

 MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	 UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO UFERSA	 SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
--	--	--

JOSÉ AÉCIO VIEIRA DAMACENO

**CIRCUITOS ELÉTRICOS: UMA PROPOSTA DE ENSINO CONCEBIDA COM
BASE NA TEORIA DA FORMAÇÃO POR ETAPAS DAS AÇÕES MENTAIS E DOS
CONCEITOS DE GALPERIN**

MOSSORÓ-RN

2020

JOSÉ AÉCIO VIEIRA DAMACENO

**CIRCUITOS ELÉTRICOS: UMA PROPOSTA DE ENSINO CONCEBIDA COM
BASE NA TEORIA DA FORMAÇÃO POR ETAPAS DAS AÇÕES MENTAIS E DOS
CONCEITOS DE GALPERÍN**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo 09, do Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.
Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antônio López Ruiz

MOSSORÓ-RN

2020

D155c DAMACENO, JOSÉ AÉCIO VIEIRA.
CIRCUITOS ELÉTRICOS: UMA PROPOSTA DE ENSINO
CONCEBIDA COM BASE NA TEORIA DA FORMAÇÃO POR
ETAPAS DAS AÇÕES MENTAIS E DOS CONCEITOS DE
GALPERIN / JOSÉ AÉCIO VIEIRA DAMACENO. - 2020.
15 f. : il.

Orientador: Carlos Antônio López Ruiz.
Coorientador: Erlania Lima de Oliveira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Física, 2020.

1. Ensino de Física. Teoria de Galperin.
Circuitos elétricos.. I. Ruiz, Carlos Antônio López
, orient. II. Oliveira, Erlania Lima de , co-
orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ AÉCIO VIEIRA DAMACENO

**CIRCUITOS ELÉTRICOS: UMA PROPOSTA DE ENSINO CONCEBIDA COM
BASE NA TEORIA DA FORMAÇÃO POR ETAPAS DAS AÇÕES MENTAIS E DOS
CONCEITOS DE GALPERIN**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo 09, do Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.
Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

Aprovada em: 20/05/2020.

BANCA EXAMINADORA



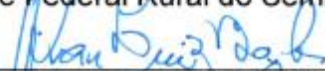
Prof. Dr. Carlos Antônio López Ruiz (Orientador)
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN



Prof. Dr. Marcelo Nunes Coelho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte -
IFRN/MO



Prof. Dr. Taciano Amaral Sorrentino
Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)



Prof. Dr. Gilvan Luiz Borba
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Dedico esse trabalho ao Mestre dos mestres, Deus, por ter mantido minha saúde e capacidade de discernimento durante todas as etapas do Curso de Mestrado. A ele, minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o Criador e Senhor do Universo, a quem peço sabedoria, em todos os momentos, no exercício de minha profissão, sempre pautada nos preceitos éticos e morais, que tanto dignificam a pessoa humana.

A minha família, pelo apoio durante todo esse trabalho de pesquisa.

À Universidade Federal do Semiárido (UFERSA), que busca formar mestres altamente qualificados para desenvolver pesquisas de interesse científico, tecnológico e social.

Ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) por oportunizar pesquisas para a melhoria da educação no nosso país.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro através das bolsas de estudos concedidas aos mestrandos.

Aos professores do Curso de Mestrado, que sempre estão renovando e desenvolvendo recursos didáticos, através dos meios tecnológicos, a favor de uma educação motivadora.

Ao meu orientador, Professor Dr. Carlos Antônio López Ruiz, pela dedicação durante as orientações, de forma competente e cuidadosa, o que possibilitou o desenvolvimento da minha dissertação.

Aos colegas de turma, em especial, Francisca Daniele Costa de Lima Bezerra, Raimundo Helison Giló Nunes, Marcelo de Amorim Oliveira, Marília de Queiroz Sena, que participaram comigo de momentos difíceis e prazerosos, de trocas intensas, ponderações e aprendizados valiosos.

RESUMO

Os circuitos elétricos fazem parte do conteúdo de Física no ensino médio, no entanto, como mostrou a revisão sistemática realizada nas principais revistas de Ensino de Física do Brasil, no banco de dissertações de Mestrado Profissional em Ensino de Física das universidades consolidadas nesta área têm demonstrado que há carência em estudos que contemplem conteúdos de instalações elétricas residenciais diretamente relacionados a circuitos elétricos. Nesse trabalho, realizado no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no polo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), da cidade de Mossoró, situada no Rio Grande do Norte, apresenta-se uma sequência didática, abordando os seguintes conteúdos: corrente elétrica; Leis de Ohm; Associação de resistores; Potência elétrica em circuitos; medidas de grandezas elétricas como: tensão elétrica (diferença de potencial) e intensidade de corrente. Foram adotados como referencial teórico textos de Galperin (2009); Vygotsky (1998); Vygotsky; Luria; Leontiev (2018); Nuñez; Pacheco (1998); Nuñez; Ramalho (2018); e orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM (Brasil, 2002). Sua implementação ocorreu no laboratório de Física do Colégio Estadual Liceu de Caucaia, em Caucaia, no Ceará, com duas turmas do terceiro ano noturno, através da realização de cinco encontros, com duas aulas cada, perfazendo um total de dez aulas. A sequência didática foi projetada através de aulas motivadoras, dinâmicas, participativas e interativas, mediadas pela intervenção do professor, com o objetivo de propiciar aos alunos uma aprendizagem significativa, valorizando, sobretudo, os seus conhecimentos prévios. Os resultados das atividades desenvolvidas indicam para o cumprimento dos objetivos e estratégias elaboradas para a sequência didática, comparando os resultados dos pré-testes e pós-testes realizados pelos alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física. Teoria de Galperin. Circuitos elétricos.

ELECTRICAL CIRCUITS: A TEACHING PROPOSAL BASED ON THEORY OF TRAINING BY STAGES OF MENTAL ACTIONS AND GALPERIN CONCEPTS

ABSTRACT

The electrical circuits are part of the content of Physics in high school, however, as shown by the systematic review carried out in the main magazines of Physics Education in Brazil, in the bank of Professional Master's theses in Physics Teaching of the consolidated universities in this area have demonstrated that there is a lack of studies that contemplate contents of residential electrical installations directly related to electrical circuits. This work, carried out within the scope of the National Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF), at the center of the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), in the city of Mossoró, located in Rio Grande do Norte, presents a didactic sequence, addressing the following contents: electric current; Ohm's laws; Resistors association; Electrical power in circuits, measurements of electrical quantities such as: electrical voltage (potential difference) and current intensity. Galperin's (2009) texts were adopted as a theoretical framework; Vygotsky (1998); Vygotsky; Luria; Leontiev (2018); Nuñez; Pacheco (1998); Nuñez; Ramalho (2018); and guidelines of the National Curriculum Parameters for Secondary Education - PCNEM (Brasil, 2002). Its implementation took place in the Physics laboratory of the Colégio Estadual Liceu de Caucaia, in Caucaia, Ceará, with two classes of the third night year, through the realization of five meetings, with two classes each, making a total of ten classes. The didactic sequence was designed through motivating, dynamic, participatory and interactive classes, mediated by the teacher's intervention, in order to provide students with meaningful learning, valuing, above all, their previous knowledge. Understanding the scientific concepts of physical quantities, such as electric current, power, resistance, energy, among others, is of paramount importance for students, whether in the professional field, or in their daily practices. It was observed in the results of the activities developed that the objectives and strategies developed for the didactic sequence were successful, comparing the results of the pre-tests and post-tests performed by the students.

Keywords: Physics teaching. Galperín's theory. Electric circuits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de uma fonte de força eletromotriz.....	16
Figura 2 – Movimento de cargas através da secção transversal de um condutor.....	17
Figura 3 – Corrente contínua constante.....	18
Figura 4 – Onda pulsante retificada.....	18
Figura 5 – Onda quadrada.....	19
Figura 6 – Corrente alternada.....	19
Figura 7 – Vetor densidade de corrente elétrica.....	21
Figura 8 – Elemento de circuito.....	23
Figura 9 – Condutor ligado a uma fonte de tensão U	24
Figura 10 – Lei de Ohm em forma diferencial.....	25
Figura 11 – Simbologia de resistor elétrico.....	26
Figura 12 – Curva característica de um resistor ôhmico.....	26
Figura 13 – Associação em série de resistores.....	27
Figura 14 – Associação em paralelo de resistores.....	28
Figura 15 – Circuito elétrico com dois nós.....	30
Figura 16 – Circuito elétrico com uma malha.....	31
Figura 17 – Painel do multímetro analógico.....	32
Figura 18 – Erro de paralaxe.....	32
Figura 19 – Multímetro digital.....	33
Figura 20 – Galvanômetro de d'Arsonval.....	34
Figura 21 – Símbolo de um Galvanômetro.....	34
Figura 22 – Esquema do amperímetro.....	35
Figura 23 – Amperímetro em série com o resistor.....	36
Figura 24 – Esquema do voltímetro.....	36
Figura 25 – Voltímetro em paralelo com o resistor.....	37
Figura 26 – Esquema interno simplificado de um ohmímetro.....	38
Figura 27 – Exemplos de formas de conexão proposta pelos alunos do ensino médio para conseguir acender uma lâmpada com uma pilha.....	42
Figura 28 – Registro do momento da exposição do Encontro 1.....	57
Figura 29 – Registro do momento de medições com a equipe 1.....	59
Figura 30 – Resposta à questão sobre diferença de potencial nas lâmpadas.....	60

Figura 31 – Circuito com uma lâmpada incandescente de 6V/3W base E10.....	60
Figura 32 – Circuito com duas lâmpadas incandescente em série, de 6V/3W base E10.....	61
Figura 33– Circuito misto resistivo	61
Figura 34 – Resposta à questão sobre associação de resistores.....	62
Figura 35a – Pannel de instalações elétricas.....	63
Figura 35b – Detalhes do painel de instalações elétricas.....	64
Figura 35c – Detalhes do painel de instalações elétricas.....	64
Figura 36 – Circuito 1: iluminação com três lâmpadas em paralelo.....	65
Figura 37 – Circuito 2: com uma tomada de uso geral	65
Figura 38 – Circuito 3: com uma tomada de uso geral	66
Figura 39 – Circuito 4: com uma tomada de uso geral.....	66
Figura 40 – Prática realizada pelo professor como exemplo.....	68
Figura 41 – Prática dos alunos.....	69
Figura 42 – Resposta da questão 3.....	70
Figura 43 – Resposta da questão 7.....	71
Figura 44 – Prática realizada pelos alunos.....	71
Figura 45 – Reposta da questão 9.....	72
Figura 46 – Reposta da questão 10.....	72
Figura 47 – Apresentação realizada pelos alunos.....	74
Figura 48 – Apresentação realizada pelos alunos.....	76
Figura 49 – Avaliação final.....	76
Figura 50 – Análise estatística da avaliação diagnóstica por aluno.....	77
Figura 51 – Análise estatística da avaliação final por aluno.....	78

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise estatística da avaliação diagnóstica por questão.....	77
Gráfico 2 – Análise estatística da avaliação final por questão.....	79
Gráfico 3 – Análise sintética por questão.....	79
Gráfico 4 – Análise sintética por questão.....	81
Gráfico 5 – Análise sintética por questão.....	82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 CORRENTE ELÉTRICA	15
2.1 Conceito de corrente elétrica.....	15
2.2 Condições para o estabelecimento da corrente elétrica.....	15
2.2.1 Portadores de cargas elétricas.....	15
2.2.2 Campo elétrico no interior do condutor. Força eletromotriz	15
2.3 Característica da corrente elétrica.....	17
2.3.1 Intensidade da corrente.....	17
2.3.2 Densidade da corrente.....	19
2.3.3 Resistência elétrica.....	21
2.3.4 Potência da corrente.....	22
2.4 Circuitos elétricos de corrente contínua.....	23
2.4.1 As leis de Ohm.....	23
2.4.2 Associação de resistores.....	26
2.4.2.1 Associação de resistores em série.....	27
2.4.2.2 Associação de resistores em paralelo.....	28
2.4.3 As leis de Kirchhoff.....	29
2.4.4 A potência em circuitos de corrente contínua.....	31
2.4.5 Instrumentos de medidas elétricas.....	31
2.4.5.1 Galvanômetro.....	33
2.4.5.2 Amperímetro analógico.....	34
2.4.5.3 Voltímetro analógico.....	36
2.4.5.4 Ohmímetro.....	37
3 ENSINO DA CORRENTE E DOS CIRCUITOS DE CORRENTE ELÉTRICA CONTÍNUA.....	39
3.1 Concepções alternativas na aprendizagem significativa de corrente elétrica e circuitos elétricos.....	40
3.2 Contribuições da pesquisa no Brasil sobre ensino de corrente elétrica e circuitos elétricos.....	44

4. PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	52
4.1 Planejamento da sequência didática com base na teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos de P. Ya. Galperin.....	52
4.2 Implementação da sequência didática.....	55
4.2.1 Encontro 1 – Etapa Motivacional.....	56
4.2.2 Encontro 2 – Etapa da Elaboração da Base Orientadora da Ação (BOA).....	57
4.2.3 Encontro 3 – Etapa Material da Ação.....	62
4.2.4 Encontro 4 – Etapa Verbal da Ação.....	73
4.2.5 Encontro 5 – Etapa Mental da Ação.....	74
 5 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	 76
 6 CONCLUSÃO.....	 83
 REFERÊNCIAS.....	 86
Apêndice A – Produto Educacional (PE).....	89
Apêndice A1 do (PE): Atividade da avaliação diagnóstica.....	133
Apêndice A2 do (PE): Avaliação final.....	137
Apêndice A3 do (PE): Especificações do kit de circuitos elétricos de Corrente Contínua – DC.....	140
Apêndice A4 do (PE): Descrição do painel de instalações elétricas residenciais....	145

1 INTRODUÇÃO

O tema delimitado nesta dissertação de mestrado trata de uma sequência didática referente aos circuitos elétricos concebida como uma proposta de planejamento do ensino dessa temática, fundamentado na Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos, desenvolvida pelo psicólogo soviético Piotr Yákovlevich Galperin.

A motivação principal pela escolha desse tema deu-se pelo fato de ser um assunto que desperta o interesse e a curiosidade dos alunos durante as aulas. Considerando os circuitos elétricos residenciais como parte do universo vivencial mais imediato deles, a proposta de planejamento das atividades de ensino que se apresenta neste estudo poderá propiciar uma aprendizagem significativa sobre os conceitos de corrente elétrica. Considerando também a minha formação em Engenharia Elétrica e, com muitos anos de atuação nessa área, esse fator facilitou muito a concepção e implementação dessa proposta de intervenção em sala de aula.

Visando a melhoria do processo de ensino e aprendizagem foram levantadas as seguintes questões: “Quais dificuldades os alunos apresentam na resolução de problemas experimentais sobre circuitos elétricos?”. “Como os professores poderiam contribuir para superar essas dificuldades e melhorar a aprendizagem significativa dos alunos sobre essa temática?”.

Com o propósito de buscar respostas para tais questionamentos, o objetivo deste trabalho consistiu em planejar e implementar em sala de aula uma sequência didática, com alunos do 3º ano do ensino médio, relacionando os conceitos de instalações elétricas residenciais aos conteúdos de circuitos elétricos, utilizando como referencial teórico a Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos de Galperin.

Nessa sequência didática, os alunos são desafiados a construir circuitos simples de instalações elétricas, utilizando kits de baixo custo e, na etapa mental da formação de habilidades passam a desenhar instalações elétricas residenciais, confrontando-as e discutindo com a performance das instalações de suas casas.

O texto está estruturado em 6 (seis) Capítulos, assim compreendidos: 1. Introdução; 2. Corrente elétrica; 3. Ensino da corrente e dos circuitos de corrente

elétrica contínua; 4. Planejamento e implementação da sequência didática; 5. Avaliação da aprendizagem; 6. Conclusão; além das Referências e Apêndices.

No primeiro capítulo, que trata desta Introdução, faz-se uma apresentação acerca da pesquisa desenvolvida, evidenciando o tema, a motivação, a problemática e os objetivos propostos pertinentes.

No segundo capítulo, apresentam-se, ao nível da Física Geral dos cursos de licenciatura e bacharelado, os conteúdos de física que dão sustentação conceitual à proposta de sequência didática, contemplando o conceito de corrente elétrica, as condições para o estabelecimento da corrente elétrica, os portadores de cargas elétricas, o campo elétrico no interior do condutor, o conceito de força eletromotriz, a intensidade e densidade da corrente elétrica, a resistência elétrica, a potência da corrente, circuitos elétricos de corrente contínua, as leis de Ohm, associação de resistores, as leis de Kirchhoff, a potência em circuitos de corrente contínua e instrumentos de medidas elétricas.

O terceiro capítulo aborda o ensino da corrente e dos circuitos de corrente elétrica contínua, contemplando as concepções alternativas dos alunos sobre os conceitos de corrente elétrica e circuitos elétricos, e as contribuições da pesquisa no Brasil acerca dessas temáticas.

No quarto capítulo, descreve-se o planejamento da sequência didática, com base na Teoria Da Formação Por Etapas Das Ações Mentais E Dos Conceitos De P. Ya. Galperin, e o relato da implementação da sequência didática, concebida em cinco encontros, coincidentes com as etapas dessa teoria: 1) Etapa Motivacional, 2) Etapa da elaboração da Base Orientadora da Ação (BOA), 3) Etapa Material da Ação, 4) Etapa Verbal da Ação e 5) Etapa mental da Ação.

No quinto capítulo refere-se a avaliação da aprendizagem, com a análise dos resultados da avaliação diagnóstica, aplicada no primeiro encontro, por meio de um questionário com 10(dez) perguntas, e da análise dos resultados da avaliação final, aplicada no quinto encontro, consistente em outro questionário com 10(dez) perguntas.

O sexto e último capítulo refere-se à conclusão desta dissertação, destacando a contribuição da proposta de sequência didática nela apresentada para alcançar a aprendizagem significativa dos alunos.

2 CORRENTE ELÉTRICA

2.1 Conceito de corrente elétrica

Se, como resultado do movimento de portadores de carga através de uma superfície imaginária, através desta passa uma carga elétrica sumária diferente de zero, diz-se que através dessa superfície passa uma corrente elétrica.

2.2 Condições para o estabelecimento da corrente elétrica

Para que se possa estabelecer a corrente elétrica num condutor é necessário que se tenha: portadores de carga elétrica e um campo elétrico no interior do condutor, que possibilite a permanência de um gradiente de potencial ao longo desse campo elétrico.

2.2.1 Portadores de carga elétrica.

Os portadores de carga elétrica são partículas carregadas eletricamente. Nos condutores metálicos como o alumínio e o cobre, os elétrons são os portadores de carga elétrica. Na rede cristalina, tais elétrons não interagem apenas com um único átomo, podendo, ao serem compartilhados por todos os átomos dessa rede, moverem-se através desta sob a ação de um campo elétrico.

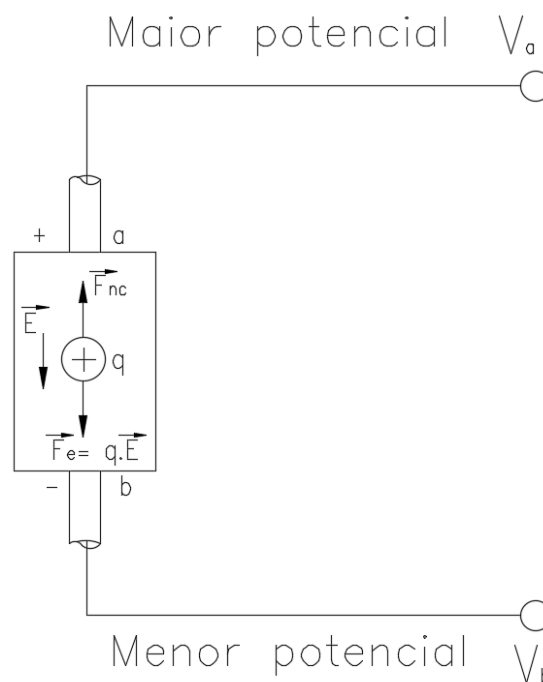
Nos semicondutores como o germânio e o silício, os portadores de carga elétrica são os elétrons e os buracos que também se deslocam sob a influência do campo elétrico. Nos fluidos condutores, eletrólitos, os portadores de carga elétrica são os íons, positivos e negativos e nos gases os portadores de carga são os elétrons e íons.

2.2.2 Campo elétrico no interior do condutor. Força eletromotriz

Sobre uma carga elétrica, q , que se encontra no interior de uma fonte de corrente, atua um campo elétrico de natureza coulombiana ($\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$), que tende a eliminar a diferença de potencial entre os terminais dessa fonte e, conseqüentemente, a corrente elétrica. Mas, a fonte fornece um campo elétrico de natureza não coulombiana e, associada a ele, uma força da mesma natureza, que tende a separar os portadores de carga de sinais diferentes, o que provoca o movimento destes, de um ponto de potencial menor para outro de potencial mais elevado, como se mostra na Figura 1.

Portanto, a força de natureza não coulombiana, $\vec{F}_{nc}$ é a responsável pela manutenção da diferença de potencial entre os terminais da fonte. Quando a carga q se desloca no interior de uma fonte, a força não coulombiana $\vec{F}_{nc}$ realiza um trabalho positivo sobre essa carga, $W = q \cdot U_{ab}$. Como é um movimento oposto ao realizado pela força coulombiana sobre a carga, a energia potencial sobre essa carga aumenta de uma quantidade $q \cdot U_{ab}$, onde $U_{ab} = V_a - V_b$, que representa a diferença de potencial de "a" em relação a "b". (YOUNG; FREEDMAN, 2015, p.157).

Figura 1 – Esquema de uma fonte de força eletromotriz



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

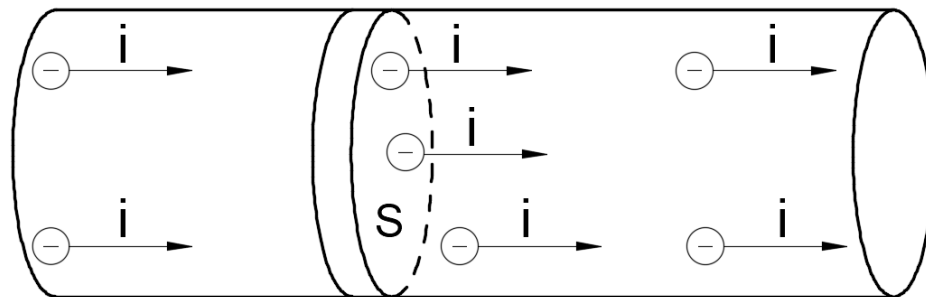
2.3 Característica da corrente elétrica

2.3.1 Intensidade da corrente

A quantidade de carga elétrica " dq " que atravessa a secção transversal de um condutor por unidade de tempo " dt " (Figura 2) é definida como a intensidade de corrente elétrica. Portanto,

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

Figura 2 – Movimento de cargas através da secção transversal de um condutor



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

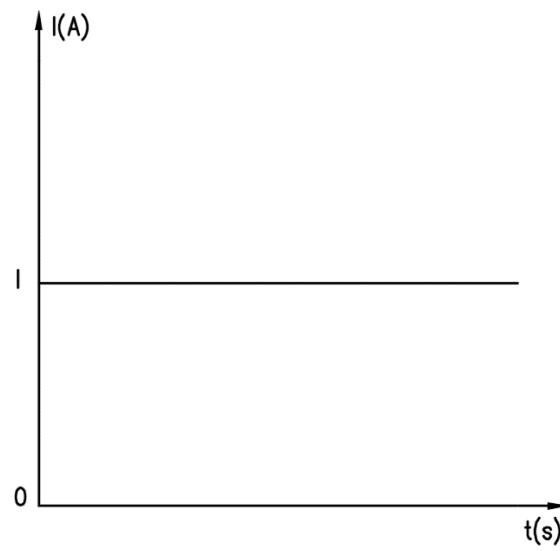
A unidade de medida da corrente no SI é o ampère (A)

De forma geral, pode-se dizer que há dois tipos de corrente elétrica: a corrente contínua e corrente alternada.

