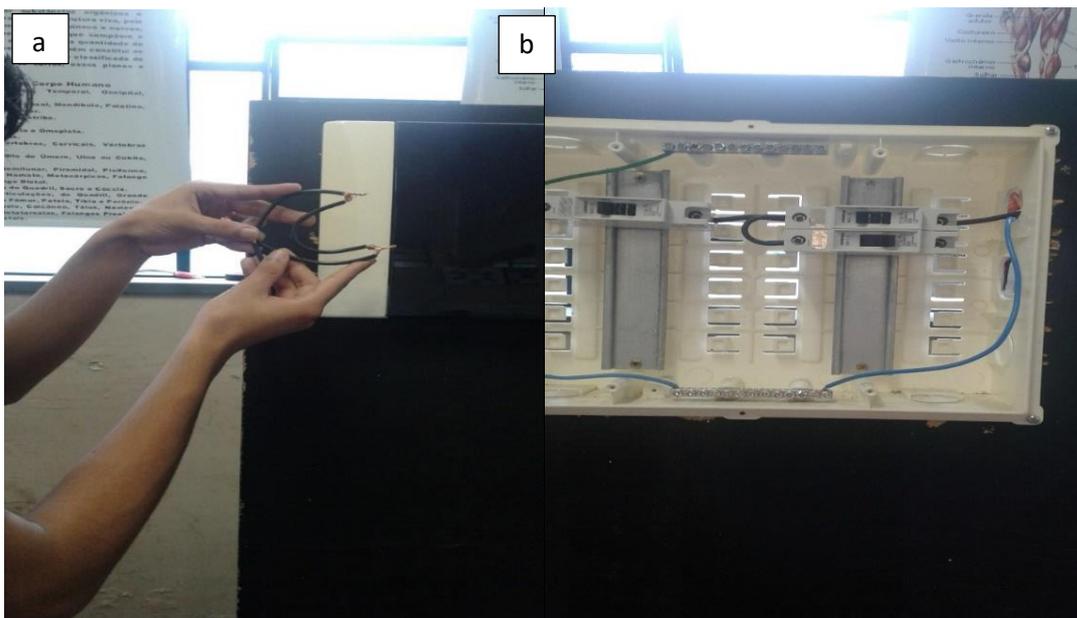
Foto 10: (a) fixação da fase no disjuntor geral (b) fixação do disjuntor geral no suporte



Fonte: própria do autor

Da saída do disjuntor geral, foram feitas as ligações na entrada dos demais disjuntores dos circuitos de iluminação e tomadas dos demais cômodos, através de um processo chamado jumping.

Foto 11: (a) jumping (b) jumping entre os disjuntores



Fonte: própria do autor

Foi alertado aos grupos pelo professor que antes de iniciar a ligação dos circuitos de iluminação e tomadas dos cômodos da residência (maquete) era importante que os disjuntores do QD fossem marcados de acordo com a sua utilização, como no exemplo da foto 12.

Foto 12: identificação dos disjuntores no QD

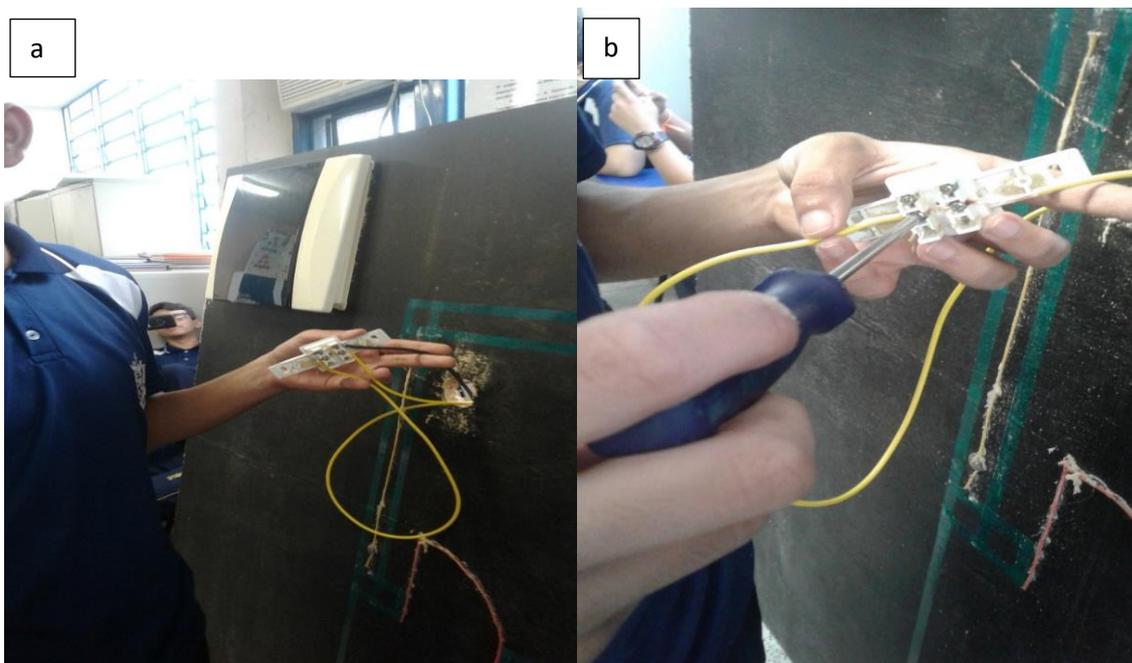


Fonte: própria do autor

A montagem do circuito de iluminação iniciou-se com a instalação dos interruptores das lâmpadas, e nessa maquete foi usado tanto do tipo duplo como o simples, e cada grupo teve sua opção de escolha, bem como o local de instalação.

Para a instalação dos interruptores e lâmpadas foram utilizados quatro fios elétricos de cores diferentes: uma fase (preto), um neutro (azul) e dois de retorno (amarelo), no caso de interruptor duplo. Foi mencionado que essa ligação serve para qualquer tipo de interruptor, lembrando que se for interruptor simples sem um retorno e assim por diante. O borne central foi alimentado pelo fio fase (preto), o fio retorno (amarelo) foi fixado no outro borne do interruptor e conectados no borne positivo do bocal da lâmpada.

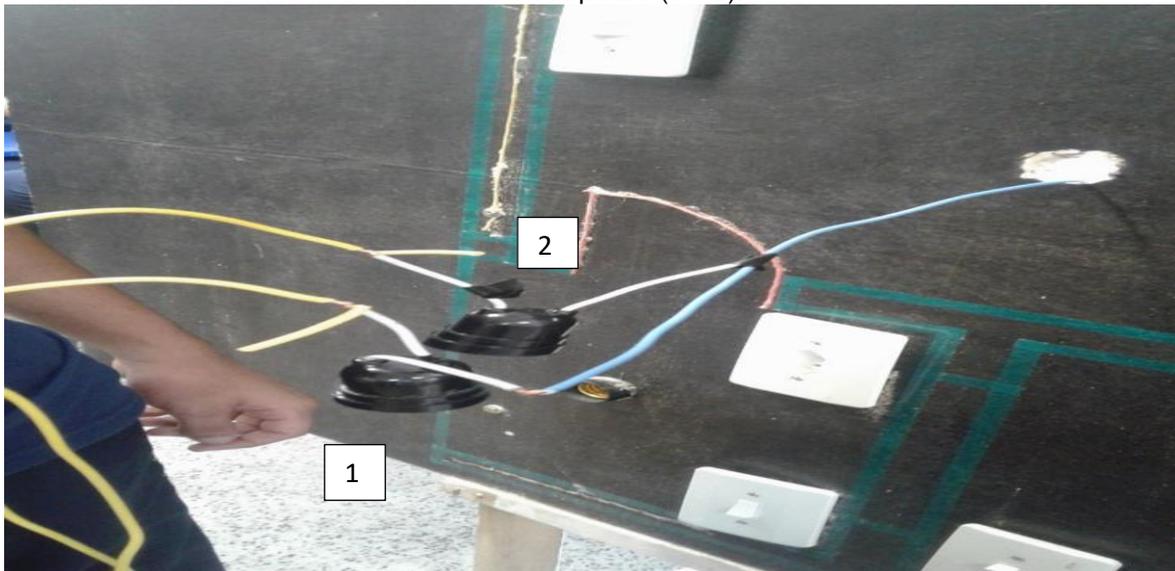
Foto 13: (a) fixação do fio fase (b) e retorno no interruptor



Fonte: própria do autor

O próximo passo foi fazer a conexão do fio neutro (azul) que vem do barramento de neutro, que foi conectado no borne negativo do bocal da lâmpada 1, e a seguir, foi conectado o mesmo fio neutro em série no borne negativo da lâmpada 2 - no caso dessa ligação o grupo responsável usou duas lâmpadas.

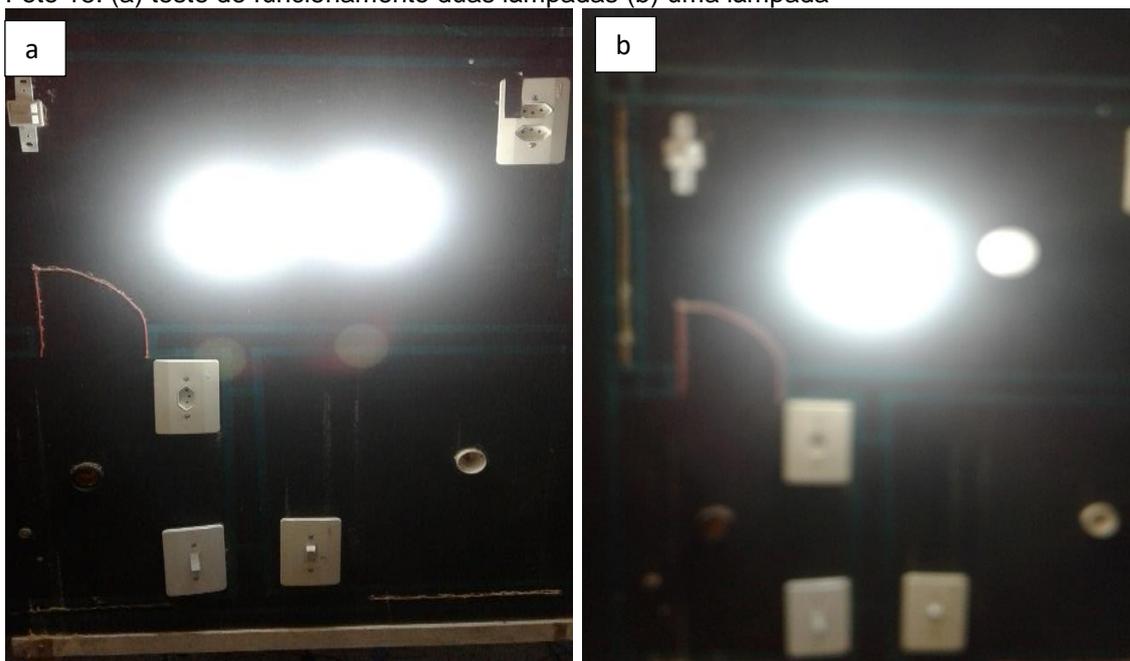
Foto 14: conexão do fio neutro com as duas lâmpadas (1 e 2).



Fonte: própria do autor

Após feito todo isolamento para evitar acidentes, foi testado o funcionamento do circuito.

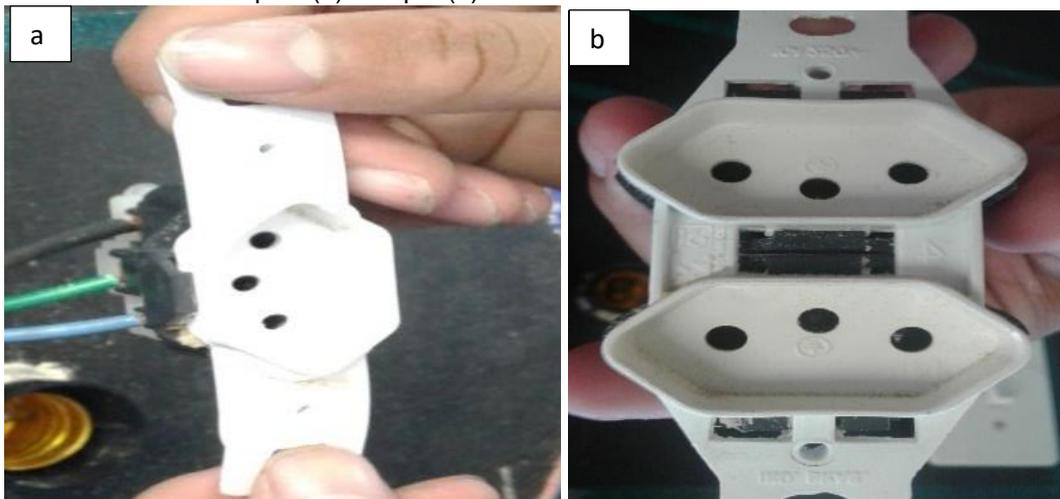
Foto 15: (a) teste de funcionamento duas lâmpadas (b) uma lâmpada



Fonte: própria do autor

Com a finalização dos circuitos de iluminação, os grupos foram orientados pelo professor a iniciarem a montagem dos circuitos de tomadas. As tomadas utilizadas foram do tipo simples e dupla e mais uma vez ficou à critério dos membros do grupo.

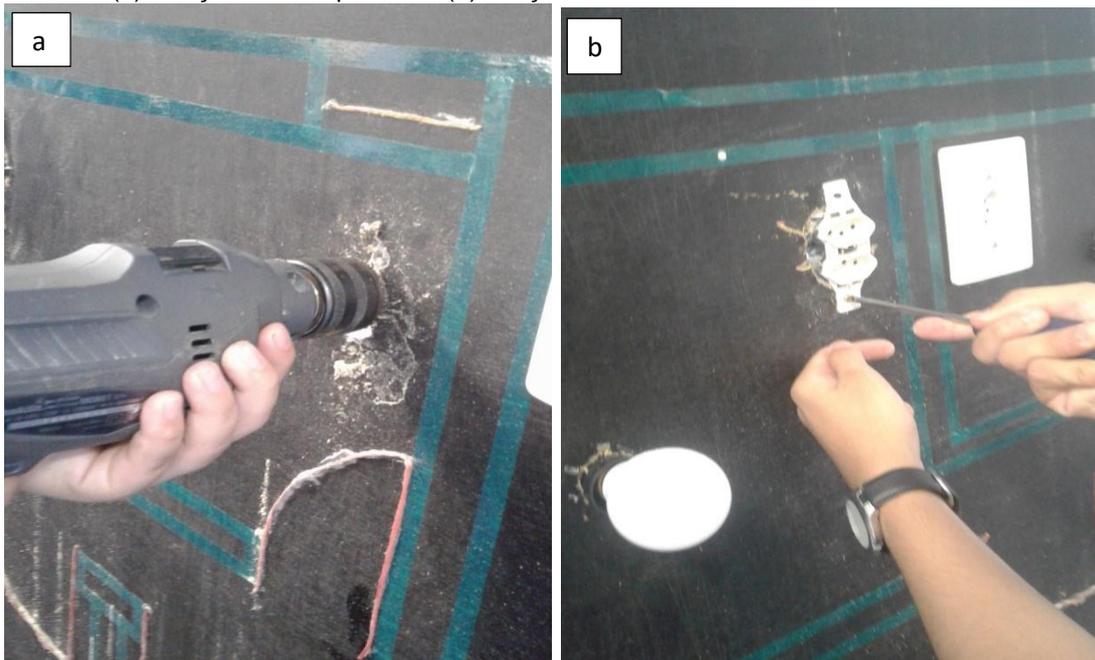
Foto 16: tomadas simples (a) e dupla (b)



Fonte: própria do autor

Iniciamos o processo com a fixação da tomada na maquete com ajuda de uma furadeira e cada grupo com seu respectivo cômodo.

Foto 17: (a) furação do compensado (b) fixação da tomada

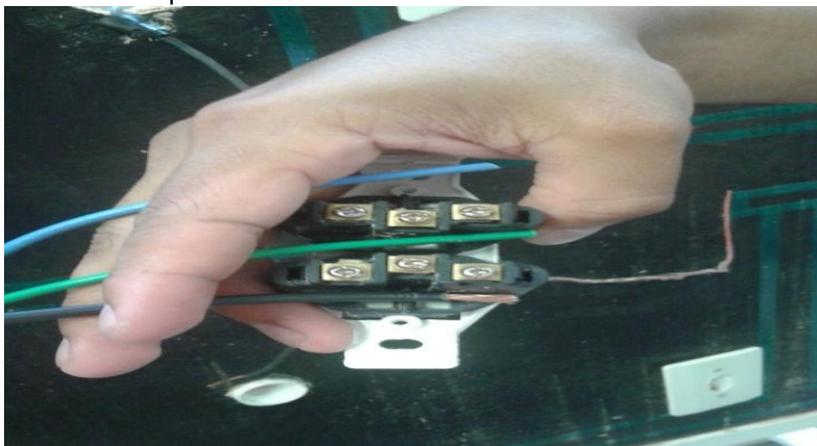


Fonte: própria do autor

Para esse tipo de ligação os grupos utilizaram três fios com cores diferentes: uma fase (preto), um neutro (azul) e o verde (terra). Do QD, já devidamente marcado, da saída do disjuntor responsável pelo circuito das tomadas foi conectado o fio fase (preto) e a outra ponta desse fio fase foi conectado no borne positivo da tomada. No borne negativo da tomada foi

conectado o fio neutro (azul) vindo do barramento de neutro do QD. No borne central da tomada foi conectado o fio Terra vindo do barramento de Terra do QD.

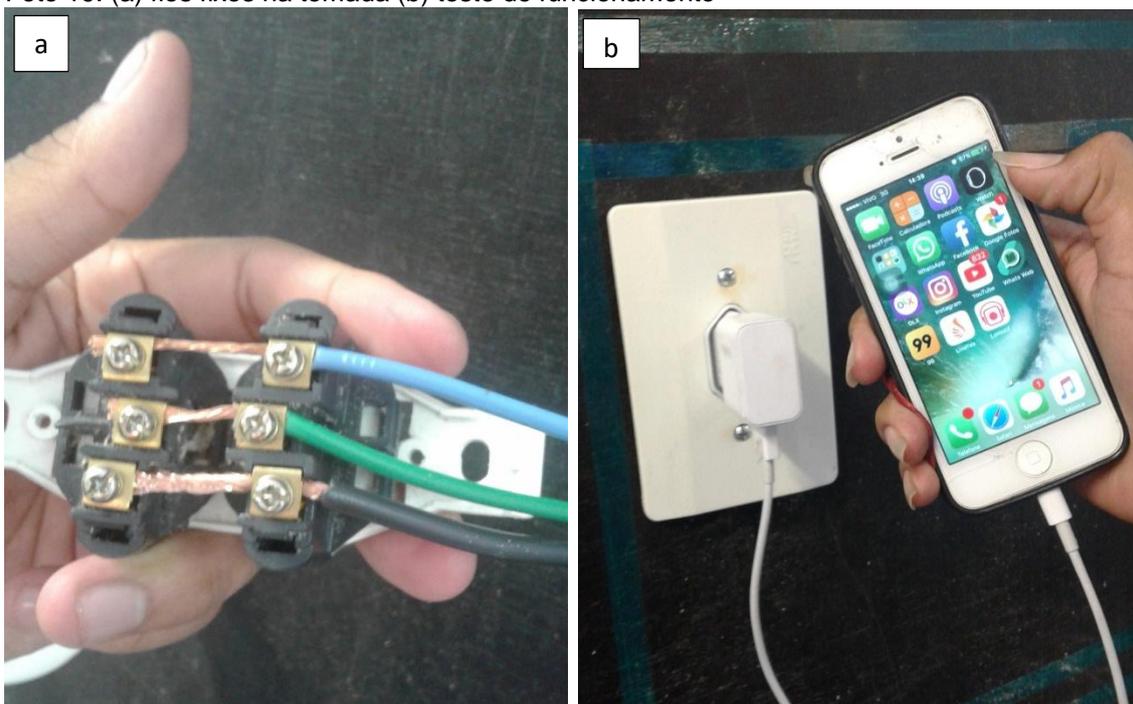
Foto 18: fios que serão conectados na tomada



Fonte: própria do autor

Depois de fixados todos os fios, juntamente com a tomada, foi feito o teste de funcionamento como vemos na foto 19.

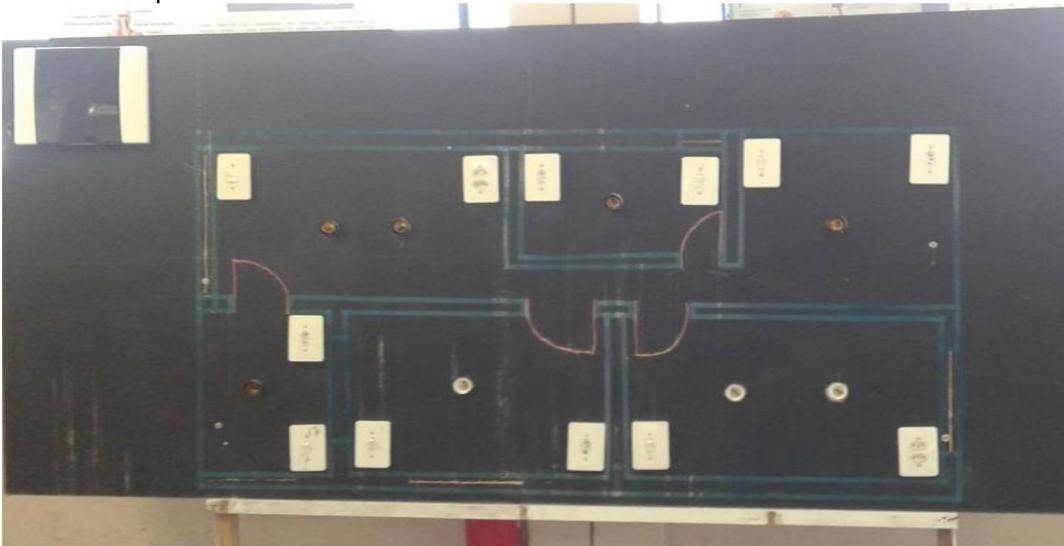
Foto 19: (a) fios fixos na tomada (b) teste de funcionamento



Fonte: própria do autor

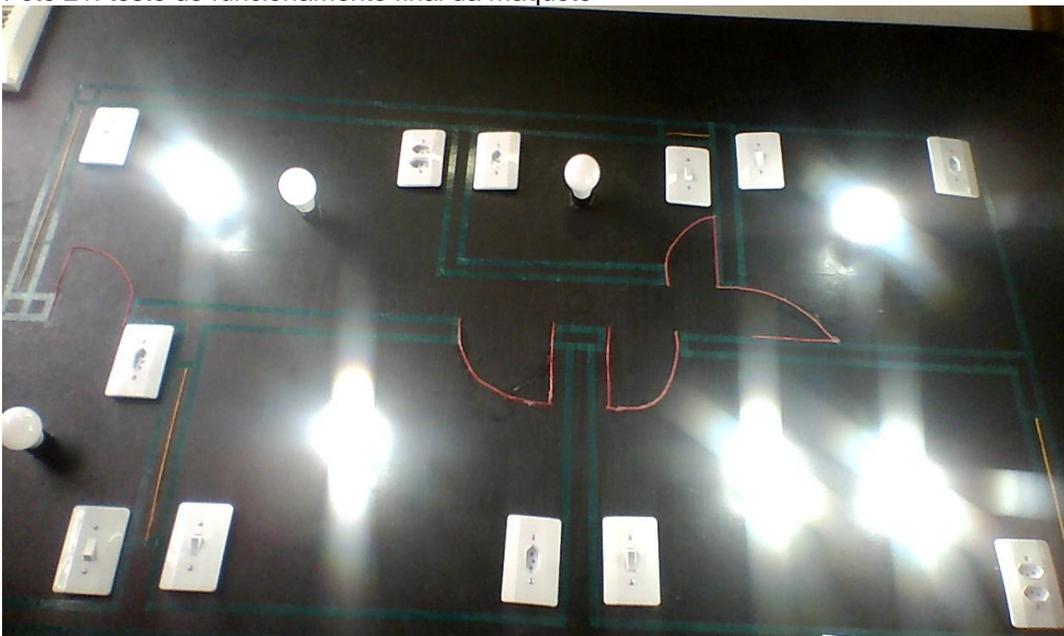
Ao final de duas aulas cansativas, os alunos conseguiram finalizar os circuitos de iluminação e tomadas de cada cômodo da maquete e foi realizado o teste final de funcionamento.

Foto 20: maquete finalizada



Fonte: própria do autor

Foto 21: teste de funcionamento final da maquete



Fonte: própria do autor

Ao final da terceira etapa da sequência didática as questões desafiadoras foram as seguintes:

- 1) O que acontece se ligarmos um aparelho elétrico de 127 V numa tomada de 220 V?
- 2) O que é mais econômico ligar um aparelho elétrico numa voltagem de 127 V ou 220 V?

Além das questões desafiadoras acima, como complemento, sugerimos ao professor algumas questões que podem ser trabalhadas com os alunos utilizando a maquete como referência.

1. O professor pode pedir aos alunos que formem grupos e meçam os cômodos da casa de um dos membros e seguindo o mesmo raciocínio da montagem da maquete completem a tabela 5.

Tabela 5: dados dos cômodos da casa

cômodo	área(m <sup>2</sup> )	perímetro(m)	iluminação(w)	TUE	TUG
sala					
cozinha					
banheiro					
quarto 1					
quarto 2					

Fonte: própria do autor

2. Uma outra questão muito interessante que o professor pode realizar, é solicitar que os alunos tragam de casa alguns aparelhos elétricos e liguem em alguma tomada do cômodo da maquete e, variando o tipo de aparelho, solicite que eles mensurarem a intensidade da corrente elétrica desses aparelhos e, utilizando um multímetro faça a comparação entre os valores obtidos com os marcados no aparelho de medição.
3. Uma atividade igualmente interessante é pedir que os alunos completem a tabela abaixo com os aparelhos existente na sua casa, estimem o consumo de energia elétrica e comparem se o valor pago em reais no final do mês se aproxima ao da tabela. Usar como referência o valor em reais (R\$) do KWh da figura 29.

Tabela 6: Aparelhos elétrico de uma casa

Equipamento	Potência (w)	Tempo de funcionamento	Horas de uso por dia	Horas de uso por mês	Consumo em KWh/mês	Valor em reais
geladeira						
televisor						
lâmpada						
condicionador de ar						
ferro de passar						
máquina de lavar roupa						

Fonte: própria do autor

## Etapa 4: pós teste (uma aula)

### Aula 9

Antes de iniciar a última etapa da sequência didática, foi disponibilizado 10 minutos para a entrega das questões desafiadoras das aulas 7 e 8, como também para tirar dúvidas com relação as mesmas.

A sequência didática foi concluída com a aplicação do pós-teste (apêndice B), que é idêntico ao pré-teste. No entanto, agora os alunos já tinham um embasamento e puderam responder com uma maior confiança. E, da mesma forma que o pré-teste, este deveria ser respondido individualmente, não sendo permitido aos alunos nenhuma pesquisa, uso de celular ou comunicação com o colega. Os alunos tiveram 5 minutos antes do início do pós teste para fazer qualquer tipo de leitura e organizar seu material. Esse tipo de atividade nos permitiu verificar os principais obstáculos conceituais que persistiram, além de visar o aperfeiçoamento e tirar conclusões sobre este método de ensino.

Foto 22 : preparação para o pré teste



Fonte: própria do autor

Ao longo das aulas 01 a 09 das atividades de desenvolvimento e implementação da sequência didática, os alunos puderam vivenciar através de diálogos, discussões e experimentalmente, alguns conceitos da eletrodinâmica, onde foi possível perceber vários pontos envolvidos no sucesso e insucesso das atividades propostas. No capítulo seguinte apresentamos as considerações sobre tais pontos.

## 4 ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO

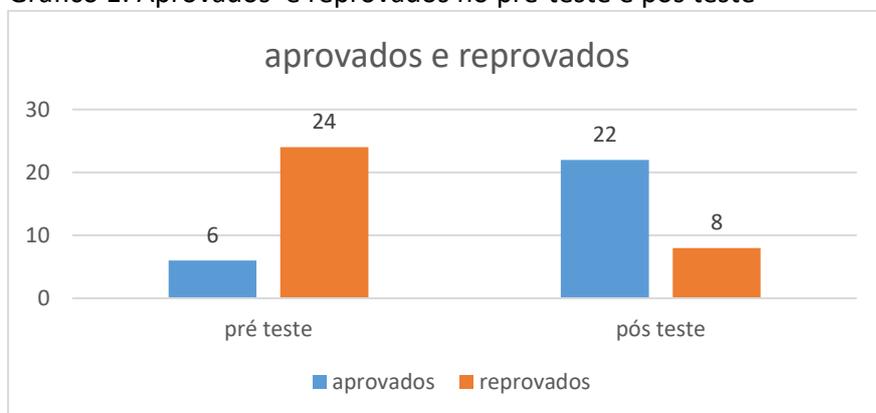
Agora passamos para os relatos referentes aos resultados alcançados sobre cada questão e a média de acertos do pré e pós teste dos 30 alunos da turma (3º ano 01 do Ensino Médio de 2019 do turno vespertino), na escola onde exerço minha profissão e local de implementação da sequência didática proposta.

Aqui apresentamos 09 gráficos que trazem informações relevantes sobre o rendimento dos alunos no pré-teste, pós-teste e nas questões desafiadoras. Como existe o hábito entre os alunos de só fazerem algo mediante alguma nota, foi atribuída uma nota de acordo com o desempenho de cada participante durante a atividade. Esse aspecto motivou bastante o envolvimento dos alunos. E, para a análise dos resultados foram consideradas corretas até mesmo aquelas respostas incompletas, com o objetivo de estimular os alunos. Já as respostas consideradas erradas foram aquelas totalmente desfocadas ou em branco.

Para considerarmos os alunos aprovados ou reprovados nos testes, seguimos os mesmos critérios utilizados pela escola: aprovados - nota maior ou igual a 6,0 e; reprovados - nota menor que 6,0.

Propositalmente, as questões do pós teste são iguais ao do pré-teste, com o objetivo de verificar se, principalmente as aulas de nº 2 ao nº 8 surtiram algum efeito na estrutura cognitiva do aluno.