A corrente contínua constante caracteriza-se pelo movimento dos elétrons num único sentido. Nesse caso, a intensidade não varia com o tempo, como mostra a Figura 3. A contínua também pode ser pulsante, quando a intensidade muda, mas os elétrons ainda continuam num único sentido e podem ter várias formas de onda dependendo da aplicação eletrônica, como mostram as Figuras 4 e 5.

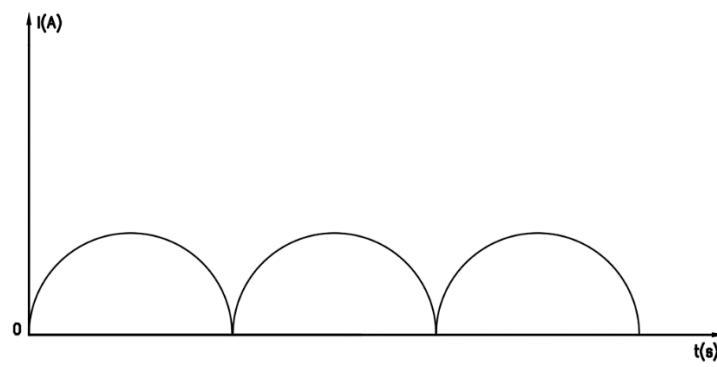
Na corrente elétrica alternada como mostra a Figura 6, os elétrons oscilam alternadamente em torno da mesma posição e, dessa forma a intensidade e a polaridade muda com o tempo.

Figura 3 – Corrente contínua constante



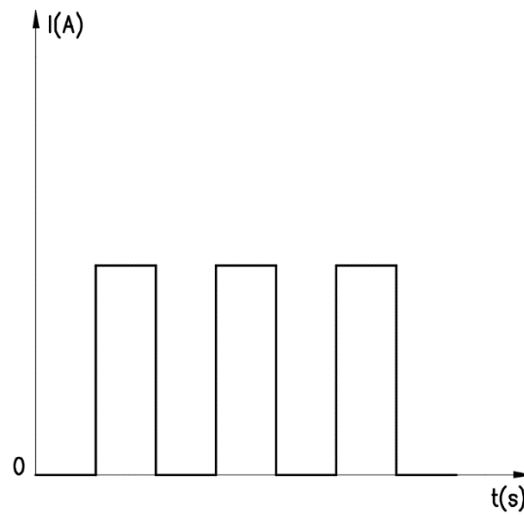
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 4 – Onda pulsante retificada



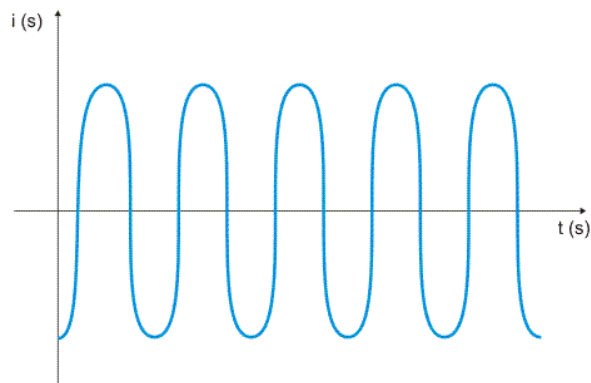
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 5 – Onda quadrada



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 6 – Corrente alternada



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.3.2 Densidade da corrente

A quantidade de carga elétrica que atravessa a secção de um condutor não necessariamente é a mesma em diferentes elementos de superfície dessa secção do condutor. Para considerar essa possibilidade introduz-se o conceito de densidade de corrente como a quantidade de carga que atravessa na unidade de tempo a unidade de área.

Sendo $I = \frac{dQ}{dt} = nqv_a S$, onde n representa a concentração de partículas carregadas (por unidade de volume), em movimento que atravessam a secção transversal de área S e v_a a velocidade de arraste dessas partículas, como indicado na figura 7, tem-se que, a densidade de corrente é representada pela expressão,

$$J = \frac{I}{S} = nqv_a \quad (2)$$

Unidade medida de densidade é $\frac{\text{ampère}}{\text{metro}^2} \left(\frac{A}{m^2} \right)$

A densidade de corrente J e a corrente elétrica I não dependem do sinal da carga q , logo, da expressão $I = \frac{dQ}{dt} = nqv_a S$, podendo-se substituir a carga q pelo valor absoluto $|q|$,

$$I = \frac{dQ}{dt} = n|q|v_a S \quad (3)$$

Relacionando as expressões (2) e (3), tem-se que,

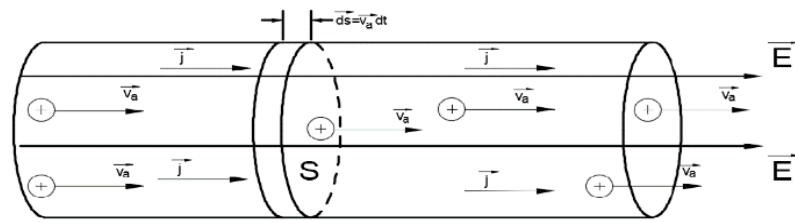
$$J = n|q|v_a \quad (4)$$

Com base em (4) a densidade de corrente pode se representar como um vetor cuja direção coincide com a da velocidade dos portadores de carga.

$$\vec{J} = n|q|\vec{v}_a \quad (4.1)$$

A expressão (4.1) é a representação vetorial da densidade de corrente.

Figura 7 – Vetor densidade de corrente elétrica



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

A equação (4) pode ser generalizada (NUSSENZVEIG, HERCH MOYSÉS, 1997, P.100) admitindo-se que grupos de portadores diferentes se movam com velocidades diferentes no cilindro de volume $dV = v \cdot dt \cdot ds$. Considerando o número n_i de portadores com cargas q_i e velocidade v_i por unidade de volume, com $(i = 1, 2, \dots)$, tem-se que,

$$j = \sum_{i=1}^n n_i q_i v_i \quad (4.2)$$

2.3.3 Resistência elétrica

O movimento dos portadores de carga no condutor é bastante complexo. Ele resulta da combinação do movimento caótico e desordenado, também denominado movimento térmico, inerente às partículas constituintes de qualquer substância, e do relacionado com a força que sobre esses portadores exerce o campo elétrico no interior condutor, que determina uma direção privilegiada do movimento dos portadores de carga. Assim, a velocidade desses portadores de carga, anteriormente mencionada na introdução do conceito de densidade de corrente, pode ser considerada como uma velocidade média que contempla, no caso dos metais, por exemplo, as colisões dos elétrons com os átomos da rede cristalina. Devido às colisões, essa velocidade média dos portadores de carga elétrica resulta ser muito menor que a de seu movimento térmico.

Segundo a mecânica newtoniana, se sobre os portadores de carga no interior do condutor atua uma força devido à presença nele de um campo elétrico, esses

portadores só poderiam se mover com velocidade constante se sobre eles atuasse também outra força de resistência do meio, que compensasse a força elétrica. Com base nessas considerações explica-se o conceito de resistência do material à passagem da corrente elétrica.

Durante as colisões, os elétrons transferem a energia cinética adquirida pela ação do campo elétrico aos átomos da rede cristalina, provocando um aumento da energia cinética média do movimento térmico desta, ou seja, um aumento da temperatura do condutor. Assim, explica-se a natureza do chamado efeito Joule: a energia associada à corrente elétrica transforma-se em calor.

2.3.4 Potência da corrente

Considerando um elemento de circuito representado na Figura 8, quando uma carga " q " se move no interior desse elemento, o campo elétrico ali existente realiza um trabalho sobre essa carga através da força coulombiana $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$.

Uma força não coulombiana, $\vec{F}_{nc}$, proveniente de uma fonte ligada aos terminais do elemento de circuito, realiza um trabalho que se opõe ao realizado pela força $\vec{F}_e$. Quando certa quantidade de cargas passam por esse elemento, haverá uma variação na energia potencial elétrica equivalente a $\Delta\mathcal{E} = q \cdot U_{AB}$, sendo $U_{AB} = V_A - V_B$ a diferença de potencial entre os terminais do elemento de circuito.

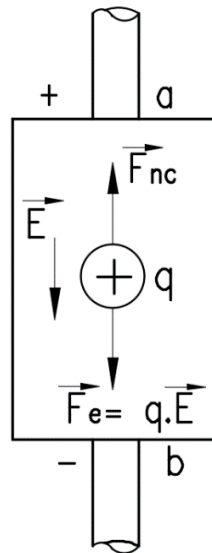
Sendo I a corrente elétrica que passa pelo elemento de circuito num intervalo de tempo dt , temos que, a quantidade de carga que passa pelo elemento de circuito proveniente de uma fonte, será, $dQ = I \cdot dt$, logo a variação da energia potencial elétrica passa a ser: $\Delta\mathcal{E}' = dQ \cdot U_{AB} = I \cdot dt \cdot U_{AB}$. Dividindo essa última equação por dt , tem-se que, $U_{AB} \cdot \frac{dQ}{dt} = U_{AB} \cdot I$ (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

A expressão $U_{AB} \cdot \frac{dQ}{dt}$ representa a taxa da transferência de energia no elemento de circuito, que recebe o nome de potência elétrica, representada pela letra P

$$P = U_{AB} \cdot I \quad (5)$$

A unidade de medida da potência no Sistema Internacional de Unidades é um Watt (W)

Figura 8 – Elemento de circuito



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.4 Circuitos elétricos de corrente contínua

2.4.1 As leis de Ohm

Após realizar várias medidas de corrente e diferença de potencial nas extremidades de condutores de secção transversal uniforme, o físico e matemático alemão, Simon Ohm, determinou, em 1827, a relação linear entre a intensidade da corrente e a diferença de potencial, sendo a constante de proporcionalidade dependente do material do condutor, da área da sua secção transversal e de seu comprimento.

Portanto, para uma diferença de potencial, U , entre as extremidades de um condutor cilíndrico e de secção transversal uniforme S e comprimento l , (Figura 9), pelo qual passa uma corrente elétrica de intensidade I , essa relação de proporcionalidade entre essas grandezas pode ser expressa como sendo,

$$U = R \cdot I \quad (6)$$

Onde R é a resistência elétrica do condutor, cuja unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades é o ohm (Ω).

A equação (6) é conhecida como a primeira lei de Ohm.

A resistência do condutor em função de seu comprimento e da área da sua seção transversal se calcula segundo a equação (7),

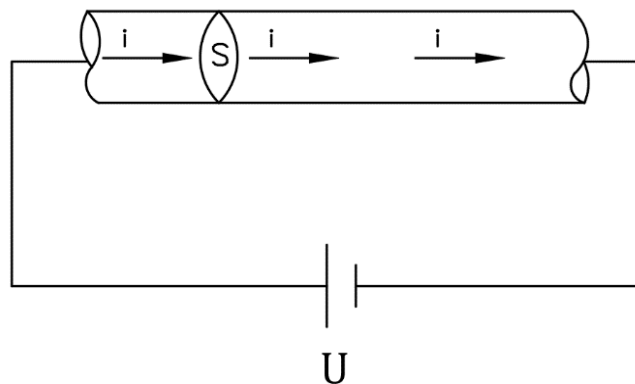
$$R = \frac{l}{\sigma S} \quad (7)$$

Onde σ é a condutividade elétrica do material. A condutividade é o inverso da resistividade do material, ρ . Logo, a equação (7) pode ser escrita, utilizando a resistividade no lugar da condutividade, como,

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (7.1)$$

A equação (7.1) é conhecida como a segunda lei de Ohm.

Figura 9 – Condutor ligado a uma fonte de tensão U



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Considerando que a densidade de corrente $\vec{J}$ e a intensidade do campo elétrico, $\vec{E}$, no interior de um condutor (Figura 10) tem-se que,

$$I = J \cdot S \quad (8)$$

e

$$U = E \cdot L \quad (9)$$

E, com base na primeira e segunda lei de Ohm, tem-se,

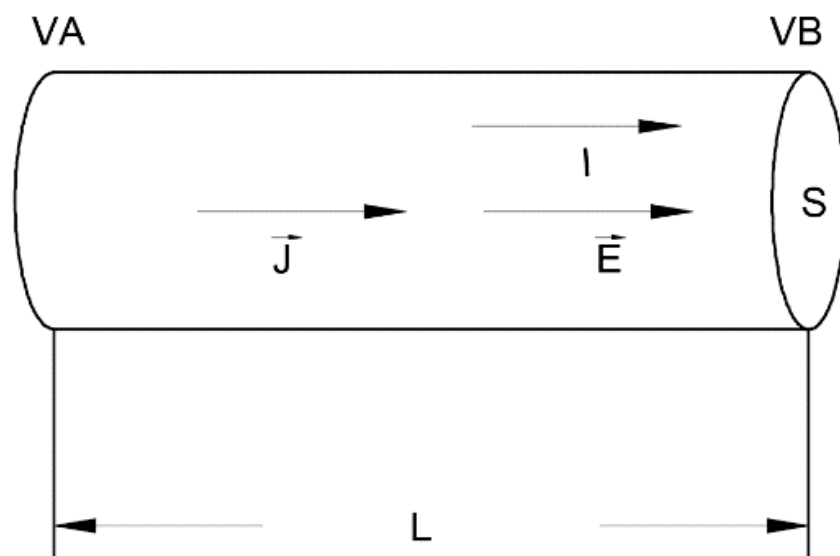
$$\frac{U}{I} = \frac{L}{\sigma \cdot S} \Rightarrow J = \sigma \cdot E \quad (10)$$

Equação 10 é conhecida como a Lei de Ohm na forma diferencial. Ela pode ser apresentada em forma vetorial da seguinte forma:

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} \quad (10.1)$$

A equação 10.1 indica como que a direção da densidade de corrente coincide com a direção do campo elétrico, como mostra a Figura 11.

Figura 10 – Lei de Ohm em forma diferencial



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

A Figura 11 mostra a simbologia utilizada para representar um resistor elétrico.

Figura 11 – Simbologia de resistor elétrico

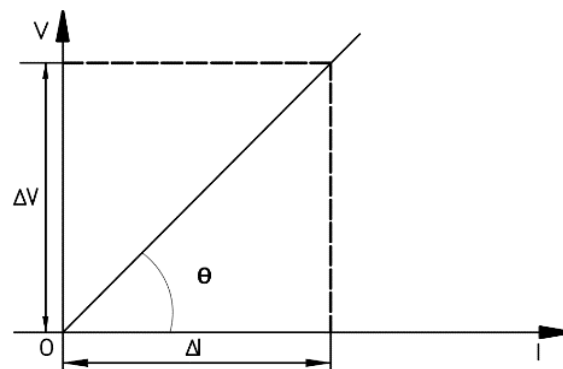


Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

A Figura 12 mostra a representação gráfica da primeira lei de Ohm (o que conhecemos como curva característica de um resistor ôhmico). Com base nela pode-se calcular o valor da resistência elétrica R a partir da tangente do ângulo θ ,

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\Delta V}{\Delta I} = R \quad (11)$$

Figura 12 – Curva característica de um resistor ôhmico



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.4.2 Associações de resistores

Os resistores são utilizados em diversas aplicações no cotidiano. Eles são produzidos com valores diferentes da resistência elétrica, ficando difícil encontrar um valor desejado para um determinado uso. Nesse caso fazemos diferentes associações

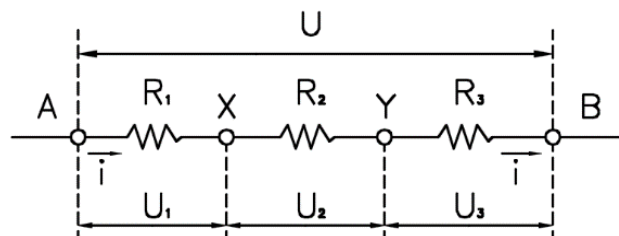
entre os resistores. Associando dois ou mais resistores, a resistência do conjunto torna-se diferente das resistências individuais de cada resistor.

Dependendo da maneira que se faz a associação, é possível aumentar ou diminuir grandemente o valor da resistência equivalente de um circuito. Pode-se associar os resistores de duas formas diferentes, em série ou paralelo, ou ainda em associação mista.

2.4.2.1 Associação de resistores em série

Quando os resistores são ligados como representados na Figura 13, os três resistores R_1 , R_2 e R_3 são submetidos à mesma corrente. Nesse caso, a diferença de potencial aplicada entre A e B, divide-se entre os três resistores. Diz-se assim que esses resistores estão associados em série.

Figura 13 – Associação em série de resistores



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Aplicando a primeira lei de Ohm em cada resistor, tem-se,

$$U_1 = R_1 \cdot i \quad (12)$$

$$U_2 = R_2 \cdot i \quad (13)$$

$$U_3 = R_3 \cdot i \quad (14)$$

Como a diferença de potencial entre A e B se divide para os três resistores, tem-se:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i \quad (15)$$

$$U = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i \quad (16)$$

$$\frac{U}{i} = (R_1 + R_2 + R_3) \quad (17)$$

$$\frac{U}{i} = R_{eq}. \quad (18)$$

A equação (18) representa a resistência equivalente.

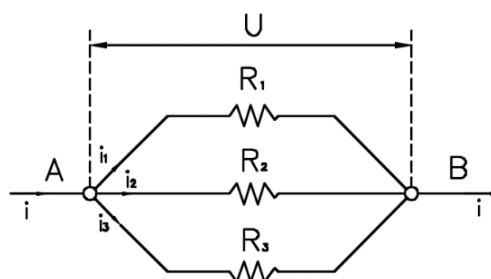
A expressão (18) obtida para a resistência equivalente pode ser generalizada para $(n = 1, 2, 3, \dots)$, onde n representa o número de resistores associados em série. Dessa forma, tem-se,

$$R_{eq} = \sum_{n=1}^n R_n \quad (19)$$

2.4.2.2 Associação de resistores em paralelo

Para resistores ligados em paralelos, como representado na figura 14, a corrente em cada resistor necessariamente não precisa ser a mesma, mas, a diferença de potencial entre os terminais de cada resistor deverá ser a mesma.

Figura 14 – Associação em paralelo de resistores



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Como se observa na associação, i_1 é a corrente que passa pelo resistor R_1 , i_2 é a corrente que passa pelo resistor R_2 e i_3 é a corrente que passa pelo resistor R_3 . Para determinar a resistência equivalente, sabendo que ela é a razão $\frac{U}{i}$, faz-se para cada resistor:

$$i_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} \quad (20)$$

$$i_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} \quad (21)$$

$$i_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} \quad (22)$$

Sabendo que a corrente que passa do ponto A ao ponto B é I, pode-se escrever:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = \left(\frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2} + \frac{U_{AB}}{R_3} \right) = U_{AB} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (23)$$

Simplificando a equação 23, tem-se:

$$\frac{i}{U_{AB}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (23.1)$$

Combinando as equações (23.1) e (18) obtém-se que,

$$\frac{1}{R_{eq}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (24)$$

No caso de apenas dois resistores em paralelo tem-se,

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)} \quad (25)$$

Como se pode inferir de (25), se $R_1 < R_2$, então, $R_{eq} < R_1$. Ou seja, a resistência equivalente da associação de dos resistores em paralelo resulta ser menor que a do resistor de menor resistência.

2.4.3 As leis de kirchhoff

São duas as leis desenvolvidas pelo físico alemão Gustavo Robert Kirchhoff para circuitos elétricos. Elas são particularmente importantes na análise de circuitos elétricos mais complexos, que contemplam mais de uma fonte e resistores associados em série e paralelo.

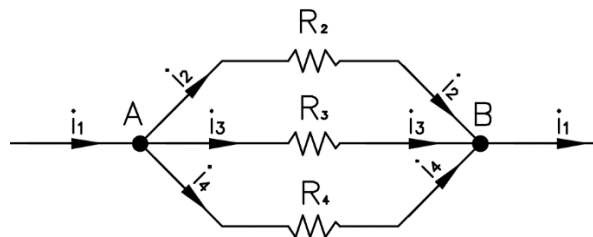
A primeira lei é conhecida como a lei dos nós¹ ou das correntes. Ela é uma decorrência do princípio da conservação da carga elétrica, e estabelece que “a soma algébrica das intensidades das correntes que chegam a um nó é igual à soma algébrica das intensidades das correntes que dele saem”.

$$\sum_{n=1}^n i_n = 0 \quad (25)$$

A Figura 15 representa parte de um circuito com dois nós. Nesse caso, segundo a primeira lei de Kirchoff, tem-se que,

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4 \quad (26)$$

Figura 15 – Circuito elétrico com dois nós



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

A segunda lei, chamada lei das tensões ou das malhas, estabelece que: “a diferença de potencial elétrico em um percurso fechado é nula”. Dessa forma, para o circuito da Figura 16, seguindo o sentido de giro da malha indicada pela letra “a”, a partir do ponto “A”, tem-se,

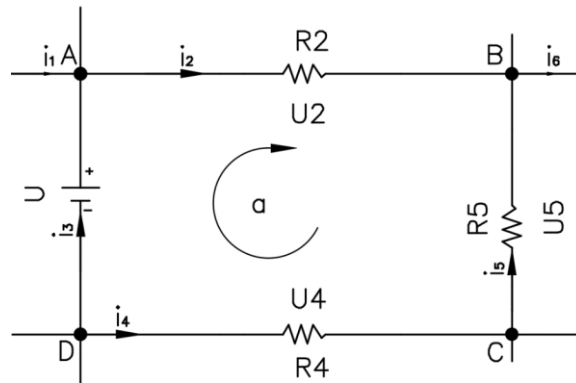
$$R_2 \cdot I_2 - R_5 \cdot I_5 - R_4 \cdot I_4 - U = 0 \quad (27)$$

Generalizando para um circuito com um número qualquer de malhas, tem-se que, em cada malha,

$$\sum_{n=1}^n U_n = 0 \quad (28)$$

¹Nó é um ponto comum a três ou mais condutores no mesmo circuito.

Figura 16 – Circuito elétrico com uma malha



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.4.4 Potência em circuitos de corrente contínua

Para que se tenha uma corrente constante em um elemento resistivo de um circuito, é necessário fornecer uma energia, dW , para transportar uma carga dq entre dois pontos desse elemento, que se encontram em uma diferença de potencial, U . Essa energia por unidade de tempo é a potência, P , da fonte de energia,

$$\frac{dW}{dt} = P = iU \quad (29)$$

Essa potência é dissipada na forma de calor em componentes resistivos do circuito tais como, um ferro de passar roupas, chapinha de alisar cabelos, entre outros. Aplicando a lei de Ohm a expressão (29) para uma resistência elétrica, R , do resistor tem-se que,

$$P = i^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} \quad (33)$$

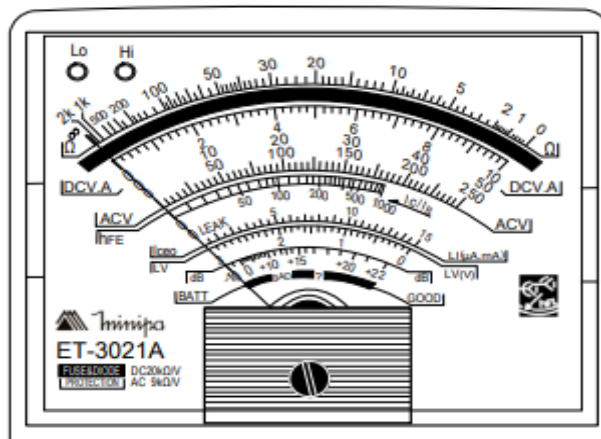
Usa-se a expressão (29) quando se precisa determinar a potência útil entregue pela fonte à carga, e a expressão (33) quando se precisa saber a potência dissipada no componente resistivo do circuito.

2.4.5 Instrumentos de medidas elétricas

Os instrumentos de medição são utilizados para determinar os valores das grandezas físicas que caracterizam os componentes de um circuito elétrico. E podem ser analógicos ou digitais.

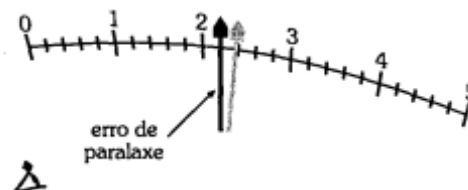
Nos instrumentos analógicos, os valores apresentados no mostrador são indicados por ponteiros que se flexionam sobre uma escala graduada (Figura 17). A leitura nesses instrumentos deve ser feita sempre olhando o ponteiro de frente para evitar o erro de paralaxe, como indicado na Figura 18.