Gráfico 1: Aprovados e reprovados no pré-teste e pós teste

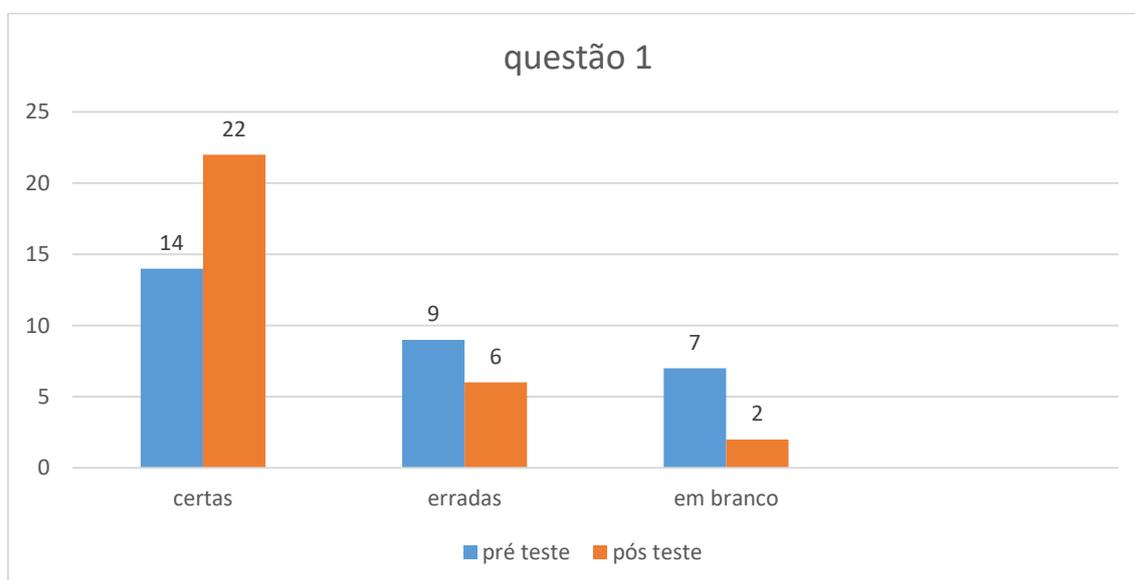


Fonte: própria do autor

O gráfico 1, mostra que apenas seis alunos foram aprovados quando da aplicação do pré-teste (isso equivale a 20% da turma) e que depois da aplicação da sequência didática, esse número passou para 22 alunos (equivalente a 73,3% de aprovados), evidenciando que a sequência didática proposta nesse trabalho, proporcionou um melhor entendimento por parte dos alunos envolvidos.

A seguir, apresentamos o resultado de cada questão, com a quantidade de acertos, erros e questões em branco e das questões desafiadoras respondidas pelos alunos, onde os mesmos foram identificados por A1 seguido de um número, que foi definido obedecendo a ordem de entrega do pré-teste, e numerado obedecendo a mesma ordem na entrega do pós teste.

Gráfico 2: 1ª questão: Como é definida corrente elétrica (i) e qual sua unidade de medida?

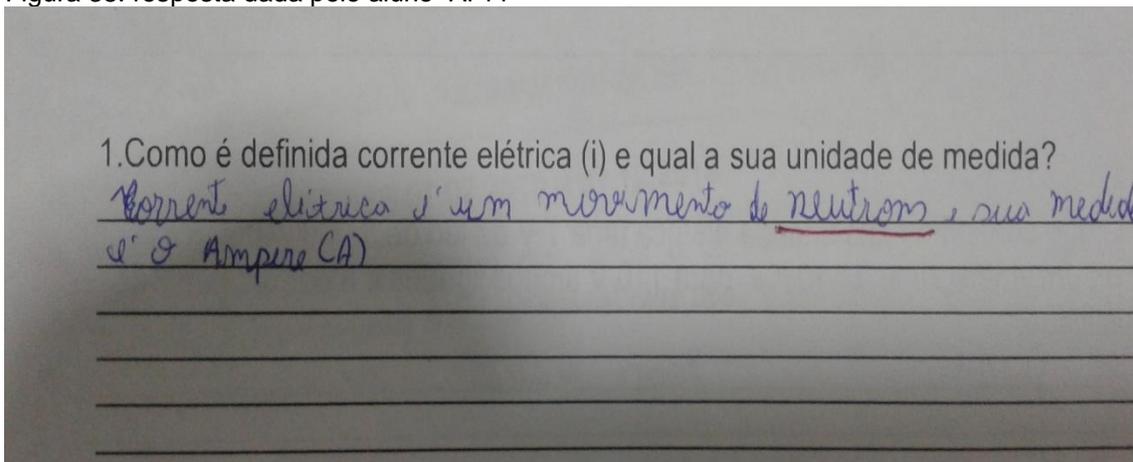


Fonte: própria do autor

O gráfico 02 da questão 01, mostra que no pré teste, 16 alunos (somando questões erradas e em branco) não possuíam domínio sobre o conceito de corrente elétrica, apresentando dificuldades em interpretar quais os portadores de cargas envolvidos na condução de corrente elétrica em materiais condutores sólidos metálicos, como vemos em algumas das respostas a seguir<sup>7</sup>:

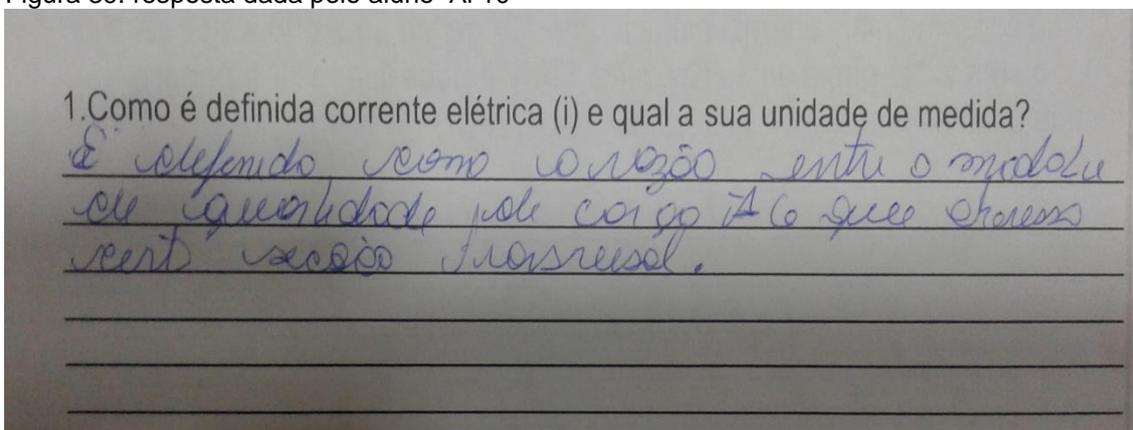
<sup>7</sup> Considerando a quantidade de alunos (30), optamos por escolher apenas algumas das respostas.

Figura 38: resposta dada pelo aluno AI 11



Fonte: própria do autor

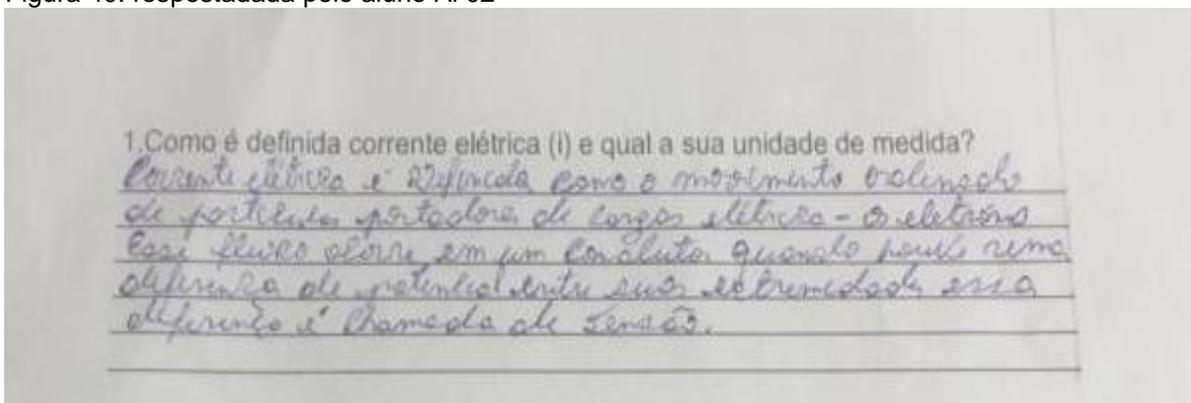
Figura 39: resposta dada pelo aluno AI 10



Fonte: própria do autor

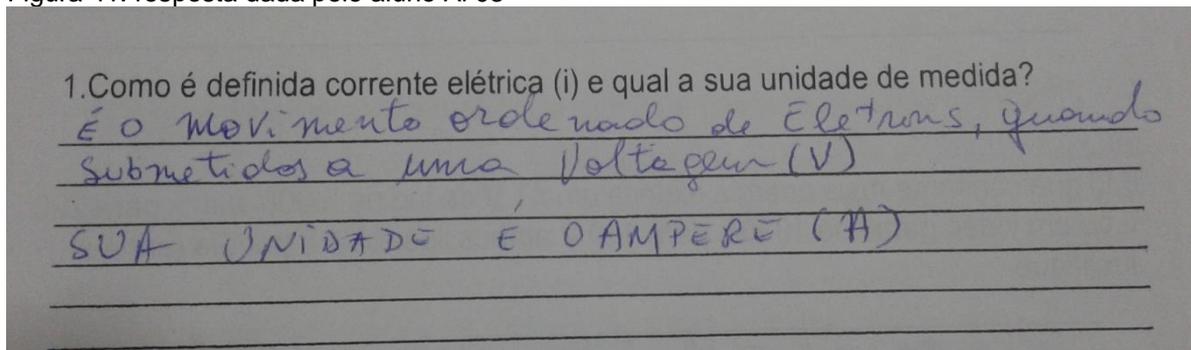
Após a aplicação da sequência didática, ainda de acordo com o gráfico 2, podemos perceber uma melhora no entendimento da mesma questão. Algumas respostas dadas pelos alunos.

Figura 40: resposta dada pelo aluno AI 02



Fonte: própria do autor

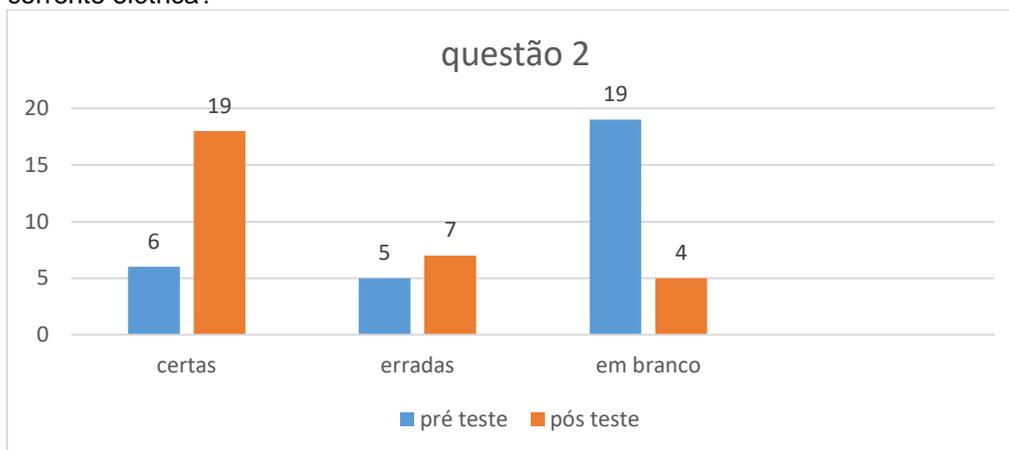
Figura 41: resposta dada pelo aluno AI 03



Fonte: própria do autor

Todo sistema elétrico é formado por circuitos que só funcionam se houver uma harmonia entre três grandezas fundamentais da eletricidade: corrente, voltagem e resistência elétrica. A ideia dessa questão era verificar se o aluno conseguiria fazer a aplicação direta da fórmula da Lei de Ohm.

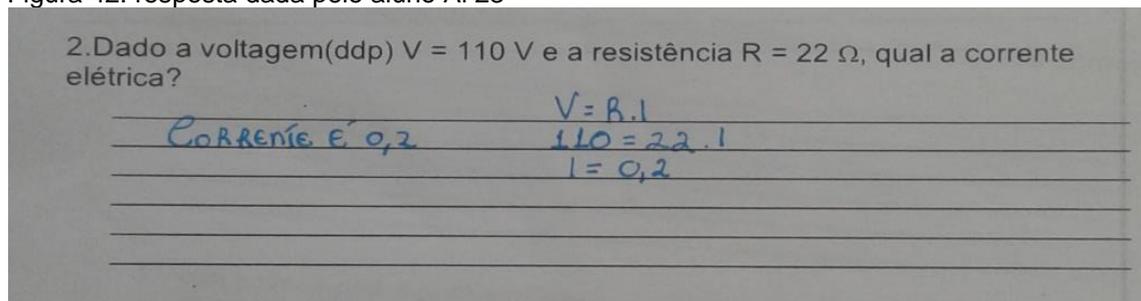
Gráfico 3: 2ª questão: Dada a voltagem (ddp)  $V = 110 \text{ V}$  e a resistência  $R = 22 \Omega$ , qual a corrente elétrica?



Fonte: própria do autor

Podemos perceber através do gráfico 3 que no pré-teste, apenas seis alunos conseguiram acertar essa questão, a maioria deixou em branco e cinco erraram, e foram erros básicos de matemática, como veremos a seguir:

Figura 42: resposta dada pelo aluno AI 23



Fonte: própria do autor

Figura 43: resposta dada pelo aluno AI 29

2. Dado a voltagem (ddp)  $V = 110 \text{ V}$  e a resistência  $R = 22 \Omega$ , qual a corrente elétrica?

$$V = R \cdot i$$

$$110 = 22 \cdot i$$

$$i = \frac{110}{22} = 0,2$$

Fonte: própria do autor

Após a aplicação da sequência já se pode notar uma melhora relevante na aplicação da fórmula da 1ª Lei de Ohm, pois o número de acertos passou de 6 para 19 e, em termos percentuais, temos mais de 63%. A seguir algumas respostas dadas pelos alunos:

Figura 44: resposta dada pelo aluno AI 12

2. Dado a voltagem (ddp)  $V = 110 \text{ V}$  e a resistência  $R = 22 \Omega$ , qual a corrente elétrica?

$$V = R \cdot i$$

$$i = \frac{V}{R} = \frac{110}{22} = 5 \text{ A}$$

Fonte: própria do autor

Figura 45: resposta dada pelo aluno AI 13

2. Dado a voltagem (ddp)  $V = 110 \text{ V}$  e a resistência  $R = 22 \Omega$ , qual a corrente elétrica?

$$110 = 22 \cdot i$$

$$i = \frac{110}{22}$$

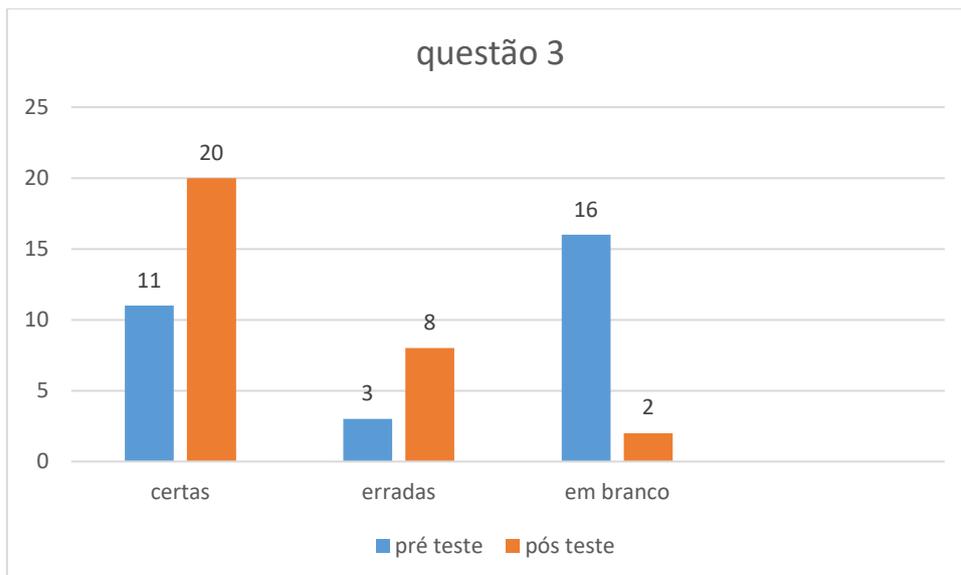
$$i = 5 \text{ A}$$

$$\frac{110}{22} = \frac{110}{2} \cdot \frac{1}{11} = 55 \cdot \frac{1}{11} = 5$$

Fonte: própria do autor

A próxima questão, tinha como objetivo fazer com que os alunos, a partir do seu cotidiano, conseguissem construir o conceito de potência elétrica e sua unidade de medida. Mas, como podemos perceber pelo gráfico 4, no pré-teste a maioria deixou em branco (16 alunos), 11 acertaram e 03 erraram.

Gráfico 4: 3ª questão: Você sabe o que é potência elétrica e como é medida? Dê exemplos.



Fonte: própria do autor

Porém, após a aplicação da sequência didática mesmo que a quantidade de alunos que erraram tenha aumentado de 3 para 8, verifica-se que a quantidade de respostas em branco diminuiu drasticamente. Com relação aos acertos tivemos um aumento de 11 para 20, isso evidencia que a maioria já consegue definir o conceito de potência elétrica, como veremos nas respostas dadas por eles.

Figura 46: resposta dada pelo aluno AI 30

3. Você sabe o que é potência elétrica e como é medida? Dê exemplos.  
 É uma grandeza do físico que mede a quantidade de trabalho realizado em det. período de tempo.

Fonte: própria do autor

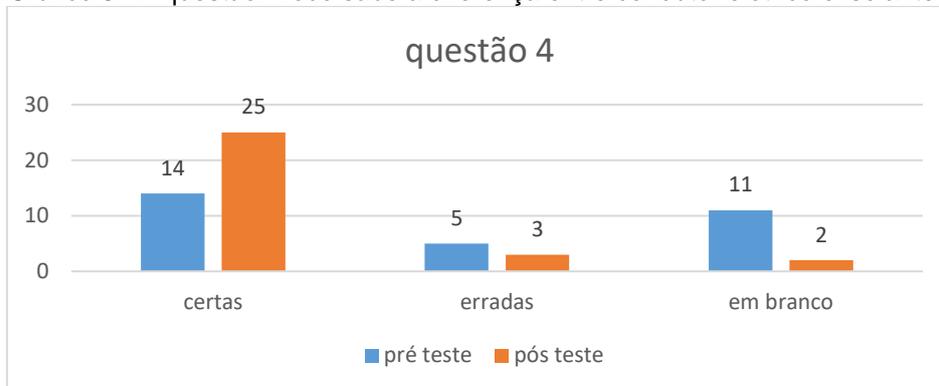
Figura 47: resposta dada pelo aluno AI 09

3. Você sabe o que é potência elétrica e como é medida? Dê exemplos.  
 É o trabalho realizado por um aparelho elétrico. Sua unidade é o Watts.  
 Ex: Trabalho de lâmpada que ilumina um ambiente.

Fonte: própria do autor

O objetivo da questão 4, era verificar se o aluno tinha o domínio para relacionar a capacidade que os materiais têm em conduzir eletricidade, classificando-os em condutor ou isolante, com exemplos.

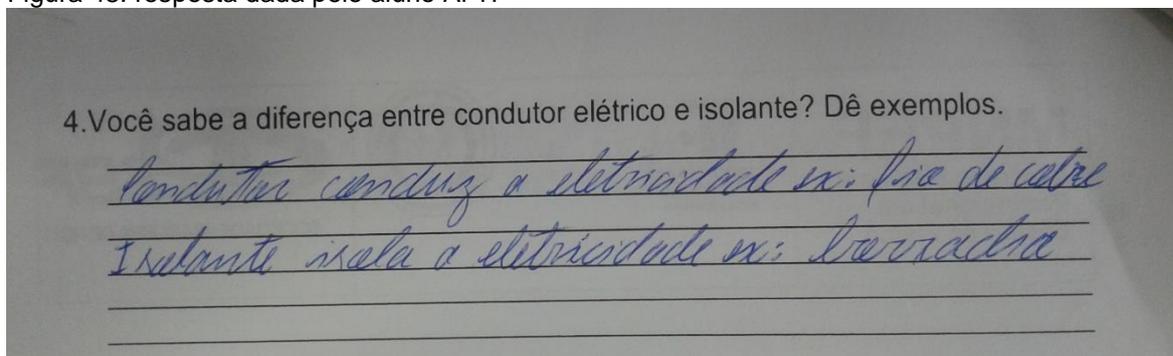
Gráfico 5: 4ª questão: Você sabe a diferença entre condutor elétrico e isolante? Dê exemplos.



Fonte: própria do autor

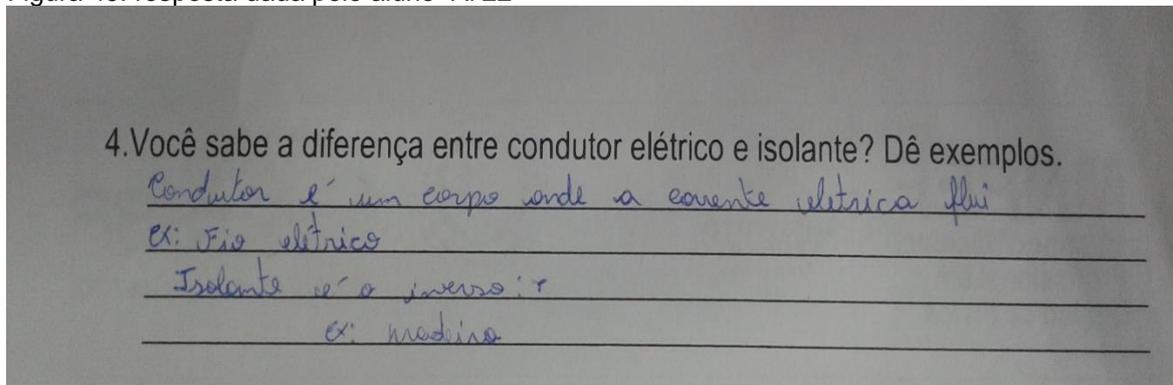
Ao observar o gráfico 05, verificamos que 16 alunos (somando as questões erradas e em branco), não conseguiram descrever de forma satisfatória a questão. Com relação às respostas dadas pelos alunos no pós teste, notamos que a grande maioria (83,3 %) já conseguia diferenciar material condutor e isolante. Dentre as repostas, seguem algumas:

Figura 48: resposta dada pelo aluno AI 17



Fonte: própria do autor

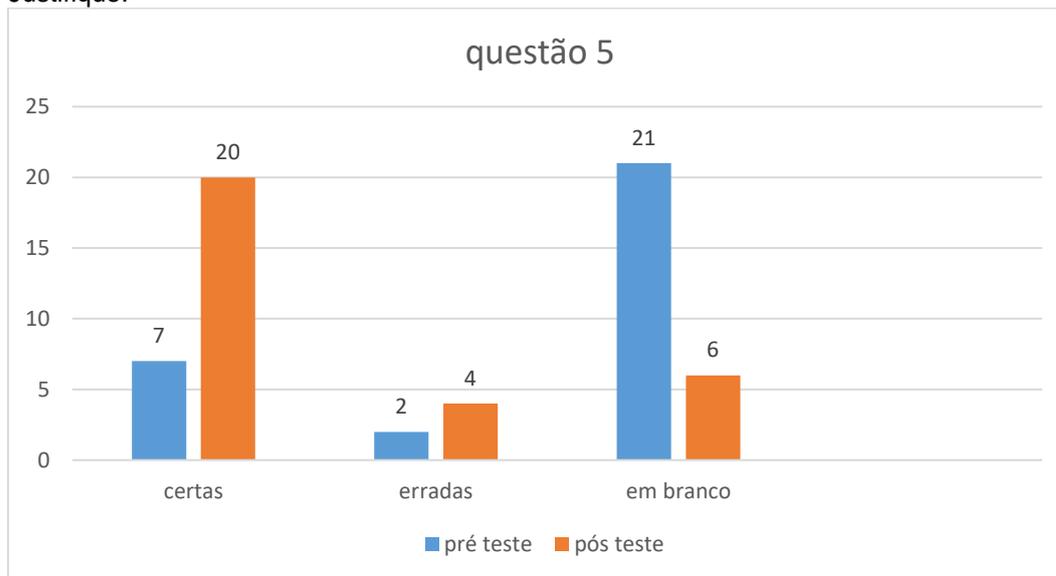
Figura 49: resposta dada pelo aluno AI 22



Fonte: própria do autor

Na questão 5, o objetivo era saber se o aluno conseguia identificar o tipo de ligação feita pela concessionária de energia em sua casa. Como podemos perceber, a maioria (em torno de 76,6 %) deixou a questão em branco ou errou, por não saber identificar.

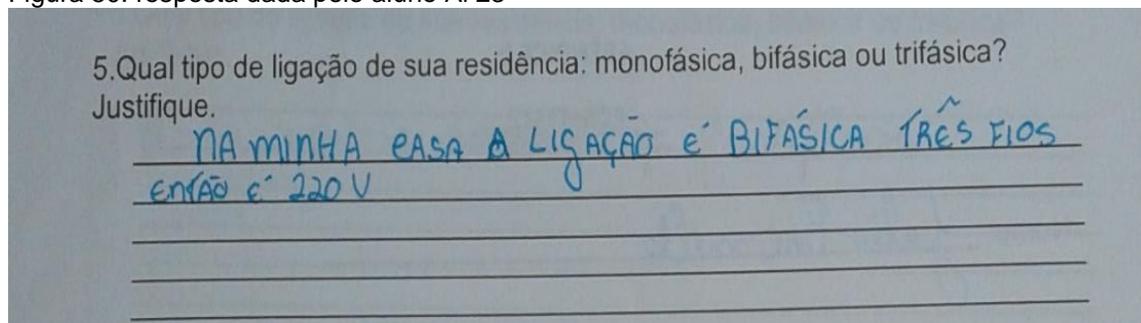
Gráfico 6: 5ª questão: Qual tipo de ligação de sua residência: monofásica, bifásica ou trifásica? Justifique.



Fonte: própria do autor

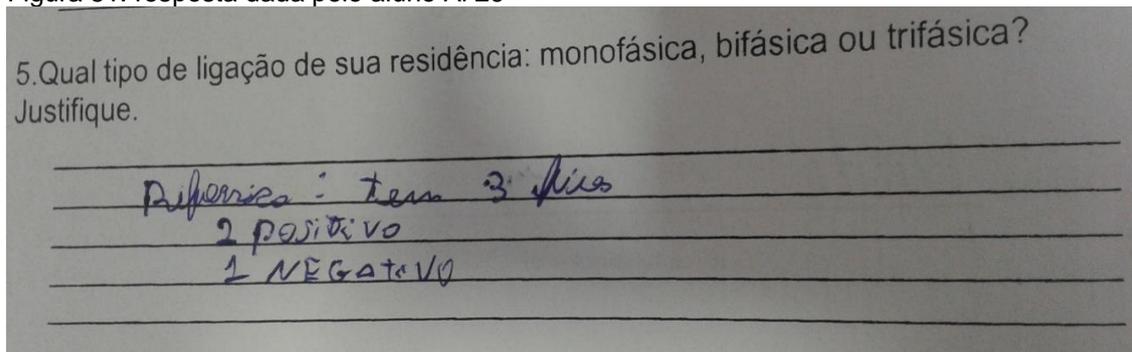
Ao analisarmos o gráfico 06 (questão 5), com os dados do pré e pós teste, podemos perceber que a porcentagem de questões erradas e em branco caiu de 76,6 % para 33,3%, enquanto a porcentagem de alunos que acertaram a questão passou de 23,3 % para 66,6%, significando um aumento considerável de acertos. A seguir, algumas das respostas certas:

Figura 50: resposta dada pelo aluno Al 23



Fonte: própria

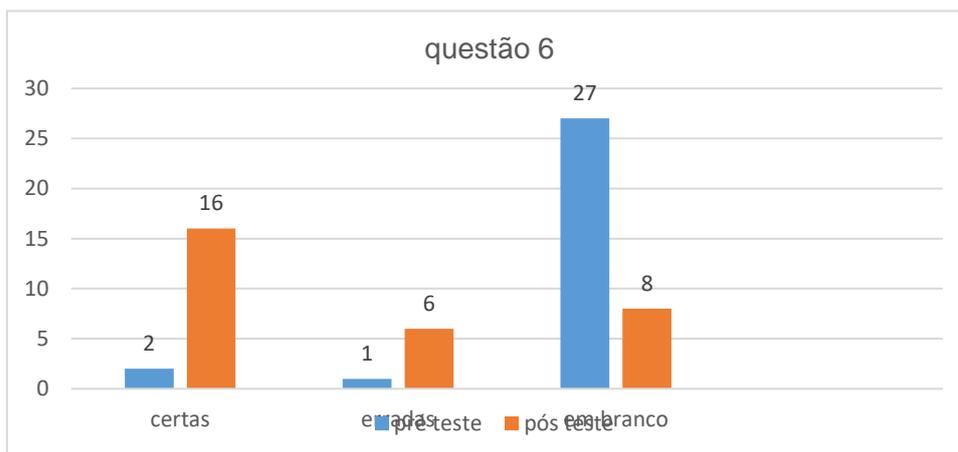
Figura 51: resposta dada pelo aluno AI 26



Fonte: própria

A questão 6 avalia se o aluno consegue perceber o impacto que cada aparelho elétrico provoca no consumo de energia elétrica em sua casa.

Gráfico 7: 6ª questão: O que consome mais energia elétrica: uma TV de led de 5.000 watts, para 220 V, ou um vídeo game de 10 Kw, para 110 V, ambos ligados 4 horas por dia, durante um mês (em Kwh)? Justifique.

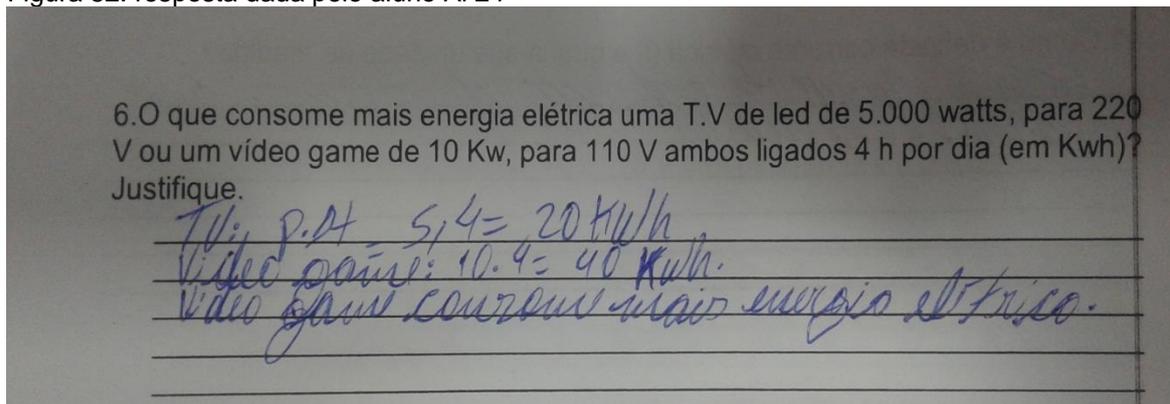


Fonte: própria do autor

Essa foi a questão entre todas, que apresentou o menor desempenho dos alunos no pré-teste. Como podemos ver no gráfico 7, 93,3 % erraram ou deixaram em branco a questão. Quando se analisa os dados do pós teste podemos perceber uma melhora no desempenho dos alunos pela quantidade de respostas corretas, que passou de 6,6 % para 53,3%, que não é o ideal, mas já aponta para um avanço.