Figura 17 – Painel do multímetro analógico



Fonte: Disponível em: <<http://www.minipa.com.br/images/Manual/ET-3021a-1101-BR.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2019.

Figura 18 – Erro de paralaxe



Fonte: Markus, O. (2001, p. 20).

Nos instrumentos digitais os valores medidos são apresentados diretamente no display do mostrador do aparelho, que leva em consideração o valor de fundo de escala selecionado antes da medição (Figura 19).

Figura 19 – Multímetro digital



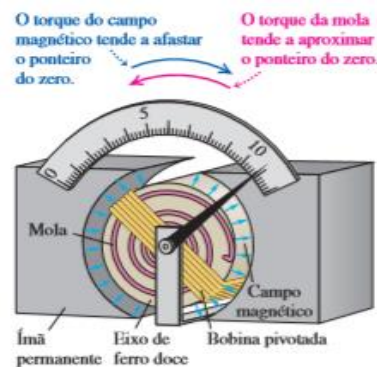
Fonte: Disponível em: <<http://www.minipa.com.br/multímetros/multímetros-digitais/410-et-2402b>>.
Acesso em: 23 out. 2019.

Conforme o tipo de medição a ser realizado, os instrumentos a serem utilizados são:

2.4.5.1 Galvanômetro

O galvanômetro é o instrumento básico para a construção do amperímetro e do voltímetro analógicos. Em muitos instrumentos utilizados para medir a intensidade da corrente, resistência e diferença de potencial em painéis de automóveis está presente o galvanômetro de d'Arsonval (Figura 20). Como é o elemento básico para a construção de outros instrumentos de medição, o galvanômetro é um aparelho muito sensível à passagem da corrente. Ele é construído para detectar uma corrente muito baixa, da ordem de microampères, para deflexionar o ponteiro do aparelho. (YOUNG; FREEDMAN, 2015, p. 191).

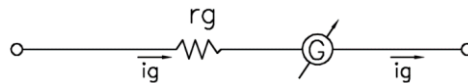
Figura 20 – Galvanômetro de d'Arsonval



Fonte: (YOUNG; FREEDMAN, 2015, p. 191).

Na Figura 21, representa-se o galvanômetro por meio da letra G inserida em um círculo e uma seta transversal oblíqua. A resistência interna do galvanômetro e intensidade de corrente que passa pelo galvanômetro representados pelas letras r_g e i_g respectivamente.

Figura 21 – Símbolo de um Galvanômetro

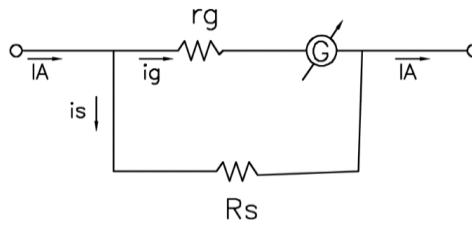


Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.4.5.2 Amperímetro analógico

O amperímetro analógico é construído a partir de um galvanômetro ao qual é conectado em paralelo um resistor, chamado *shunt*, que em inglês quer dizer desvio (figura 22). O shunt tem a função de desviar parte da corrente que passaria pela resistência do galvanômetro e com isso não permitir que corrente mais elevada danifique o aparelho. Com isso, permite medidas de intensidades de correntes maiores.

Figura 22 – Esquema do amperímetro



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Onde:

I_A = Intensidade de corrente de fundo de escala do Amperímetro;

i_g = Intensidade de corrente de fundo de escala do galvanômetro;

i_s = Intensidade de corrente que passa pelo *shunt*;

r_g = Resistência do galvanômetro;

R_s = Resistência de *shunt*.

Como se verifica na Figura 23, o resistor *shunt* comporta-se como uma associação em paralelo com o galvanômetro. Portanto, pode-se relacionar as correntes I_A e i_g com as resistências R_s e r_g :

$$U_G = U_{sh} \quad (34)$$

$$r_g \cdot i_g = R_s \cdot i_s \quad (34.1)$$

$$i_s = \frac{r_g}{R_s} \cdot i_g \quad (34.2)$$

$$\text{Observando que: } I_A = i_g + i_s \rightarrow I_A = i_g + \frac{r_g}{R_s} \cdot i_g$$

Tem-se:

$$I_A = i_g \cdot \left(1 + \frac{r_g}{R_s}\right) \quad (34.3)$$

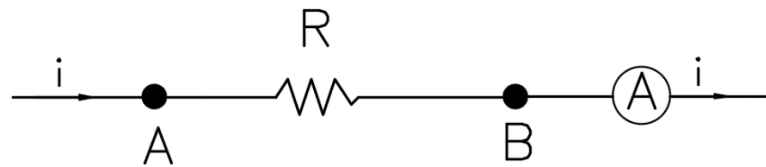
Onde:

$$\left(1 + \frac{r_g}{R_s}\right)$$

é o fator multiplicador do valor máximo da intensidade da corrente que pode passar pelo galvanômetro sem danificá-lo.

Para medir a intensidade de corrente o amperímetro deverá ser ligado em série com o elemento do circuito qual passa a corrente (figura 23).

Figura 23 – Amperímetro em série com o resistor

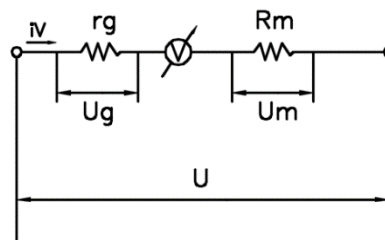


Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.4.5.3 Voltímetro analógico

Na construção do voltímetro analógico a partir de um galvanômetro, associamos em série um resistor de grande resistência elétrica R_M , denominado multiplicador. A função desse resistor é aumentar a resistência elétrica do voltímetro (Figura 24), e permitir medições de valores grandes da diferença de potencial sem danificar o galvanômetro.

Figura 24 – Esquema do voltímetro



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Como o galvanômetro e multiplicador estão associados em série, tem-se que,

$$i_g = \frac{U_m}{R_m} = \frac{U_g}{r_g} \rightarrow U_m = U_g \cdot \frac{R_m}{r_g} \quad (35)$$

Sendo,

$$U = U_g + U_m \quad (35.1)$$

Tem-se,

$$U = U_g + U_g \cdot \frac{R_m}{r_g} \quad (35.2)$$

Portanto,

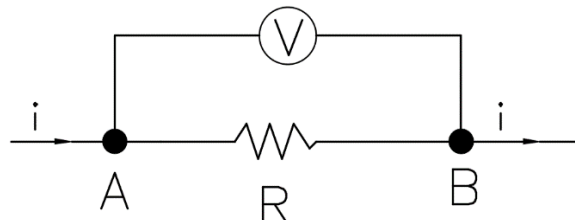
$$U = U_g \cdot \left(1 + \frac{R_m}{r_g}\right) \quad (35.3)$$

Onde:

$\left(1 + \frac{R_m}{r_g}\right)$ é o fator multiplicador do valor máximo da diferença de potencial à qual pode ser instalado o galvanômetro sem danificá-lo.

Para medir a diferença de potencial entre os terminais da componente de um circuito o voltímetro deverá ser ligado em paralelo com esse elemento (Figura 25).

Figura 25 – Voltímetro em paralelo com o resistor

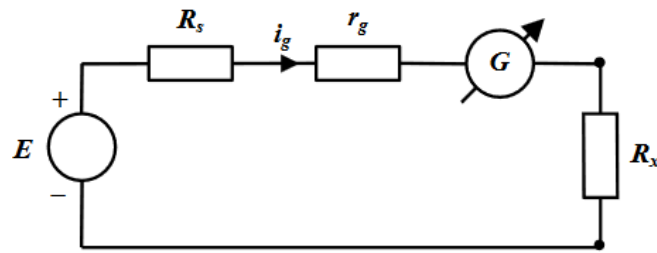


Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.4.5.4 Ohmímetro

Ohmímetro (analógico): é um aparelho destinado a medir resistência elétrica utilizando como elemento central um galvanômetro. A configuração em série do circuito é dada conforme Figura 26.

Figura 26 – Esquema interno simplificado de um ohmímetro



<http://www.lsi.usp.br/~sonnen/Exp5.pdf>. Acesso em 4 de fevereiro de 2020.

onde:

r_g é a resistência interna do galvanômetro.

R_s é a resistência série.

R_x é a resistência de prova (resistência que se quer medir).

E é a fonte interna de tensão.

Aplicando as Leis de Ohm e de Kirchhoff, temos:

$$E = (R_s + r_g + R_x) \cdot i_g \quad (36)$$

$$R_x = \frac{E}{i_g} - (R_s + r_g) \quad (36.1)$$

Onde i_g é a corrente lida no galvanômetro e R_x é a resistência que está sendo medida (resistência de prova). Portanto, esta expressão (36.1), representa a escala do ohmímetro.

3 ENSINO DA CORRENTE E DOS CIRCUITOS DE CORRENTE ELÉTRICA CONTÍNUA

Durante muito tempo, o ensino da Física constituiu-se, geralmente, em aulas expositivas, com o uso de metodologias e técnicas pedagógicas cansativas e desinteressantes. Expandir o pensamento e raciocínio do aluno consiste no desafio de despertar nele o interesse por esta disciplina que, muitas vezes, é considerada de difícil aprendizado.

Nas aulas de Física, ao abordar, especificamente, os conteúdos de eletrostática, que abrange o estudo das cargas elétricas em repouso e dos fenômenos relacionados a elas, os professores gastam um tempo excessivo apresentando conceitos, fórmulas e resolvendo exercícios, o que contribui para a natural desmotivação dos alunos.

Quando são trabalhados os conteúdos da eletrodinâmica, que trata das cargas elétricas em movimento, afloram a curiosidade e o interesse dos alunos pelo funcionamento dos aparelhos eletrodomésticos e instalações elétricas residenciais, que, muitas vezes, são negligenciados pela pouca ênfase que é dada ao assunto pelos professores, seja por falta de conhecimentos pertinentes, ou mesmo pela inexistência de um planejamento adequado para trabalhar esse conteúdo, como se discute nos PCNs+ Ensino Médio (2002) ao sugerir o tema estruturador 4 (quatro): Equipamentos elétricos e telecomunicações.

Essa manifestação de curiosidade e interesse dos alunos está relacionada com o fato de eles terem conhecimentos sobre esses aparelhos, que atuarão como subsunsores, facilitadores de uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2010).

A aprendizagem torna-se significativa quando o aluno acredita que seus conhecimentos são úteis. E, mesmo não ensejando verdades absolutas, ele consegue acrescentar algo importante ao que já está retido em sua mente. Exemplos dessa relação entre a aprendizagem significativa e o conhecimento prévio são o estudo de circuitos elétricos e o funcionamento de um determinado aparelho eletroeletrônico. Muitas vezes, o aluno já trabalha com eletricidade, seja como eletricitista, ou técnico em eletrônica, consertando pequenos aparelhos. Durante as aulas, ele quer mostrar esses conhecimentos, precisa tirar dúvidas que o acompanham por muito tempo no seu cotidiano. Assim, ele consegue atribuir significados a esses conteúdos de ensino.

3.1 Concepções alternativas na aprendizagem significativa de corrente elétrica e circuitos elétricos

Na literatura científica há uma vasta publicação acadêmica que trata da importância do conhecimento prévio de alunos do ensino médio sobre eletricidade e circuitos elétricos, para o alcance de uma aprendizagem significativa sintonizada com as exigências da contemporaneidade. Essas pesquisas apontam que o ensino experimental durante as aulas de Física tem sido uma ferramenta muito útil para o desenvolvimento conceitual dos fenômenos físicos, oportunizando aos alunos questionarem suas concepções alternativas acerca da dinâmica da eletricidade.

Na tentativa de expor os principais conceitos de corrente elétrica e circuitos elétricos, de forma prática, para os alunos do terceiro ano do ensino médio, o autor desta pesquisa realizou uma breve revisão sistemática da literatura atual, buscando as contribuições dessas produções científicas para o ensino da Física, concentrado na Eletrodinâmica.