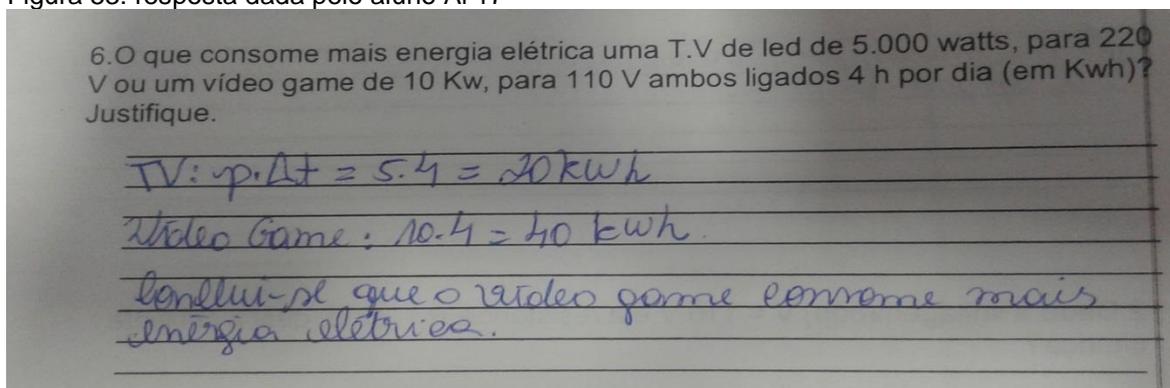
A seguir, algumas das respostas corretas (figuras 52 e 53), tabelas 7 e 8 com os dados dos grupos e numeração das questões desafiadoras, e os gráficos 8 e 9 com os dados dos resultados das questões desafiadoras.

Figura 52: resposta dada pelo aluno AI 24



Fonte: própria do autor

Figura 53: resposta dada pelo aluno AI 17



Fonte: própria do autor

Tabela 7: Composição dos grupos de alunos

Grupo	Alunos
01	AI 2, AI 7, AI 12
02	AI 4, AI 30, AI 21
03	AI 1, AI 29, AI 28
04	AI 11, AI 27, AI 3
05	AI 5, AI 25, AI 19
06	AI 24, AI 13, AI 22
07	AI 10, AI 17, AI 18
08	AI 14, AI 20, AI 8
09	AI 6, AI 15, AI 26
10	AI 9, AI 16, AI 23

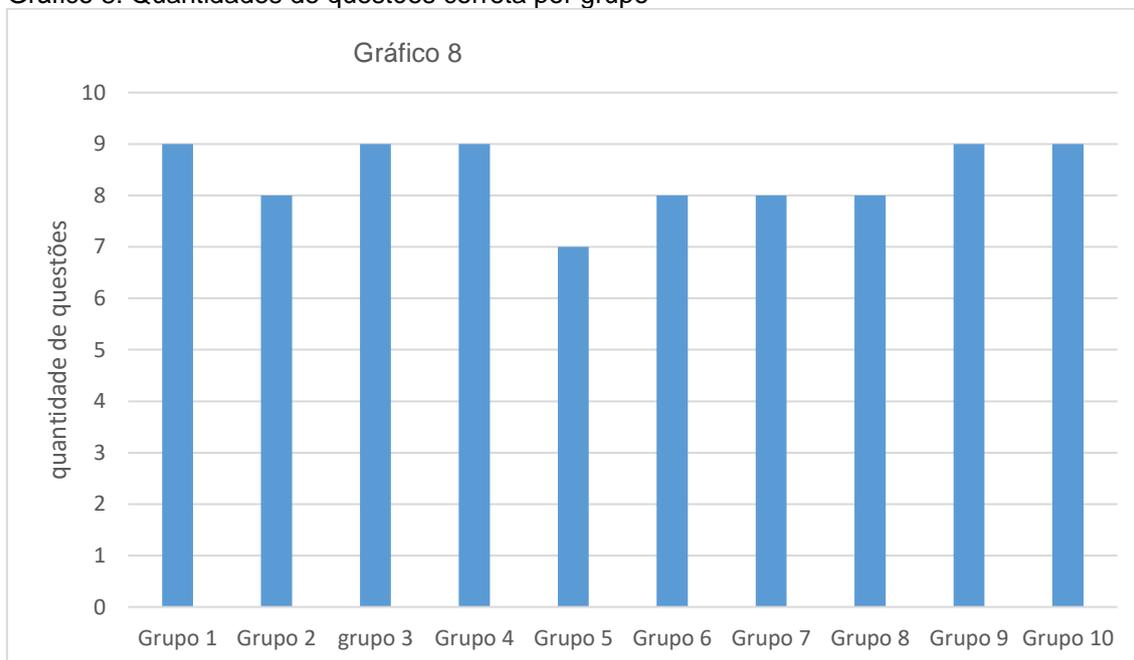
Fonte: própria do autor

Tabela 8: Numeração das questões desafiadoras

Número da questão desafiadora	Questão desafiadora
01	Por que passarinhos pousam em fios de alta tensão e não morrem eletrocutados?
02	Se o chuveiro elétrico é ligado na tomada, por que não tomamos choque quando estamos tomando banho?
03	Porque não tomamos choques ao manipularmos uma bateria ou pilha?
04	Como funcionam os seguintes aparelhos elétricos: chuveiro elétrico, forno elétrico e ferro de passar roupa?
05	Um material isolante pode ser tornar condutor?
06	Por que nos pisca piscas, quando uma das lâmpadas queima, todas as outras apagam?
07	Você tem alguma ideia de quais são os países que mais consomem energia elétrica no mundo inteiro?
08	O que acontece se ligarmos um aparelho elétrico de 127 V numa tomada de 220 V?
09	O que é mais econômico ligar um aparelho elétrico numa voltagem de 127 V ou 220 V?

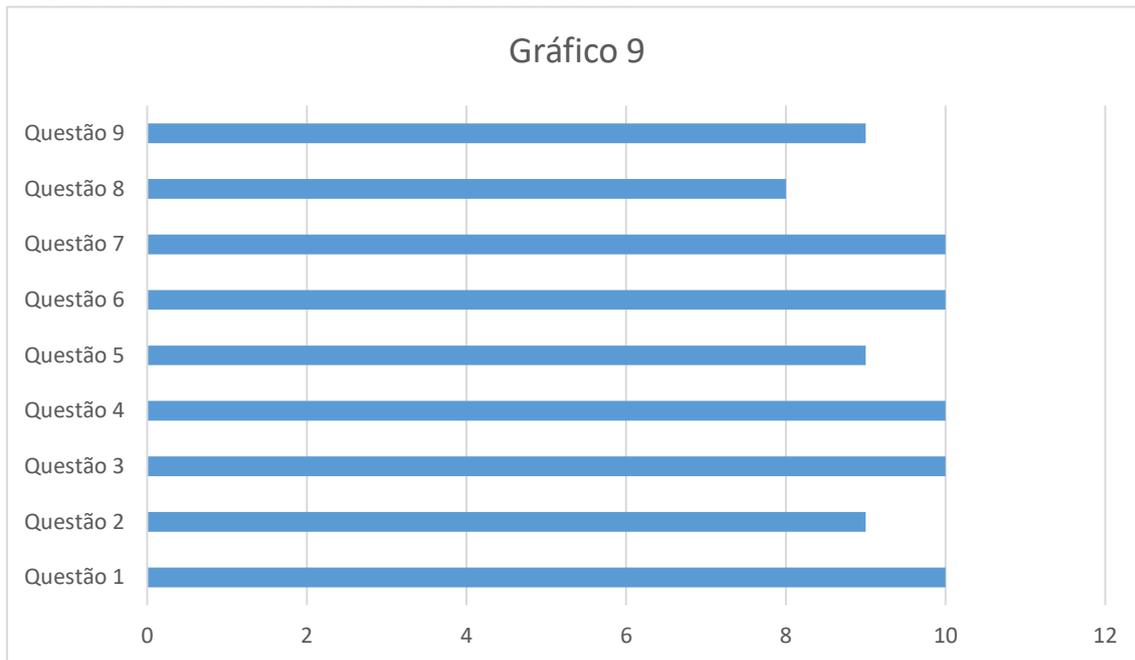
Fonte: própria do autor

Gráfico 8: Quantidades de questões correta por grupo



Fonte: Própria do autor

Gráfico 9: Questões com maiores índices de acertos



Fonte: Própria do autor

Pelos dados observados no gráfico 1 (pág. 85), podemos verificar que houve elevação de alunos aprovados, passando de 20% no pré-teste para 73,33% no pós teste e, com relação as respostas das questões desafiadoras podemos verificar pelo gráfico 8 (pág. 96), que 5 grupos acertaram todas as questões, 4 grupos acertaram 8 e apenas 1 acertou sete questões. Já no gráfico 9 (pág. 96), podemos verificar que a questão 8 foi a que apresentou menor índice de acerto. Portanto, podemos perceber que houve retenção de conhecimentos por parte dos alunos, ao compararmos os dados obtidos no pré e pós teste da sequência didática, evidenciando que a atividade proposta favoreceu para um melhor entendimento dos conceitos da Eletrodinâmica ao envolvermos a maquete de uma instalação elétrica residencial.

## CONCLUSÃO

O trabalho aqui desenvolvido oferece, do ponto de vista educativo, um exemplo concreto de como é possível integrar muitos dos conceitos, leis e propriedades da física que habitualmente são apresentados desarticuladas para abordar e ilustrar tópicos tão ricos e variados, presentes em nosso cotidiano, durante as aulas de Física.

A atividade experimental aqui desenvolvida com a temática instalação elétrica, teve como ponto principal, fazer com que o aluno, ao se defrontar com determinados fenômenos, conseguisse descrever e analisar os efeitos físicos envolvidos o mais próximo possível de sua realidade.

O uso de alguns aspectos da teoria sócio-histórica de Vygotsky não significa que apenas dessa maneira, poderemos ter um resultado favorável, mas pensando na realidade dos alunos da escola em questão, essa teoria apresentou uma boa ressonância. Por outro lado, para o mesmo tema, outras propostas e experimentos ficam em aberto, possibilitando outros caminhos a percorrer, com a finalidade de melhorar o processo ensino-aprendizagem.

Na análise dos dados no pré-teste, verificamos que os alunos não possuíam o conhecimento prévio sobre os conceitos físicos da Eletrodinâmica abordados em uma instalação elétrica. Mas, ao compararmos os dados obtidos no pós-teste e pré-teste foi possível observar que os alunos que participaram da aplicação do produto, apresentaram uma melhor compreensão dos conceitos. Desta forma, podemos aferir que o produto educacional e a atividade experimental aqui proposta podem contribuir para o ensino do conteúdo de Eletrodinâmica e para o ensino de Física, uma vez que sugere uma abordagem diferenciada do assunto para uso na sala de aula, apresentando elementos de circuitos, equipamentos e situações típicas e reais de instalações elétricas residenciais, momento em que o aluno tem a oportunidade de observar e manusear alguns equipamentos, colocando em prática estes conhecimentos.

Apesar das dificuldades para a conclusão desse trabalho terem sido inúmeras, acreditamos que pequenas mudanças de atitudes podem gerar bons resultados, e isso também nos faz acreditar que a missão foi cumprida.

Esta proposta está aberta para novas ideias, pois ainda não foram esgotadas as pesquisas nesse campo de estudo, podendo gerar novos estudos e experimentos, novas dissertações, trabalhos de conclusão de curso, artigos e relatos de experiência, entre outros. Assim, espera-se que a mesma seja de interesse dos professores de Física, ou até de outras disciplinas, considerando que pode ser grande a sua abrangência, incluindo a possibilidade de realizá-la interdisciplinarmente.

Por fim, esperamos que esse material possa servir aos colegas professores de Física do Ensino Médio, em especial para a abordagem dos conceitos de Eletrodinâmica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410/2004: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

BONJORNO, José Roberto. Eletromagnetismo, Física Moderna. 1ª ed. São Paulo, FTD, 2010.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Santa Catarina, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 144 p. 2002.

BRASIL. Guia de Livros Didáticos: PNLD 2011 - Matemática. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2012a.

DIOGO, R.C.; GOBARA, S.T. Sociedade, educação e ensino de física no Brasil: do Brasil Colônia ao fim da Era Vargas. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17., 2007, São Luis. Anais... São Luis: Sociedade Brasileira de Física, 2007.

DOLZ J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. 2004. Sequências didáticas para o oral e escrita: apresentação de um procedimento. In: Gêneros orais e escritos na escola. Trad. e (Org.). de Roxane Rojo e Gláís Sales Cordeiro. Campinas-SP: Mercado de Letras.

DRISCOLL, Marcy P. (1995). Psychology of learning and instruction, Boston. U.S.A. Allyn and Bacon.

FERNANDES JUNIOR, Alfredo Sotto Um curso de eletrodinâmica básica a distância / Alfredo Sotto Fernandes Junior. – 2006. vii, 107f. :il., color., tabs.,enc. Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2006.

GARTON, Alison F. (1992). Social interaction and the development of language and cognition. Hillsdale, U.S.A., Lawrence Erlbaum.

GASPAR, Alberto. Atividades experimentais no ensino da física: uma nova visão baseada na teoria de Vygotsky – São Paulo: Ed. Livraria da física, 2014.

GONÇALVES FILHO, Aurélio. Física: Interação e Tecnologia, volume 3. 1ª ed. São Paulo, Leya, 2013.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.11, n.2, p.219-238, 2006.

Griffiths, David J. *Eletrodinâmica*, São Paulo, editora Pearson Education 3ª Edição, 2011.

GUIMARÃES, Osvaldo. *Física*. 1ª ed. São Paulo. Editora Ática, 2013.

HALLIDAY, David, 1916-2010 *Fundamentos de física*, volume 3 : eletromagnetismo / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker ; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro.

LAJOLO, M Livro didático: um (quase) manual de usuário. Em aberto, Brasília, ano 16, n.69, p 3-9, jan/mar, 1996.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da, *Física Contexto & Aplicações*, 1ª ed. São Paulo, Scipione, 2013

MACHADO, A.R.; CRISTOVÃO, V.L.L. A construção de modelos didáticos de gêneros: aportes e questionamentos para o ensino de gêneros. *Revista Linguagem em Discurso*. v. 6, n. 3. set/dez., 2006.

MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011. p. 76.

MOREIRA, M. A. A teoria da mediação de Vygotsky. In: MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999. p 109 – 122.

MOREIRA, Marco Antônio; *Teorias de Aprendizagens*, EPU, São Paulo, 1995  
MOYSÉS, L. *Aplicações de Vygotsky à Educação Matemática*. São Paulo: Papirus, 1997.

PEDRISA, C.M. Características históricas do ensino de ciências. *Ciência & Ensino*, Campinas, n. 11, p. 9-12, 2001.

PINHEIRO, Rafaela do Nascimento e SANTOS, Elizabeth da Conceição. *Experimentação e aprendizagem significativa: estudo de caso PIBID – Biologia – UEA*. ANAIS. 2º Simpósio em Educação em Ciências na Amazônia. VII Seminário de Ensino de Ciências na Amazônia. 2012.

RAMALHO JUNIOR, Francisco, – *Os fundamentos da física*/Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares – 10 edição - São Paulo: Moderna, 2009.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. Coordenadora de Gestão da Educação Básica. Programa Ensino Integral. Diretrizes do Programa Ensino Integral do Estado de São Paulo. Escola de Tempo Integral, São Paulo: SEE, 2013.

SANT'ANNA, Blaidi. *Conexões com a Física*. 2ª ed. São Paulo, Editora Moderna, 2013.

SCHWAHN, M. C. A., OAIGEN, E. R., *Objetivos para o uso da experimentação no ensino de química: A visão de um grupo de licenciados*. In: *Atas do VI ENPEC – Encontro Nacional de pesquisa em Educação em Ciências*, 2009, Florianópolis.

SILVA, Marcelo da - *Eletrodinâmica no ensino médio: uma sequência didática apoiada nas tecnologias e na experimentação* / Marcelo Silva – 2016.

TIPLER, Paul Allen, 1993 – *Física para cientistas e engenheiros, volume 2: eletricidade e magnetismo, óptica*/Paul A. Tipler, Gene Mosca; tradução e revisão técnica Naira Maria Balzaretta. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

VIGOTSKY, L.S. *A formação social da mente*. São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1998.