De acordo com os estudos de Andrade et al (2018), alguns alunos associam a corrente elétrica a um fluxo de energia. Essa concepção equivocada entre corrente elétrica e energia presume-se que provém da falta de correlação entre dispositivos elétricos reais (fios, lâmpadas, baterias e outros) e suas representações gráficas nos circuitos, que muitos alunos desconhecem. Poucos sabem a função de um interruptor, eles também não percebem que uma lâmpada incandescente é apenas um resistor. Quando um resistor é colocado no circuito, a ideia do consumo de corrente emerge mais facilmente. Os autores recomendam que esta questão seja cuidadosamente examinada em sequências didáticas, dada a acomodação conceitual dos alunos sobre circuitos elétricos.

Pacca et al (2003) procuram estudar as concepções de corrente elétrica com alunos do ensino médio. Ainda que sejam trabalhos investigativos, uma vez que há pouca intervenção posterior, mostram que os conhecimentos prévios dos alunos são importantes, mas precisam ser trabalhados sob o ponto de vista científico, para que essas concepções do senso comum não interfiram negativamente no ensino-aprendizagem.

Para ilustrar, citam-se algumas concepções utilizadas pelos alunos na linguagem livre do senso comum, construídas na vivência do cotidiano:

- A energia é da pilha e está principalmente no polo positivo e alguns também afirmam que é produto de uma reação química, sem mais explicações;
- Energia positiva é composta por moléculas de entrada, que são carregadas de eletricidade positiva;
- Energia negativa é a saída da corrente;
- Carga negativa com carga positiva cria uma força, ou seja, eletricidade “faísca”.
- Reação química faz eletricidade;
- Quando as polaridades se encontram, há um curto que ocasiona a energia luminosa na lâmpada.

A intenção dos autores na elaboração desse trabalho é oferecer subsídios para auxiliar o professor na condução das aulas, possibilitando-lhe discutir, interpretar e atribuir significado às expressões dos alunos, com o objetivo de aprendizagem. Nesse sentido, recomendam criar situações para contradizer o senso comum na concepção de que a pilha manda energia, de que as partículas saem da pilha e os condutores são caminhos abertos para a corrente fluir. A consequência dessas concepções é que o circuito elétrico não precisa ser fechado para circular corrente elétrica e que a corrente não precisa passar pelo filamento da lâmpada para acendê-la.

Numa pesquisa desenvolvida numa escola pública de São Paulo, sobre as concepções espontâneas que os alunos têm quando o assunto é o modelo atômico e corrente elétrica, Fukui e Pacca (1999), buscam obter subsídios sobre as concepções de átomo e corrente elétrica, na forma que os alunos apresentam, da sua vivência, para discutir as possíveis intervenções pedagógicas dentro desse assunto.

As concepções chamadas espontâneas que os alunos têm a respeito do funcionamento de circuitos elétricos, já amplamente descritas na literatura, dizem respeito à analogia com fluxo de água, modelos mecânicos. (DUPIN; JOSHUA, 1989, apud FUKUI; PACCA, 1999).

Para ilustrar essas concepções aponta-se um pequeno resumo delas:

- Desenhos de circuitos série e paralelo que mostra a ideia de carga negativa percorrendo o circuito sem nenhum tipo de barreira ou obstáculo;
- Os átomos estão representados for a do fio nos circuitos montados pelos alunos, de forma que mostra os átomos espalhados ao redor do fio;

- Para boa parte dos estudantes, a energia elétrica está desvinculada da corrente elétrica, representam elementos independentes do circuito elétrico e determinado pelo sinal dos polos da pilha.

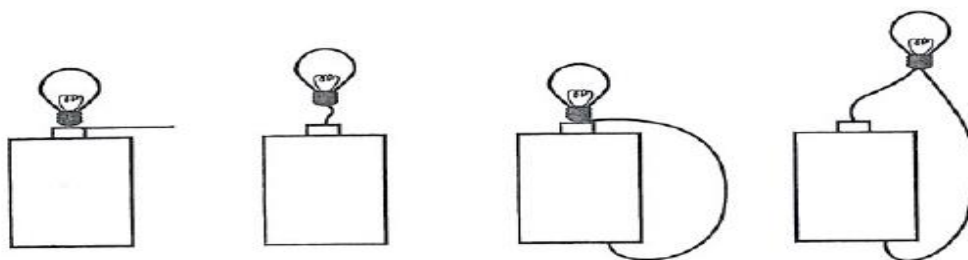
Para os autores, após estudar as concepções dos alunos sobre átomo, corrente e circuitos elétricos, pode-se concluir que, a eletricidade deveria integrar as concepções científicas da estrutura da matéria, como preconiza a Física moderna sobre os fenômenos elétricos.

É através de debates, de problemas a serem resolvidos e de práticas experimentais que o aluno pode compartilhar as novas estruturas assimiladas. Segundo Pozo (2009, p. 43), “a verdadeira motivação pela ciência é descobrir o interesse, o valor de aproximar-se do mundo, indagando sobre sua estrutura e natureza, descobrir o interesse de fazer-se perguntas e procurar as próprias respostas”.

Muitas ideias e crenças dos alunos, que interferem na aprendizagem escolar, precisam ser consideradas pelo professor durante o ensino de ciências da natureza. Na literatura específica, essas ideias e dificuldades vêm sendo discutidas por muitos estudiosos do assunto, podendo ser citadas como exemplos, as obras científicas de Hierrezuelo e Montero (1991); Driver, Guesne e Tiberghien, (1985); Driver et al. (1994, apud Pozo e Gómez Crespo, 1998).

Assim, por exemplo, quando o aluno é questionado sobre a circulação da corrente elétrica num circuito composto por uma pilha e uma lâmpada, as respostas são as mais variadas possíveis, ao que Osborne e Freyberg (apud POZO, GÓMEZ E CRESPO, 1985), classificam em quatro modelos diferentes, representados na Figura 27.

Figura 27 – Exemplos de formas de conexão proposta pelos alunos do Ensino Médio para conseguir acender uma lâmpada com uma pilha.



Os conhecimentos prévios são essenciais para que o professor possa interagir no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que os alunos guardam crenças sobre circuitos elétricos que precisam ser direcionadas para uma abordagem científica, ressaltando a linguagem apropriada dos conceitos teóricos e uso correto dos aparelhos, os quais devem ser incorporados ao cotidiano do aluno.

Alguns desses conhecimentos estão descritos no quadro abaixo:

Quadro 1: Conhecimentos e crenças do aluno sobre circuitos elétricos

- Para que um aparelho funcione, a eletricidade precisa sair do gerador e chegar ao aparelho.
- Pilhas e tomadas são as fontes de eletricidade. São esses elementos que o aluno tem em mente e que fornecem a energia armazenada para os aparelhos funcionarem.
- Os fios, para o aluno, são os caminhos por onde a eletricidade vai chegar ao aparelho. Se precisar de um ou mais fios para fechar o circuito, esse conhecimento muitos ainda não têm.
- Diferente da pilha, que o aluno sabe que a eletricidade vai se esgotando, as tomadas são fontes inesgotáveis de eletricidade que os aparelhos vão precisar. Para a maioria dos alunos inexistente a relação da energia que chega à tomada com um gerador elétrico.

Fonte: POZO, J. I. e Gómez Crespo, M. A. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Tradução Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

Nessa perspectiva, para uma melhor compreensão de como funciona a eletrodinâmica, convém demonstrar com praticidade ao aluno que o gerador elétrico vai fornecer energia aos elétrons e este para o aparelho por meio de um circuito fechado. Esse movimento de elétrons entre dois pontos de um circuito só é possível se existir entre eles uma diferença de potencial.

Os conceitos e suas relações exercem um papel essencial na Física. Para Pozo (2009), aprender física exige não apenas aprender conceitos, mas compreender procedimentos de trabalho. As principais dificuldades que os alunos apresentam no estudo das ciências consistem em reconhecer o problema e compreender os conceitos envolvidos.

Desse modo, a sequência didática utilizada na aplicação desse produto educacional, baseada na teoria de Galperín, é exemplo de estratégia que poderá permitir ao aluno, através de uma sucessão de questionamentos e práticas experimentais internalizar concepções e modelos propostos pela ciência.

Constatou-se durante a aplicação do produto que, embora todos tenham conhecimentos intuitivos sobre circuitos elétricos e instalações elétricas residenciais, as ideias que os alunos apresentam nem sempre coincidem com os saberes científicos. Eles sabem que para que uma lâmpada acenda é preciso fornecer energia, mas não pensam que o circuito precisa estar fechado e que uma fonte deve fornecer essa energia aos elétrons.

Os experimentos realizados demonstraram que é possível correlacionar os conhecimentos prévios dos alunos com os conhecimentos científicos que eles irão adquirir em sala de aula. Percebeu-se durante a aplicação do produto educacional que o desencontro entre as ideias dos alunos sobre circuitos elétricos e seus elementos com os conhecimentos científicos pode levá-los a uma aprendizagem significativa, cujas informações atentamente apreendidas denotam o desejo de aprender de cada um deles.

A aprendizagem significativa dos alunos acerca dos fenômenos elétricos depende, consideravelmente, do instrumental de informações e dos seus conhecimentos prévios. Nesse sentido, as informações recebidas em sala de aula sobre esses fenômenos, tendem a contribuir para uma melhor aprendizagem.

3.2 Contribuições da pesquisa no Brasil sobre ensino de corrente elétrica e circuitos elétricos

Para falar das contribuições da pesquisa no Brasil sobre o ensino de corrente e circuitos elétricos foi realizada uma revisão sistemática da literatura, por meio da busca direta nos sites da Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), do Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e em dissertações do Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física (SBF).

O autor deste trabalho dissertativo, pela educação do seu estado, comprometido com a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, interessou-se pelas pesquisas que relatam intervenções didáticas em sala de aula, tratando como

forma de avaliar os entendimentos e dificuldades dos alunos sobre corrente e circuitos elétricos, e assim apontar alternativas para uma melhor compreensão sobre esses fenômenos físicos.

No contexto deste estudo, foram selecionados 22 trabalhos diretamente ligados ao estudo da eletricidade, publicados de 1999 a 2019. Após uma leitura do título e do resumo, adotou-se critérios de exclusão para eliminar trabalhos que não atendiam nossos requisitos. Os critérios de exclusão e a quantidade de artigos que foram excluídos a partir de cada um deles, são apresentados a seguir:

- 1) Artigos ou dissertações que não tratam de ensino de eletricidade com implementação para alunos do ensino médio, destinados à capacitação de professores ou outros profissionais. Por esse critério foram excluídos 4 trabalhos, correspondendo à cerca de 18,18% do total;
- 2) Artigos ou dissertações de natureza puramente teórica sem implementação didática aos alunos do ensino médio. Por esse critério foram excluídos 6 trabalhos, correspondendo à cerca de 27,27% do total;
- 3) Artigos ou dissertações que tratam de eletricidade com implementação no ensino médio, mas não diretamente com corrente e circuitos elétricos. Por esse critério foram excluídos 5 trabalhos, correspondendo à cerca de 22,73% do total.

Seguindo os critérios de exclusão descritos acima, restaram apenas 7 trabalhos (cerca de 31,82% do total), que foram analisados detalhadamente. Considerando os critérios de exclusão, vê-se que é limitado o número de trabalhos implementados com o conteúdo de corrente e circuitos elétricos no ensino médio, o que mostra a necessidade de pesquisas nessa área.

Destaca-se o registro dos trabalhos que foram analisados com o objetivo de verificar as contribuições destes para o aprendizado do aluno do ensino médio sobre os conceitos de corrente e circuitos elétricos, conforme tabela abaixo exposta:

Tabela 1 - Relação dos trabalhos selecionados para análise dos conceitos de corrente e circuitos elétricos

Fonte	Ano	Autor(es)	Título
RBEF	2006	Dorneles, P. F. T.; Araujo, I. S.; Veit. E. A.	Simulação e modelagem computacionais no auxílio na aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade
SBF	2015	Barros, A. N.	Proposta de unidade didática para o ensino de eletrodinâmica com abordagem em instalações elétricas residenciais
SBF	2016	Moraes, M. B. S. e Teixeira, R. M. R.	Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio
RBEF	2017	Araújo de A. V. R.; Silva E. S.; Jesus de V. L. B. e Oliveira de A. L	Uma associação do método <i>Peer Instruction</i> com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa
CBEF	2008	Laburu, C. E.	Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades Conceituais
SBF	2018	Pereira, R. S	A resolução de problemas experimentais como metodologia de ensino no conteúdo de circuitos elétricos resistivos fundamentados na teoria de formação por etapas das ações mentais de Galperin
RBEF	2018	Santos, J. C.; Dickman, A. G.	Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa, adaptada de Teixeira; Greta e Freire Jr (2012).