VIGOTSKY, L.S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo, Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

YAMAMOTO, Kazuhito, *Física para o Ensino Médio 3*, 3ª ed. São Paulo, Saraiva, 2013.

ZABALA, Antoni: *A prática educativa*. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

### **Sites consultados**

<[http://www.dfi.ccet.ufms.br/prrosa/Pedagogia/Capitulo\\_5.pdf](http://www.dfi.ccet.ufms.br/prrosa/Pedagogia/Capitulo_5.pdf)> Acesso em: 09/05/2019.

<[https://www.ebiografia.com/lev\\_vygotsky](https://www.ebiografia.com/lev_vygotsky)> Acesso em: 13/05/2019.

<<https://psicoloucos.com.br/2018/03/03/biografia-de-vygotsky>> Acesso em: 20/05/2019.

<<https://youtu.be/3xC0hfOpWFMA>> Acesso em: 05/08/2019.

<<https://youtu.be/Zqn0OpAsVE4>> Acesso em: 12/08/2019.

<<https://youtu.be/qQCEnlulids>> Acesso em: 08/08/2019.

<<https://youtu.be/7T2v8BoI7D4>> Acesso em: 08/08/2019.

<<https://youtu.be/sgQdj3VUkew>> Acesso em: 15/08/2019.

<<https://youtu.be/6GxVDWYHC5E>> Acesso em: 19/08/2019.

<<https://youtu.be/c-Sys2236qE>> Acesso em: 19/08/2019.

## APÊNDICES



### Apêndice A PRÉ -TESTE

Nome: \_\_\_\_\_

1. Como é definida corrente elétrica ( $i$ ) e qual a sua unidade de medida?

---

---

---

---

---

---

2. Dado a voltagem (ddp)  $V = 110 \text{ V}$  e a resistência  $R = 22 \Omega$ , qual a corrente elétrica?

---

---

---

---

---

---

3. Você sabe o que é potência elétrica e como é medida? Dê exemplos.

---

---

---

---

---

---

4. Você sabe a diferença entre condutor elétrico e isolante? Dê exemplos.

---

---

---

---

---

---

---

5. Qual tipo de ligação de sua residência: monofásica, bifásica ou trifásica? Justifique.

---

---

---

---

---

---

6. O que consome mais energia elétrica uma T.V de led de 5.000 watts, para 220 V ou um vídeo game de 10 Kw, para 110 V ambos ligados 4 h por dia durante um mês (em Kwh)? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

---



## Apêndice B

### PÓS -TESTE

Nome: \_\_\_\_\_

1. Como é definida corrente elétrica ( $i$ ) e qual a sua unidade de medida?

---

---

---

---

---

---

2. Dado a voltagem (ddp)  $V = 110 \text{ V}$  e a resistência  $R = 22 \Omega$ , qual a corrente elétrica?

---

---

---

---

---

---

3. Você sabe o que é potência elétrica e como é medida? Dê exemplos.

---

---

---

---

---

---

4. Você sabe a diferença entre condutor elétrico e isolante? Dê exemplos.

---

---

---

---

---

---

5. Qual tipo de ligação de sua residência: monofásica, bifásica ou trifásica? Justifique.

---

---

---

---

---

---

6. O que consome mais energia elétrica uma T.V de led de 5.000 watts, para 220 V ou um vídeo game de 10 Kw, para 110 V ambos ligados 4 h por dia durante um mês (em Kwh)? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

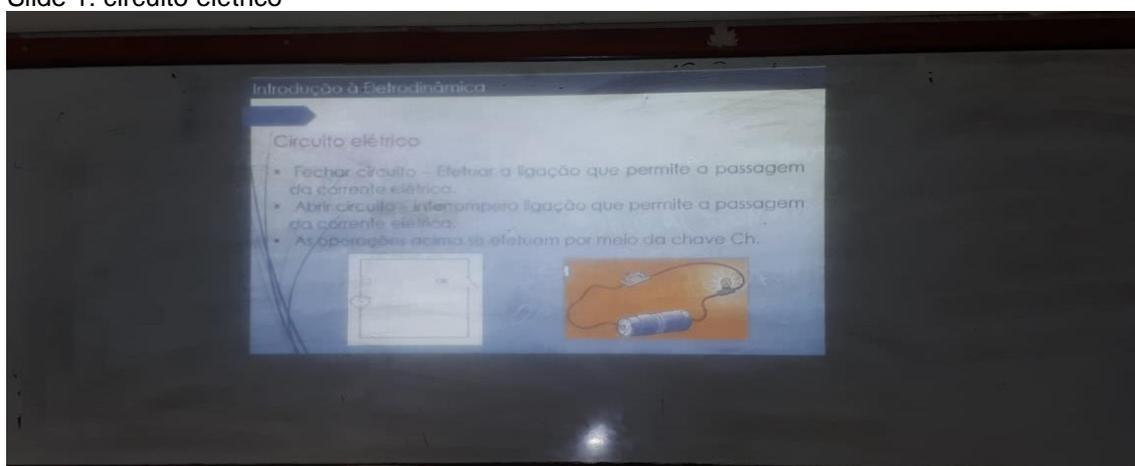
---



## Apêndice C

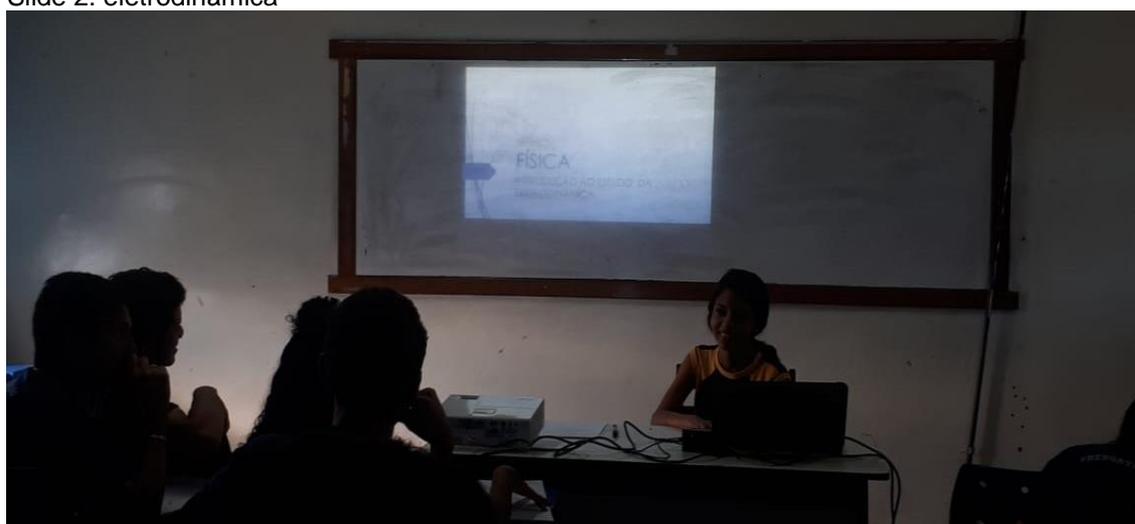
### Alguns slides utilizados em aulas com o datashow

Slide 1: circuito elétrico



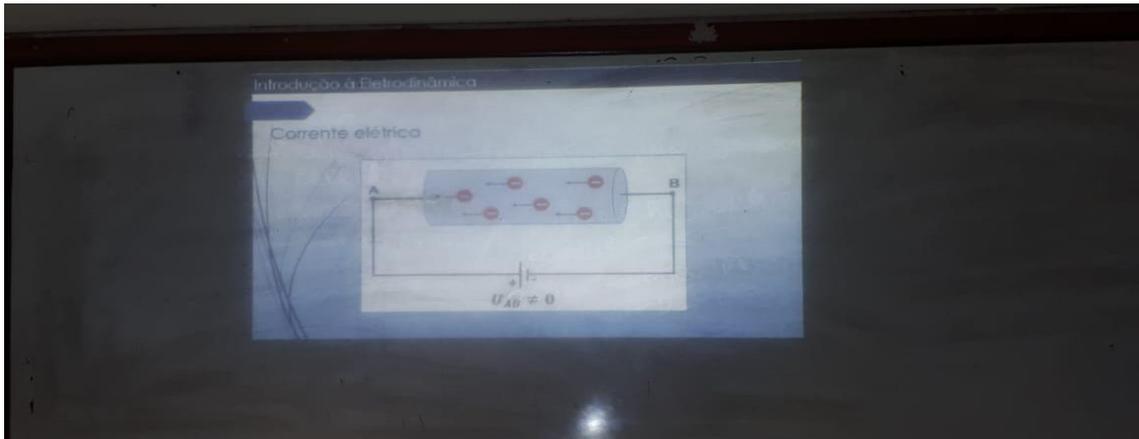
Fonte: Própria do autor

Slide 2: eletrodinâmica



Fonte: Própria do autor

## Slide 3: corrente elétrica



Fonte: Própria do autor

## Slide 4: cálculo do consumo de energia elétrica

## Como calcular o consumo de energia elétrica?

$$\text{Consumo KWh} = \frac{\text{Potência (W)} \times \text{Horas (h)}}{1000}$$

Equipamentos	Potência Média (W)	Tempo médio de Utilização	Consumo Mensal (kWh)
Chuveiro Elétrico	4.400	8 minutos banho 2 banhos dia	35,2
Ferro Elétrico	1.000	3 horas dia 1 vez semana	12
Geladeira (1 porta)	120	Uso contínuo	35
Televisor 20 polegadas	80	8 horas dia	14,4
Lâmpada Incandescente de 150 W	150	4 horas dia	18

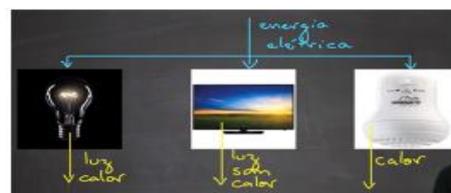
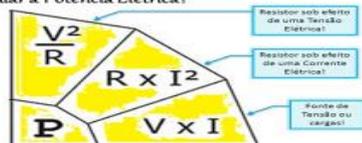
$$\text{Consumo (em R\$)} \text{ do ferro elétrico} = 12 \times \text{R\$ } 0,94 = \text{R\$ } 11,28$$

Fonte: <https://1.bp.blogspot.com> e <https://www.industriahoje.com.br>

## Slide 5: potência elétrica

A **potência elétrica** é uma grandeza física que mede a quantidade de **trabalho** realizado em determinado período de tempo. A unidade de potência no sistema internacional de medidas é o **watt (W)**, em homenagem ao matemático e engenheiro James Watts que aprimorou a máquina à vapor.

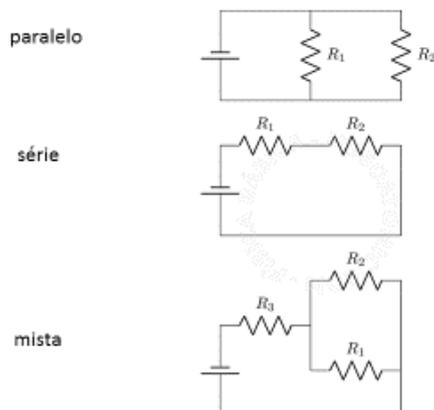
Como calcular a Potência Elétrica?



Fonte: <https://youtu.be/n6aNwMjSt6s>

Slide 6: tipo de associação de resistores

## Associação de resistores



Fonte: <https://www.mesoatomic.com>

Slide 7: características das associações de resistores

## características

**Para dois resistores.**

**SÉRIE:**  $i$  é constante;  $V_{TOTAL} = V_1 + V_2$ ;  $R_{eq} = R_1 + R_2$

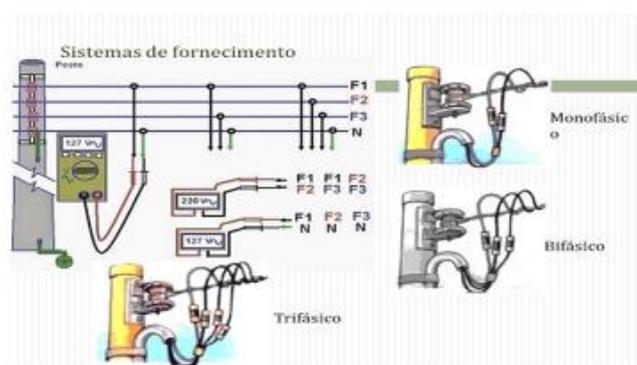
**PARALELO:**  $V$  é constante;  $i_{TOTAL} = i_1 + i_2$ ;  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

**MISTA:** utilizar as características da série e do paralelo

Fonte: própria do autor

Slide 8: tipo de fornecimento de energia elétrica

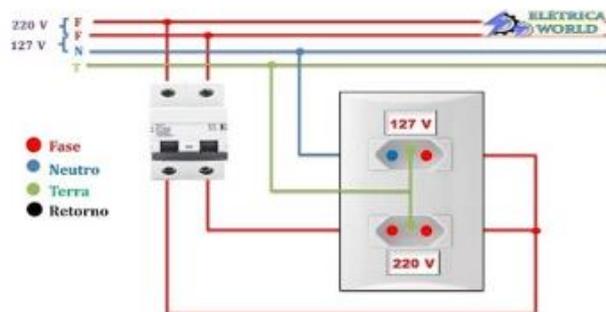
## Fornecimento de energia



Fonte: <http://www.universidadetrisol.com.br/fornecimento.png>

Slide 9: instalação de tomadas de 127 V e 220 V

## Como ligar tomadas 127 V ou 220 V



Fonte: <https://youtu.be/6aUuWYIINxY>



## Apêndice D

**Tabela com o conteúdo dos vídeos apresentados com os tempos de duração, data de acesso e endereço eletrônico.**

Título do vídeo	Tempo de duração	Endereço eletrônico/data do acesso
Corrente elétrica	3:44 min	<a href="https://youtu.be/3xC0hfOpWFM">https://youtu.be/3xC0hfOpWFM</a> 05/08/2019
Como calcular o consumo elétrico em R\$?	7:18 min	<a href="https://youtu.be/Zqn0OpAsVE4">https://youtu.be/Zqn0OpAsVE4</a> 12/08/2019
Lei de Ohm – fórmulas de resistência, corrente e tensão explicadas	3:44min	<a href="https://youtu.be/qQCEnlulids">https://youtu.be/qQCEnlulids</a> 08/08/2019
O que é potência elétrica	5:39 min	<a href="https://youtu.be/-gSEv4HimKE">https://youtu.be/-gSEv4HimKE</a> 12/08/2019
Segunda lei de Ohm	8:31 min	<a href="https://youtu.be/7T2v8Bol7D4">https://youtu.be/7T2v8Bol7D4</a> 08/08/2019
Como instalar tomadas do novo padrão	4:19 mim	<a href="https://youtu.be/sgQdj3VUkew">https://youtu.be/sgQdj3VUkew</a> 15/08/2019
Interruptor simples	7:05min	<a href="https://youtu.be/6GxVDWYHC5E">https://youtu.be/6GxVDWYHC5E</a> 19/08/2019
Como dimensionar disjuntor de maneira fácil	7:31 min	<a href="https://youtu.be/c-Sys2236qE">https://youtu.be/c-Sys2236qE</a> 19/08/2019



## Apêndice E – Produto Educacional

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA ELETRODINÂMICA PARA O 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

Mestrando: Glauber Siqueira Neves

Orientadora: Profa. Dra. Soraya Farias Aquino

Manaus- AM  
2019

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>112</b>
<b>FASE 1: FUNDAMENTOS DA ELETRODINÂMICA.....</b>	<b>114</b>
1.1 Um breve histórico sobre a Eletrodinâmica.....	114
1.2 Corrente elétrica.....	115
1.3 Resistência elétrica.....	115
1.4 Potência elétrica.....	117
1.5 Diferença de potencial.....	117
1.6 Associação em série.....	117
1.7 Associação em paralelo.....	118
1.8 Condutor e Isolante.....	119
1.9 Cálculo do consumo de energia elétrica.....	120
<b>FASE 2: A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>121</b>
2.1 Etapa 1: pré teste (uma aula) .....	121
2.2 Etapa 2(três aulas) .....	121
2.3 Etapa 3(quatro aulas).....	124
2.4 Etapa 4: pós teste(uma aula).....	127
<b>FASE 3: QUESTIONÁRIO PARA O PRÉ TESTE E PÓS TESTE.....</b>	<b>128</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>130</b>

## APRESENTAÇÃO

É com muita satisfação que apresento o produto educacional desta dissertação que é o resultado de um trabalho de conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, a Universidade Federal do Amazonas, o Instituto Federal de Educação do Amazonas e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, idealizado para contribuir com uma educação de qualidade.

Essa sequência didática se constitui em uma proposta para o ensino de alguns conceitos da Eletrodinâmica envolvidos em uma instalação elétrica residencial, especialmente voltada para o terceiro ano do Ensino Médio. A atividade prática aqui explicitada foi conduzida pelo docente assumindo de forma concreta sua função de mediador e com a participação ativa dos alunos, motivada e arquitetada a partir de um fato real - os incêndios causados por curto circuito devido instalações elétricas improvisadas e muito constantes no bairro do São Jorge, mesmo bairro da escola onde foi feita a aplicação do produto educacional .

Esse trabalho foi elaborado tomando por base a Teoria Sócio-Histórica de Vygotsky, onde o professor estabelece uma relação de interação com o aluno e se utiliza de meios para facilitar a aprendizagem. É nessa interação que se estabelece a conexão entre o aluno e o conhecimento disponível no ambiente. E, com a intenção de fortalecer os conceitos relacionados à Eletrodinâmica, ele foi concebido para ser realizado em nove aulas de 50 minutos cada.

Por fim, esperamos que esta sequência didática seja útil, e que possa potencializar as aulas de Física, em especial sobre os conceitos relacionados a Eletrodinâmica, a todos os profissionais da educação que desejem fazer uso deste produto em suas aulas.

A seguir, serão apresentadas as três etapas que compreendem: a fundamentos da eletrodinâmica, necessária para docente aprofundar o estudo dos fenômenos físicos que são abordados, a sequência didática e os questionários do pré-teste e pós- teste. Os conteúdos da Eletrodinâmica abordados na sequência didática são: corrente elétrica, as leis de Ohm, potência

elétrica, resistores e suas associações, além do cálculo de consumo de energia elétrica.

## **FASE 1**

### **FUNDAMENTOS DA ELETRODINÂMICA**

Esta fase servirá de apoio e aprofundamento ao professor para a abordagem e discussão dos conceitos físicos sobre a Eletrodinâmica, relacionados a uma instalação elétrica residencial, para que o mesmo possa entender e aplicar a sequência didática proposta nesse trabalho.

Ao iniciar os estudos sobre a Eletrodinâmica, o professor precisa ter em mente a necessidade de trabalhar alguns conceitos referentes ao tema, de forma que, a partir da compreensão desses conceitos, os alunos tenham a possibilidade de assimilação potencializada.

Iniciamos então, com um rápido histórico sobre o surgimento da Eletrodinâmica e, em seguida apontamos alguns conceitos, que em geral são utilizados nos livros didáticos com algumas adaptações.

#### **1.1 Um breve histórico sobre a Eletrodinâmica**

A parte da física que estuda o comportamento das cargas elétricas em movimento (elétrons livres) é denominado de Eletrodinâmica, sendo seu foco principal a corrente elétrica.

É sabido que a corrente elétrica tem um papel fundamental no mundo moderno e, devido a sua importância para a humanidade é impossível viver num mundo onde as fontes de energias elétricas parassem de operar e, em consequência não conseguissem produzir corrente elétrica. Essa dependência começou por volta da segunda metade do século XVII quando já existiam as máquinas eletrostática que realizavam descargas elétrica assim como os raios em uma tempestade e foi nessa época que surgiu um médico anatomista chamado Luigi Galvani (1737-1798) que dedicou-se ao estudo da relação entre a eletricidade e a biologia, em especial à ação da eletricidade sobre o sistema nervoso e muscular.

Um outro importante estudioso da época foi o físico Alessandro Volta (1745-1827) que construiu os primeiros protótipos de pilha, que na época era

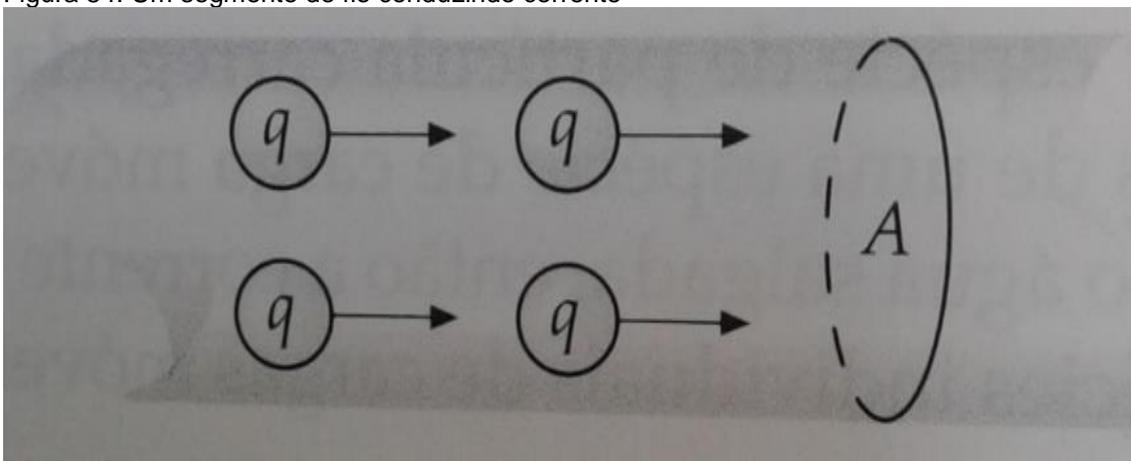
chamada de pilha de Volta e, foi a partir dele que um novo campo da ciência começou a se desenvolver - a Eletrodinâmica.

Para compreendermos melhor a respeito da Eletrodinâmica, é fundamental ter ideia de alguns conceitos importantes, como veremos a seguir.

**1.2 Corrente elétrica** – Para Ramalho (2007, p.100) ligando-se um condutor aos terminais de uma bateria, ele ficará submetido a uma d.d.p, que origina em seu interior um campo elétrico. Nesse campo, os elétrons ficam sujeitos à uma força elétrica de sentido oposto ao campo. Sob ação dessa força os elétrons adquirem um movimento ordenado e a esse movimento denomina-se corrente elétrica. A figura 54 mostra um segmento de um fio que está conduzindo uma corrente (cargas em movimento), denomina-se intensidade da corrente elétrica através da seção (A), a relação entre a quantidade de carga  $\Delta Q$  e o intervalo de tempo  $\Delta t$ .

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Figura 54: Um segmento de fio conduzindo corrente



Fonte: livro física para cientistas e engenheiros volume 2

A unidade de corrente no SI é o Ampère (A):

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$$

**1.3 Resistência elétrica** - Para Halliday (2016) “quando aplicamos a mesma diferença de potencial às extremidades de barras de mesmas dimensões feitas de cobre e de vidro, os resultados são muito diferentes. A característica do

material que determina a diferença é a resistência elétrica”. Para ele a resistência  $R$  medida entre dois pontos de um condutor quando aplicado uma diferença de potencial  $V$  entre esses pontos e medindo a corrente  $i$ . Essa resistência  $R$  é dada por:

$$R = \frac{V}{I} \text{ (definição de } R\text{)}$$

A unidade de resistência no SI, o volt por ampère, é chamado de Ohm ( $\Omega$ ):

$$1\Omega = 1 \text{ V/A}$$

Um condutor, cuja função em um circuito é introduzir uma resistência, é chamado de resistor (Halliday (2016)). Nos diagramas dos circuitos elétricos, um resistor é representado pelo símbolo . (David Halliday, Robert Resnick, 2016, p.333).

De acordo com Tipler (1933) para muitos materiais, cuja sua a resistência do material não depende da diferença de potencial aplicada e nem da corrente. Tais materiais, que incluem a maioria dos metais, são chamados de materiais ôhmicos, ou seja, obedecem lei de Ohm.

A relação  $V = RI$  é usualmente chamada de lei de Ohm, mesmo quando a resistência  $R$  varia com a corrente  $I$ . ” (Tipler, Paul Allen, 1933, p.150 e 151).

Para Ramalho (2009, p. 140 e 141) a resistência elétrica de um resistor depende do material que o constitui, de suas dimensões e de sua temperatura. Para simplificar a análise dessas dependências, conclui que a resistência elétrica  $R$  de um resistor em dada temperatura é: diretamente proporcional ao seu comprimento ( $L$ ), inversamente proporcional à sua área de seção transversal ( $A$ ) e dependente do material que o constitui. Essas conclusões podem ser traduzidas pela fórmula:

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

onde a constante de proporcionalidade  $\rho$  é chamada de resistividade do material condutor. A unidade de resistividade é o ohm-metro ( $\Omega.m$ ).

**1.4 Potência elétrica** - Para Halliday, (2016) a potência  $P$ , ou taxa de transferência de energia, de um componente que conduz uma corrente  $i$  e está submetido a uma diferença de potencial  $V$ , é dada por:

$P = iV$ , a unidade de potência elétrica é o volt-ampère (V·A), mas a unidade de potência elétrica também pode ser escrita na forma:

$$1 \text{ V}\cdot\text{A} = 1 \text{ J/C} \cdot 1 \text{ C/s} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$$

E se esse componente for um resistor, a potência também é dada por:

$$P = i^2R = V^2/R, \text{ em que } R \text{ é a resistência do resistor.}$$

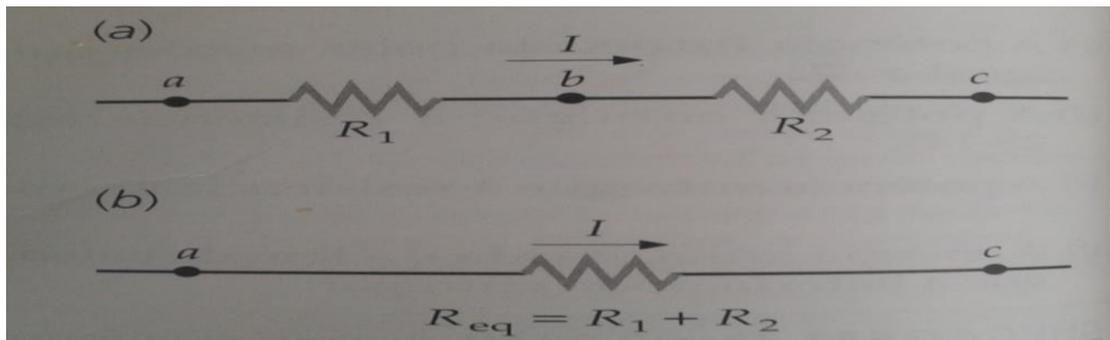
Nos resistores, a energia potencial elétrica é convertida em energia térmica por colisões entre os elétrons de condução e os átomos do resistor. (Halliday, 2016, p.346 e 347)

**1.5 Diferença de potencial** - Para Luz e Alvares (2014, p. 63) quando um campo elétrico realiza um trabalho  $T_{AB}$  sobre uma carga de prova positiva  $q$ , que se desloca de um ponto A para um ponto B, a diferença de potencial (ou voltagem)  $V_{AB}$  entre esses pontos é obtida dividindo-se o trabalho realizado pelo valor da carga que foi deslocada.

$$V_{AB} = \frac{T_{AB}}{q} \text{ (J/C ou V)}$$

**1.6 Associação em série** - Para Ramalho (2009, p. 152 e 153) quando dois ou mais resistores são ligados um em seguida do outro (figura 9a), de modo a serem percorridos pela mesma corrente elétrica, eles estão associados em série.

Figura 9: (a) dois resistores associados em série. (b) resistor equivalente da associação em série



Fonte: livro Tipler, Paul Allen, 1933

A resistência equivalente  $R_{eq}$  nessa associação é igual à soma das resistências dos resistores associados (figura 9.b). Então,  $R_{eq}$  é dada por:

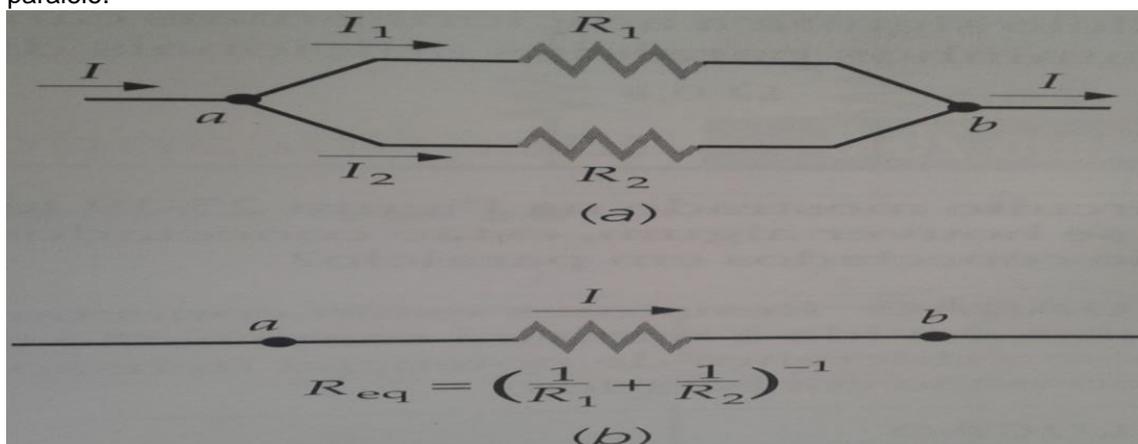
$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Quando há mais de dois resistores conectados em série, a resistência equivalente é

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

**1.7 Associação em paralelo** - Quando dois resistores são conectados pelos mesmos terminais, de modo à ficarem submetidos à mesma d.d.p, como da figura 10a, eles estão associados em paralelo (Ramalho 2009, p.160 e 161).

Figura 10: (a) dois resistores estão em paralelo. (b) resistor equivalente da associação em paralelo.



Fonte: livro Tipler, Paul Allen, 1933

Para Tipler (1933) como  $I$  é a corrente que chega no ponto  $a$ . E nesse mesmo ponto  $a$ , o circuito se separa em dois ramos e a corrente  $I$  se divide em

duas partes: corrente  $I_1$  no ramo superior contendo o resistor  $R_1$  e corrente  $I_2$  no ramo inferior, contendo  $R_2$ . A soma das correntes nos ramos  $I_1$  e  $I_2$  é igual à corrente  $I$  no fio que conduz ao ponto a:

$$I = I_1 + I_2$$

No ponto **b**, as correntes nos ramos se recombina e a corrente que sai do ponto **b** também é igual a  $I = I_1 + I_2$ . A queda de potencial  $V$  em cada resistor,  $V = V_a - V_b$ , está relacionada às correntes nos ramos por:

$$V = I_1 R_1 \text{ e } V = I_2 R_2$$

A resistência equivalente para os resistores em paralelo é  $R_{eq}$  para a qual a mesma corrente total  $I$  requer a mesma queda de potencial  $V$  (figura 10b).

$$V = I R_{eq}$$

Resolvendo as equações  $V = I_1 R_1$  e  $V = I_2 R_2$  e  $V = I R_{eq}$ , para  $I$ ,  $I_1$  e  $I_2$  e substituindo  $I = I_1 + I_2$ , temos:

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V(1/R_1 + 1/R_2)$$

Dividindo ambos os lados por  $V$ , obtemos

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

que pode ser resolvida para a resistência equivalente  $R_{eq}$  para dois resistores em paralelo. Este resultado pode ser generalizado para combinações em paralelo na qual três ou mais resistores estão conectados em paralelo":( Tipler, Paul Allen, 1933, p.158 e 159)

**1.8 Condutor e Isolante** - Para Ramalho (2009) os materiais que conservam as cargas nas regiões onde elas surgem são chamados de isolantes, como o vidro. Os materiais nos quais as cargas se espalham imediatamente são chamados condutores, é o caso dos metais. (Ramalho Júnior, Francisco, 2009, p. 19).