Barros (2015) traz uma abordagem didática voltada para alunos do ensino médio com aplicação experimental, visando uma aprendizagem significativa. O trabalho desenvolvido é composto de roteiros de aulas práticas em consonância com um projeto de maquete de instalações elétricas a nível residencial. Com essa proposta, o autor acredita diminuir as abstrações e o distanciamento dos conceitos da eletrodinâmica com o cotidiano do aluno do ensino médio, fazendo com que os conhecimentos prévios sejam contemplados, o que, segundo Ausubel é a variável que influencia, por excelência, na real aprendizagem dos alunos.

Para o autor, os resultados obtidos no pré e pós-teste, destacam que esse produto educacional corrobora as expectativas apresentadas na teoria de aprendizagem de Ausubel, que enfoca a interação de instrumentos educacionais com

as experiências trazidas pelos discentes através de seus conhecimentos prévios. Desse modo, a implementação desse trabalho tem potencial significativo para ser desenvolvido com alunos do ensino médio na compreensão das concepções, conceitos e algumas aplicações em instalações residenciais, assim como no estudo da eletrodinâmica, mais especificamente em circuitos elétricos.

Barros (2015) afirma ainda que o destaque fundamental é a relação direta com os conhecimentos prévios e o novo, fazendo assim com que o aluno trace um paralelo entre aquilo que faz parte do seu cotidiano e o que reserva para o conteúdo os conhecimentos científicos.

Araújo et al (2017) fazem uso do método de aprendizagem ativa, conhecido como *Peer Instruction (PI)* para análise de circuitos elétricos, levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos. Idealizado pelo professor de Física Eric Mazur, desde o início dos anos 1990, na Universidade de Harvard, a aplicação do método *PI* permite que os alunos assumam papéis mais ativos durante as aulas, em momentos de discussões com os colegas, quando estão resolvendo testes conceituais referentes aos tópicos em estudo. Durante essa troca de ideias, o professor atua como um mediador, orientando seus alunos e incentivando o debate entre eles. Em publicações brasileiras, essa metodologia é conhecida como Instrução por Pares (IP).

Nesse trabalho foram utilizados circuitos elétricos simples, compostos por uma fonte de tensão e lâmpadas incandescentes. Após apresentar cada circuito, estabeleceu-se, experimentalmente, a relação entre a intensidade da corrente elétrica e a potência dissipada. Na sequência, foram demonstrados os conceitos de associação em série e paralelo nos circuitos, esperando que os alunos fossem capazes de analisar sozinhos o comportamento de outros circuitos semelhantes.

Segundo os autores, das sete turmas que participaram da pesquisa, seis apresentaram ganhos esperados no contexto da aprendizagem ativa, conforme o que descreve a literatura nacional, porém, apenas três alcançaram um nível compatível com a aprendizagem, conforme descreve a literatura internacional.

O texto de Pereira (2018) é o que mais se aproxima dos objetivos da nossa pesquisa, por apresentar experimentos sobre circuitos elétricos, fundamentados nos pressupostos da Teoria de Formação por Etapas das ações Mentais de Galperín. Dentre os objetivos específicos ele busca diagnosticar os conhecimentos dos alunos como ponto de partida na atividade de situações problemas. Isso mostra que os

conhecimentos prévios dos alunos são importantes para a aprendizagem sobre corrente e circuitos elétricos, que deverão ser melhorados no sentido científico.

Os trabalhos acima referenciados descrevem aplicações experimentais com corrente elétrica, enfocam a importância que deve ser dada aos conhecimentos prévios dos alunos e à sua interação nos experimentos realizados para uma aprendizagem significativa. Destacam ainda a mediação do professor, como ponto de partida, para tornar os conceitos sobre corrente e circuitos elétricos mais fáceis de serem assimilados pelos alunos.

Os resultados evidenciam que as atividades propostas nessa sequência didática têm um bom potencial para o estudo de tópicos de eletricidade, pois ao longo da sua aplicação, os alunos demonstraram habilidades para diferenciar e compreender o funcionamento de circuitos elétricos, assimilar conceitos básicos de eletricidade, e entender o funcionamento da rede elétrica residencial.

Moraes e Teixeira (2016) desenvolvem uma metodologia para tornar as aulas de Física mais atraentes, mais especificamente os conteúdos de circuitos elétricos, melhorando os conceitos de eletrodinâmica para os alunos. Usa para a experiência o aplicativo “Edison AC/DC”² para soluções de circuitos elétricos com corrente contínua. Como o aplicativo permite ao aluno interagir direta e virtualmente com o conteúdo de circuitos elétricos, os autores afirmam que, dessa forma, com praticidade e baixo custo, o aluno terá condições de ampliar seus conhecimentos sobre eletrodinâmica, canalizados para uma situação de real visão científica.

Após a implementação, os autores confirmam que os resultados foram positivos, e que os alunos se mostraram satisfeitos com os recursos utilizados. Por meio de diferentes instrumentos de avaliação foi verificado que houve uma aprendizagem significativa por parte da maioria dos alunos. Foram desenvolvidas competências e habilidades e houve motivação para os estudos da Física, o que demonstrou uma reflexão positiva no desempenho dos alunos. Durante a avaliação, os alunos tiveram a oportunidade de opinar sobre a proposta de trabalho e a forma de contribuição dessa para a aprendizagem.

² Software produzido pelo Design Software e distribuído pela Educare Informática. Acesso no endereço: <http://www.educareinfo.com.br/ensmedio/Edison.htm>.

Com experimentos reais e virtuais propostos para alunos do ensino médio sobre eletricidade, Santos e Dickman (2018), desenvolveram quatro estratégias para abordar circuitos elétricos e a Lei de Ohm com alunos do ensino médio. Com a sequência de aulas expositivas, simulações computacionais ou atividades experimentais sobre o tópico estudado. De acordo com os autores, a abordagem experimental, real ou virtual, apresenta uma vantagem significativa sobre as aulas teóricas, reforçando a necessidade desses tipos de intervenção nas aulas sobre circuitos elétricos para alunos do ensino médio.

Para os autores, as simulações e os experimentos reais podem trazer uma melhor aprendizagem. Nas simulações, os alunos têm uma noção de aspectos microscópicos comentados pelos professores, que no mundo real não seria possível. A abordagem experimental real levaria o aluno para o cotidiano, para a junção do científico como os seus conhecimentos prévios sobre o assunto trabalhado em sala de aula. Esta combinação de simulações e os experimentos reais mostrou-se mais eficiente nos trabalhos relatados por Zacharia e Anderson (2003), Zacharia, Olympiou e Papaevripidon(2008) e Zacharia(2007) apud Santos e Dickman (2018).

Os autores afirmam que o objetivo da pesquisa consiste em determinar se as atividades experimentais, reais ou virtuais permitem maior aprendizagem dos alunos em detrimento às aulas expositivas, o que foi confirmado pelos resultados do pós-teste aplicado às turmas.

Analisando as diferentes concepções e raciocínio dos alunos quando o assunto é circuitos elétricos simples, que, muitas vezes, tornam-se obstáculos na aprendizagem, Dorneles; Araujo e Veit (2006), apresentam um trabalho de pesquisa com implementação para alunos do ensino médio, fazendo uso direto de simuladores e modelagens computacionais sobre eletricidade, mais precisamente sobre circuitos elétricos simples.

Os autores fazem referências às concepções alternativas durante a aplicação da pesquisa, dentre as dificuldades conceituais apresentadas quando se trata de corrente elétrica, de compreender que a intensidade da corrente elétrica em um circuito não depende somente da diferença de potencial elétrico nos terminais da fonte, mas também de um elemento do circuito, ou seja, daquilo que a fonte se destina a alimentar. Os alunos por sua vez, emitindo suas concepções alternativas sobre o assunto, pensam que a fonte (por exemplo, uma bateria) é constante, nunca se acaba.

Quando se trata de diferença de potencial os alunos sentem muita dificuldade em diferenciar os conceitos de diferença de potencial de corrente elétrica. Com isso, suas concepções alternativas para esse problema consideram que as diferenças de potenciais entre pares de pontos em todo o circuito, deve permanecer constante, ou seja, quaisquer dois pares de pontos do circuito terão a mesma diferença de potencial. Para os autores, a implementação desse trabalho contribuiu muito para a aprendizagem, comparada às aulas expositivas tradicionais.

Os autores constataram que durante a implementação das atividades, os alunos argumentaram que suas opiniões foram muito importantes, o que leva a crer que os conhecimentos prévios não foram de todo desprezados. Para os autores, as atividades de simulação computacional, contemplando as concepções alternativas, dificuldades de aprendizagem e raciocínio dos alunos reportados da literatura, mostraram-se bastante significativas.

Por meio de uma pesquisa fazendo uso de desenhos de circuitos elétricos como estratégia pedagógica para superar as dificuldades dos alunos nesse assunto, Laburú, C. E.; Gouveia, A. A.; Barros, M. A. (2008), propõem incorporar essa linguagem ao tradicional tratamento quando se faz uso da simbologia tradicional em circuitos elétricos no ensino médio, num paralelo com a linguagem científica, sem deixar de lado os conhecimentos prévios dos alunos, uma vez que a iniciativa dos desenho provém deles.

Para os autores, há no estudo de circuitos elétricos uma grande quantidade de simbologias que fogem do cotidiano dos alunos, o que dificulta muito a aprendizagem, uma vez que antes de compreender o conteúdo precisam entender e memorizar as simbologias. Os símbolos criados pelos alunos confirmam suas concepções implícitas nos desenhos, além de complementar a compreensão do desenho pelo observador.

Uma das atividades consistiu no desenho e discussão de um circuito elétrico constando em série uma lâmpada pisca-pisca de Natal, uma chave interruptora e uma bateria. Na aula seguinte, para observar se os alunos estavam compreendendo os conceitos de circuito fechado ou aberto e o modelo de corrente elétrica, foi solicitado que desenhassem um circuito simples capaz de acender uma lâmpada, especificassem as ligações e representassem por meio de seta o sentido da corrente elétrica.

Para implementar a atividade, os autores trabalharam os conteúdos e na sequência os alunos desenvolveram os desenhos como forma de complementar a

compreensão do funcionamento dos circuitos elétricos, corrente e potência dissipada nos componentes. Essa forma de intervenção é importante para a compreensão dos conteúdos de circuitos elétricos, entretanto o desenho não é autossuficiente em alguns casos. Vai servir como fonte mediadora e estimulante nas reflexões e discussões junto aos alunos durante as aulas de eletrodinâmica.

Os autores citam também as concepções dos alunos que foram trabalhadas durante a implementação da pesquisa, para que no final chegassem a um consenso dentro do raciocínio científico esperado. Como ilustra a concepção de um aluno quando fala: a corrente que sai da pilha vai passando pelos fios, chega até a lâmpada que está ligada a uma chave e retorna para a pilha, e aí completa o circuito. Para os autores, Laburú; Gouveia; Barros (2008), isso mostra um raciocínio sequencial em que a energia da pilha vai se gastando após a corrente fazer todo o percurso do circuito.

Com essa breve revisão sistemática, percebe-se que, nas últimas décadas, tem-se observado a publicação de trabalhos direcionados ao Ensino Médio, que apresentam metodologias diferenciadas, capazes de modificar a estrutura de uma aula tradicional de Física. Artigos nacionais sobre o tema corrente e circuitos elétricos ainda são muito escassos.

Atualmente, há uma preocupação dos estudiosos quando o assunto converge para conceitos científicos da eletricidade com alunos do Ensino Médio. Essa intenção de mudança precisa ser intensificada para num futuro próximo a linguagem e os experimentos científicos tornarem-se o mais próximo possível da realidade dos alunos.

Para Alexis Nikolaevich Leontiev é indiscutível que, qualquer conceito como imagem de objetos e fenômenos deve estar relacionado a um tipo específico de atividade. Desse modo, a formação do conceito não é por si só a elaboração da imagem como elemento da realidade, mas como parte de um processo de um sistema operacional que possui uma estrutura interna. Tudo que for considerado ação e observação devem convergir em mecanismo psicológico do conceito (NUÑEZ, I. B. E PACHECO, G. O., 1998).