**1.9 Cálculo do Consumo de energia Elétrica** – Para medir a energia elétrica consumida por qualquer aparelho elétrico, basta conhecer a potência consumida

por esse aparelho (Gaspar, 2016). A energia elétrica consumida por um aparelho elétrico é expressa por:

$$E = P \cdot \Delta t$$

Essa expressão deu origem a uma unidade prática de eletricidade, o quilowatt-hora (kWh). Lembrando que  $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$  e  $1 \text{ hora} = 3.600 \text{ s}$ , a relação entre a unidade prática de energia e o Joule, unidade de energia do SI, é:

$$1 \text{ kW} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \text{ (Gaspar, Alberto, 2016, p. 92 e 93).}$$

Após essa breve introdução ao estudo da Eletrodinâmica, passamos para o momento de aplicação desses conceitos com os alunos.

## **FASE 2**

### **A SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Iniciamos a sequência didática proposta com a aplicação de um pré-teste composto por seis questões dissertativas, relacionadas com os conceitos de corrente elétrica, potência elétrica, resistência elétrica, diferença de potencial, consumo de energia elétrica, material condutor e isolante e tipos de instalação elétrica.

#### **2.1 Etapa 1 (uma aula)**

Com o pré-teste, temos o intuito de ter uma visão preliminar dos conhecimentos prévios dos alunos relacionados com os conceitos acima citados. Esta atividade tem a duração de 01 tempo (50 minutos), com entrega do pré-teste ao final da aula.

Antes de se iniciar o pré-teste deve-se orientar aos alunos que eles sejam o mais sincero possível com relação às suas respostas, evitem o uso de aparelhos eletrônicos e a comunicação com o colega, pois, com base nos dados obtidos nas respostas, o professor fará o planejamento das aulas posteriores, buscando uma abordagem mais eficaz para sua prática em sala de aula.

#### **2.2 Etapa 2 (três aulas)**

Na segunda etapa, após análise das respostas dos alunos no pré-teste, o professor revisará os conceitos fazendo uso de alguns recursos didáticos, como o Datashow e vídeo-aulas. Ao final de cada aula o professor deixará algumas questões desafiadoras para serem respondidas em grupo de três alunos com o intuito de instigar a curiosidade dos mesmos para, na aula seguinte retornar às questões desafiadoras a fim de respondê-las adequadamente.

#### **Aula 2: Corrente elétrica, efeitos da corrente elétrica e voltagem (ddp)**

**Objetivos:** Diferenciar o conceito de corrente elétrica e intensidade da corrente elétrica, relacionando-os com o fluxo de elétrons na unidade de tempo e sua unidade de medida; distinguir corrente contínua e alternada, sentido

convencional e sentido real; identificar os efeitos que a corrente elétrica provoca ao passar por certos condutores; explicar a diferença entre os valores das voltagens em um circuito elétrico.

É interessante que o professor nesta aula comente sobre os conceitos de: corrente elétrica e voltagem (ddp) tendo como foco a sua aplicação no cotidiano do aluno, e alertando que toda vez que mencionar sentido da corrente, por razões históricas, o termo mencionado será relacionado ao sentido convencional. Um outro fator no qual o professor não pode deixar de comentar aos alunos é que a grande utilização prática da eletricidade deve-se, certamente, à variedade de efeitos produzidos pela corrente elétrica.

Faltando uns 10 minutos para finalizar essa aula, o professor pedirá aos alunos que formem grupos de três alunos e que na próxima aula entreguem as questões desafiadoras passadas e a seguir exiba os vídeos.

Questões desafiadoras:

- 1) Por que passarinhos pousam em fios de alta tensão e não morrem eletrocutados?
- 2) Se o chuveiro elétrico é ligado na tomada, por que não tomamos choque quando estamos tomando banho?
- 3) Porque não tomamos choques ao manipularmos uma bateria ou pilha?

**Aula 3:** Condutor elétrico, isolante e as Leis de Ohm

**Objetivo:** conceituar as Leis de Ohm, compreendendo as grandezas utilizadas nas Leis de Ohm e identificando os materiais isolantes, materiais condutores, analisando suas características físicas.

Nessa aula o professor disponibilizará um tempo para responder e tirar dúvidas das questões desafiadoras, logo após a entrega das mesmas. Nessa aula também o professor deverá abordar a conversão de energia elétrica em energia térmica, enfatizando que a resistência elétrica é uma propriedade física e o resistor, é uma peça. Vale a pena o professor ressaltar que as Leis de Ohm são válidas para resistores operando em determinadas faixas de temperaturas e

de diferença de potencial aplicadas sobre eles e é interessante também que o professor estimule o aluno a entender a diferença entre materiais condutores e isolantes.

Quando estiver faltando uns 15 minutos para o término da aula o professor deverá passar as questões desafiadoras, que segue o mesmo padrão de entrega e os vídeos.

Questões Desafiadora:

- 1) Como funcionam os seguintes aparelhos elétricos: chuveiro elétrico, forno elétrico e ferro de passar roupa?
- 2) Um material isolante pode ser tornar condutor?

**Aula 4:** potência elétrica, associação de resistores, circuitos elétricos, e energia elétrica consumida.

**Objetivos:** Construir o conceito de potência elétrica e sua relação com o consumo de energia elétrica, descrevendo a associação em série e em paralelo de resistores, bem como as características desses circuitos; compreender o funcionamento de circuitos elétricos.

Do mesmo modo que nas aulas anteriores, foi dado um tempo para entrega das questões e um momento para sanar dúvidas das questões desafiadoras.

Nessa aula o professor apresentou as características dos três tipos de associação de resistores, levando o aluno a entender a relação entre corrente elétrica e voltagem e o cálculo do resistor equivalente ( $R_{eq}$ ), lembrando que, seja qual for o modelo de associação, é importante também o professor diferenciar circuito aberto de fechado, e, que para haver potência elétrica, é necessário haver voltagem (ddp) e corrente elétrica. Um outro fator relevante que o professor não deve deixar de mencionar são os fatores que contribuem para um maior consumo de energia elétrica nas residências e como é feito o cálculo pelas concessionárias de energia elétrica.

Quando estiver faltando aproximadamente uns 10 minutos para o fim dessa aula, o professor poderá passar as questões desafiadoras com o mesmo esquema de entrega e fazer a apresentação dos vídeos.

Questões Desafiadoras:

- 1) Por que nos pisca piscas, quando uma das lâmpadas queima, todas as outras apagam?
- 2) Você tem alguma ideia de quais são os países que mais consomem energia elétrica no mundo inteiro?

### **2.3 Etapa 3 (quatro aulas)**

Na terceira etapa dessa sequência didática, das quatro aulas, duas delas será utilizada para ministrar as aulas sobre instalação elétrica residencial de baixa voltagem, utilizando como recurso, além da explanação teórica, aulas no power point (apêndice C) e exibição de vídeos (apêndice D). As duas aulas seguinte serão para a construção da maquete de uma instalação elétrica residencial e ao final da etapa ficará para os alunos as questões desafiadoras e para o professor atividades no qual ele possa fazer uso da maquete.

**Aula 5 e 6:** Circuito de iluminação, circuito de tomadas, dispositivos de proteção equipamentos elétricos.

**Objetivos:** quantificar e determinar os tipos de ligação elétrica, localizando os pontos de iluminação e tomadas; dimensionar e definir os dispositivos de proteção, identificando o tipo de fornecimento de energia elétrica.

Antes de iniciar as aulas 5 e 6 germinadas, o professor poderá dá um pequeno intervalo de tempo para a entrega das questões desafiadoras e tirar dúvidas com relação as questões.

É importante que o professor nessas aulas explique como são formados os sistemas elétricos e os circuitos elétricos de uma instalação elétrica residencial, explique quais as funções de cada um dos componentes elétricos e ressalte a importância da utilização das normas de uma instalação elétrica pois,

garante a qualidade e a segurança das instalações elétricas evitando risco de incêndios.

Comente como é estabelecido o fornecimento de energia elétrica para as residências feita pelas concessionárias de energia elétrica, como é feito o cálculo do consumo energético e a maneira de como economizar energia elétrica.

Explique os tipos, funções, a normatização e como é feito as instalações elétricas das tomadas utilizadas em residências, bem como é feito o dimensionamento dos condutores e o significado das cores.

Também é importante que o professor esclareça que para se ter uma instalação elétrica segura e dentro das normas, é necessário a utilização de dispositivos de segurança para a proteção dos circuitos da residência, tanto contra choques elétricos quanto sobreaquecimento, curto-circuito ou surtos de corrente ou voltagem.

Lembrando que deve ser priorizada, quando houver a interação dos alunos sobre os conteúdos e no final dê um tempo para a exposição dos vídeos.

### **Aula 7 e 8: Construção e montagem dos circuitos de tomadas e iluminação da maquete de uma instalação elétrica residencial**

**Objetivo:** contextualizar e apresentar, utilizando a maquete de uma casa, conceitos da eletrodinâmica relacionados a uma instalação elétrica residencial.

Nessas duas aulas, a atividade prática, será o momento em que os alunos com a mediação do professor construirão e montarão a maquete com objetivo de tornar mais palpável os conceitos inerentes ao processo de uma instalação elétrica residencial.

A maquete é uma ferramenta didática facilitadora para que os alunos consigam entender o funcionamento dos circuitos de iluminação e tomadas de uma instalação elétrica residencial por meio da visualização da aplicação prática contextualizada dos conceitos, leis e propriedades da eletrodinâmica. Além disso, permite ao professor juntamente com os alunos poderem realizar medidas elétricas na maquete utilizando aparelhos de medida e compara-los se os

cálculos coincidem com os dos conteúdos já estudados anteriormente. Assim, esta maquete será útil para que o professor explore junto aos alunos não apenas como calcular os valores da corrente elétrica, voltagem, resistência elétrica e potência elétrica, mas, também a levar os alunos ao questionamento para explicar os resultados de possíveis assimetrias entre os valores calculados experimentalmente com os dados do fabricante dos materiais elétricos.

Ao final da terceira etapa da sequência didática, além das questões desafiadoras, sugerimos ao professor como complemento algumas questões que podem ser trabalhadas com os alunos utilizando a maquete.

Questões Desafiadoras:

- 1) O que acontece se ligarmos um aparelho elétrico de 127 V numa tomada de 220 V?
- 2) O que é mais econômico ligar um aparelho elétrico numa voltagem de 127 V ou 220 V?

1. O professor pode pedir aos alunos que formem grupos e meçam os cômodos da casa de um dos membros e seguindo o mesmo raciocínio da montagem da maquete, completem a tabela 5.

Tabela 5: dados dos cômodos da casa

<b>CÔMODO</b>	<b>ÁREA(M<sup>2</sup>)</b>	<b>PERÍMETRO(M)</b>	<b>IILUMINAÇÃO(W)</b>	<b>TUE</b>	<b>TUG</b>
Sala					
Cozinha					
Banheiro					
Quarto 1					
Quarto 2					

Fonte: própria do autor

2. Uma outra questão muito interessante que o professor pode realizar, é solicitar que os alunos tragam de casa alguns aparelhos elétricos e liguem em alguma tomada do cômodo da maquete e variando o tipo de aparelho, solicite para eles mensurarem a intensidade da corrente elétrica desses aparelhos e utilizando um multímetro faça a comparação entre os valores obtidos com os marcados no aparelho de medição.

3. uma atividade igualmente interessante é pedir para os alunos completarem a tabela abaixo com os aparelhos existente na sua casa e estime o consumo de energia elétrica e comparem se o valor pago em reais no final do mês se aproxima com o da tabela. Usar como referência o valor do KWh da figura 29.

Tabela 6: elementos elétricos da casa

Equipamento	Potência(W)	Tempo de funcionamento	Horas de uso/dia	Horas de uso/mês	Consumo KWH/mês	Valor (R\$)
Geladeira						
TV						
Lâmpada						
Condicionador de ar						
Ferro de passar						
Máquina de lavar roupa						

Fonte: própria do autor

## 2.4 Etapa 4: pós teste (uma aula)

### aula 9

Antes de iniciar a última etapa da sequência didática, o professor deverá disponibilizar um tempo para a entrega das questões desafiadoras da etapa 3, como também para tirar dúvidas com relação as mesmas.

A sequência didática termina com a aplicação do pós-teste, que é idêntico ao pré-teste. No entanto, agora os alunos já tinham um embasamento e podiam responder com uma maior confiança e da mesma forma que o pré-teste deveria ser respondido individualmente, não sendo permitido aos alunos nenhuma pesquisa, uso de celular ou comunicação com o colega. É interessante que o professor permita por um breve intervalo de tempo, que os alunos antes do início do pós teste possa fazer qualquer tipo de leitura e organize seu material. Esse tipo de atividade permite verificar as principais dificuldades conceituais que persistem, além de visar o aperfeiçoamento e retirar conclusões sobre este método de ensino.

**FASE 3****QUESTIONÁRIO PARA O PRÉ TESTE E PÓS TESTE**

1. Como é definida corrente elétrica ( $i$ ) e qual a sua unidade de medida?

---

---

---

---

---

---

2. Dado a voltagem (ddp)  $V = 110 \text{ V}$  e a resistência  $R = 22 \text{ W}$ , qual a corrente elétrica?

---

---

---

---

---

---

3. Você sabe o que é potência elétrica e como é medida? Dê exemplos.

---

---

---

---

---

---

4. Você sabe a diferença entre condutor elétrico e isolante? Dê exemplos.

---

---

---

---

---

---

5. Qual tipo de ligação de sua residência: monofásica, bifásica ou trifásica? Justifique.

---

---

---

---

---

6.O que consome mais energia elétrica uma T.V de led de 5.000 watts, para 220 V ou um vídeo game de 10 Kw, para 110 V ambos ligados 4 h por dia durante um mês (em Kwh)? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410/2004: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

GASPAR, Alberto – Compreendendo a física/Alberto Gaspar. – 3. Ed – São Paulo, Ática, 2016.

HALLIDAY, David, 1916-2010 Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da - Física contexto e aplicações: ensino médio/Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Álvares – 1. Ed – São Paulo: Scipione, 2013.

RAMALHO JUNIOR, Francisco – Os fundamentos da física/Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares – 10. Edição - São Paulo: Moderna, 2009.

TIPLER, Paul Allen, 1993 – Física para cientistas e engenheiros, volume 2: eletricidade e magnetismo, óptica/Paul A. Tipler, Gene Mosca; tradução e revisão técnica Naira Maria Balzaretti. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

### Sites consultados

<<https://youtu.be/3xC0hfOpWFM>> Acesso em 05/08/2019

<<https://youtu.be/Zqn0OpAsVE4>> Acesso em 05/08/2019

<<https://youtu.be/qQCEnlulids>> Acesso em 08/08/2019

<<https://youtu.be/-gSEv4HimKE>> Acesso em 05/08/2019

<<https://youtu.be/7T2v8BoI7D4>> Acesso em 06/08/2019

<<https://youtu.be/sgQdj3VUkew>> Acesso 15/08/2019

<<https://youtu.be/6GxVDWYHC5E>> Acesso em 19/08/2019

<<https://youtu.be/c-Sys2236qE>> Acesso em 19/08/2019