Nessa perspectiva, a implementação do produto educacional aqui proposto busca valorizar os conhecimentos prévios dos alunos e, simultaneamente, alinhá-los aos conceitos científicos, com embasamento na Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais de Galperín, apresentada no item 4.1 desta dissertação.

4. PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

4.1 Planejamento da sequência didática com base na Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos de P. Ya. Galperin

Baseado na abordagem sociocultural e da atividade de Vygotsky e Leontiev, de inspiração marxista, explicitada na sexta edição da obra “A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores” (1998), da autoria de Vygotsky, o médico e psicólogo russo, Piotr Yakovlevich Galperin (1902-1988), elaborou a Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos, concebida como uma sequência de etapas que possibilita a realização de uma ação mental, ou seja, a capacidade de executar uma determinada tarefa na mente. Nessa teoria, o mental é entendido como o material transposto para a mente.

Na visão contemporânea da teoria, as etapas contempladas são as seguintes: etapa motivacional,³ etapa de estabelecimento da base orientadora da ação (BOA), etapa de formação da ação no plano material ou materializado, etapa de formação da ação no plano da linguagem externa e a etapa mental.

Partindo do princípio gnosiológico de que o conhecimento se dá por meio da atividade, e que esta por sua vez realiza-se executando ações, a essência da teoria de Galperín (2009), radica no destaque que nela se concede à orientação para realizar satisfatoriamente uma determinada ação mental, começando no plano material até chegar, ao passar por etapas, ao plano mental. Para ele, o conceito somente será elaborado se a ação sobre os objetos se converte em ação mental.

A etapa motivacional é a primeira na teoria de Galperín. Ela resulta imprescindível no início da ação que se deseja realizar, desenvolvendo no aluno curiosidade e interesse pelo estudo em questão. É considerada uma etapa preparatória para a assimilação do conhecimento e oportuna para a exploração de situações-problema coerente com a realidade dos alunos.

Segundo Núñez (2009, p. 99):

Um dos meios que suscita a motivação interna dos alunos é a aprendizagem por problemas ou por situações problemas, nas quais a formação de conceito se vincula diretamente a sua experiência, a seu dia-a-dia, a contextos da

³ Galperín não destacou explicitamente inicialmente a etapa motivacional a despeito de reconhecer sua importância no processo de formação da ação mental.

criação científica, tecnológica e social. Os alunos ficam mais motivados ao constatarem a utilidade prática de seus conhecimentos na atividade produtiva ou criativa.

Como se pode perceber, esse momento deve contemplar situações problemáticas que despertem nos alunos o interesse por aprender uma habilidade que esteja associada às suas vivências diárias. É fundamental considerar que a motivação deve ser conservada por todo o processo de aprendizagem.

A etapa de estabelecimento da base orientadora da ação (BOA) constitui-se no modelo da atividade, ou seja, um projeto de ação que reflita todas as partes estruturais e funcionais da atividade (orientação, execução e controle). A BOA é a instância diretiva e, basicamente, depende dela a qualidade da execução da ação.

No caso do ensino de temas específicos da Física, a BOA deverá representar uma invariante de conhecimento plausível de ser aplicada em um espectro diversificado de situações, nas quais esses temas estão presentes. Assim sendo, o estudo das teorias físicas, privilegiando suas manifestações em fenômenos naturais e artefatos tecnológicos presentes no universo vivencial dos alunos, deverá ocupar um lugar de destaque no ensino.

Na etapa da formação da ação no plano material o aluno depende da presença do objeto externo para realizar a ação. Esta é uma etapa na qual os alunos começam a executar as ações em parceria com os pares. Ocorre no plano concreto, que vai se abstraindo à medida que a linguagem é utilizada ajudando na reflexão acerca do objeto ou da sua representação.

Nesta perspectiva, deve-se buscar fundamentos na teoria da Formação Social da Mente (1998), da autoria de Vygotsky, que enfoca a interação social enquanto veículo fundamental para a transmissão dinâmica do conhecimento, o que implica um mínimo de duas pessoas intercambiando significados. Como instrumentos e signos são construções sócio históricas e culturais, a apropriação destas construções pelo aprendiz dá-se, primordialmente, via interação social. Para Vygotsky, o nível de desenvolvimento proximal, que define as funções em processo de maturação, é determinado através da solução de problemas sob a orientação de adultos e em colaboração com companheiros mais capazes.

A etapa da formação da ação no plano da linguagem externa considera a linguagem como meio fundamental para o processo de interiorização. Assim, no desenvolvimento das atividades com os alunos as discussões relativas aos textos

informativos sobre a temática, destacam-se como fundamentais para que eles possam assimilar os conceitos em discussão.

A etapa de linguagem externa possibilita trabalhar a significação do conteúdo. O trânsito pelas etapas de assimilação permite que os conhecimentos se transformem paulatinamente em significado pessoal, relacionados com as necessidades, os interesses e as convicções da personalidade. (NÚÑEZ, 2009, p. 114).

Nesta etapa, a ação se separa dos objetos materiais ou materializados, transformando-se em raciocínio sobre eles, por meio do relato sobre a ação, que, nesse instante, tem uma base de articulação expressa, em forma de linguagem externa para o próprio indivíduo. (GALPERÍN, 2009). É uma ação interna, entretanto direcionada ao exterior (a si mesmo ou a outra pessoa). O aluno depende das demandas de outras pessoas sobre o conteúdo e a forma de comunicação.

Na etapa da formação da ação do plano mental, os alunos operam no que Galperín denomina de plano mental. A atividade é solucionada de forma independente, sem o auxílio do companheiro, do professor ou da linguagem falada, apenas em seu plano mental, como produto do pensamento, dando-se ênfase a exercícios de maior complexidade, que impliquem a transferência do conhecimento para novas situações. Essa etapa desenvolve-se após o aluno percorrer todo o caminho da internalização. Galperín (2001) esclarece que, havendo assimilado o conteúdo, o objetivo da tarefa e seu reflexo na linguagem, o sujeito transforma-se em amo absoluto do material estudado, assimilando-o completamente.

Compreender as implicações da teoria de Galperín para o ensino significa perceber, na prática, a importância da organização de cada uma das etapas, bem como a articulação que se estabelece entre elas. Neste sentido, uma sequência didática pautada nesta teoria precisa considerar a necessidade da motivação, do estabelecimento da BOA, da orientação e controle durante sua execução. É necessário disponibilizar atividades que permitam ao aluno percorrer as etapas material ou materializada e da linguagem externa para chegar, finalmente, à etapa mental. Quando essas etapas são pontualmente efetivadas, ocorre, de fato, o processo de internalização da atividade externa em atividade interna. Esse, sem dúvida, é o objetivo do processo de ensino escolarizado.

Memorizar conceitos de forma abstrata e dissociada da realidade prática do aluno compromete sobremaneira a qualidade da aprendizagem. A teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos, fornece um arcabouço teórico que

possibilita a superação dessa fragilidade presente no ensino tradicional, anteriormente mencionado, colocando no centro da atenção do processo de ensino e aprendizagem a assimilação por etapas dos conceitos científicos, começando no plano material concreto com a orientação do professor e a participação ativa dos alunos, e finalizando no plano mental, atribuindo a esses conceitos um amplo espectro de significados no contexto sociocultural desses alunos.

4.2 Implementação da sequência didática

O Produto Educacional, consistente em uma sequência didática, representa uma proposta de planejamento das atividades de ensino baseada na teoria de Galperin acerca da formação das ações mentais por etapas, pouco utilizada em nossa prática profissional.

As etapas de assimilação do conhecimento estabelecidas na teoria de Galperín foram apresentadas no desenvolvimento deste estudo, em 5 (cinco) encontros assim compreendidos: Encontro 1 – Etapa Motivacional; Encontro 2 – Etapa de estabelecimento do esquema da Base Orientadora da Ação (BOA); Encontro 3 – Etapa de formação da ação no plano material ou materializado; Encontro 4 – Etapa de formação da ação no plano da linguagem externa; Encontro 5 – Etapa mental.

Foram elaborados dois kits: 1 – Kit para trabalhar os circuitos elétricos DC (corrente contínua) conforme descrição no Apêndice A3, usando lâmpadas incandescentes base E10 de 3,8V/0,3A e 6V/3W e resistores cerâmicos de 1K Ω . O professor poderá utilizar outro formato para a construção desse kit, como Protoboard, fazendo uso de LED. Esses componentes, fixados no kit, deverão ser utilizados como ilustração para as medidas das grandezas físicas acima citadas; 2 – Kit para trabalhar com instalações elétricas residências, conforme descrição no Apêndice A4. Na construção desse kit, o professor poderá utilizar eletroduto flexível (tipo garganta) por ter um baixo custo e, madeira comum ou até mesmo a parede do laboratório como base de apoio.

A aplicação desse Produto Educacional (PE) ocorreu no Colégio Estadual Liceu de Caucaia, na cidade de Caucaia, no estado do Ceará, com duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, turno noturno, num total de 90 discentes, com média de idade de 22 anos, sendo a maioria oriunda da Educação de Jovens e Adultos (EJA), do Ensino Fundamental.

Apesar de todos participarem dos cinco encontros realizados, apenas 16 alunos, 8 de cada turma, foram avaliados até o final das aplicações do produto. Esse procedimento se deu devido à logística de pessoal, pois como só há um professor de Física no colégio, à noite, o controle de uma turma de 45 alunos ficaria inviável.

4.2.1 Encontro 1 – Etapa Motivacional

Plano de Aula 1

Data: 20 de agosto de 2019

Tempo previsto: 90 minutos

Metodologia:

Para a realização deste encontro, que se espelha na primeira etapa da teoria de Galperín, denominada etapa motivacional, foi aplicada uma avaliação diagnóstica no sentido de identificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da relação entre as grandezas da Física e o mecanismo das instalações elétricas de suas residências.

Dada a necessidade de tornar os alunos mais motivados para a busca de novos conhecimentos, de maneira criativa e prazerosa, foram exibidos vídeos e alguns slides sobre os cuidados e especificações técnicas dos equipamentos eletroeletrônicos residenciais.

Para melhores esclarecimentos acerca do assunto, é oportuna a exibição de vídeos com informações importantes sobre segurança em situações de risco de choque elétrico, acidentes com eletricidades e surtos na rede elétrica.

Relato do Encontro 1:

A aula iniciou às 18h 40min, com a turma do 3º ano I, nas duas primeiras aulas, e a turma do 3º J entrou às 20h15min.

Os alunos se deslocaram para o laboratório de Física, onde já estava organizada a logística para o primeiro encontro. Após a fala do professor sobre o desenvolvimento do projeto, todos receberam a avaliação diagnóstica e tiveram o tempo de 20 minutos para responder às questões solicitadas.

Realizada a avaliação diagnóstica, foram apresentadas as características técnicas dos aparelhos eletroeletrônicos utilizados em nossas residências, através da exibição de slides. Durante as projeções foi cedido tempo para perguntas e

comentários sobre os aparelhos, o que gerou bastantes curiosidades por parte dos alunos.

Na sequência, assistiram a 25 minutos de vídeos sobre segurança nas instalações elétricas e os acidentes comuns nessa área por falta de cuidados dos usuários. Os alunos levantaram muitos questionamentos sobre as situações apresentadas nos vídeos, além de relatos de incidentes semelhantes ocorridos em suas próprias residências.

Figura 28: Registro do momento da exposição do Encontro 1



Fonte: Foto registrada pelo autor da pesquisa.

4.2.2 Encontro 2 – Etapa da elaboração da Base Orientadora da Ação (BOA)

Plano de Aula 2

Data: 27 de agosto de 2019

Tempo previsto: 90 minutos

Metodologia:

Essa etapa orientadora da ação pode ser trabalhada com uma série de situações que os alunos vivenciam no dia a dia, em sua casa, escola ou espaço de trabalho. A relação entre os conhecimentos científicos e os adquiridos no cotidiano é de grande importância para o processo ensino-aprendizagem em Física. Dada a importância desta relação entre o conceito espontâneo trazido pelo aluno para o

ambiente escolar e o conceito científico desenvolvido na escola, pode-se analisar, por exemplo, o consumo da energia elétrica. O aluno já traz consigo, como fruto de sua relação cotidiana com o meio social, a convicção de que, usando aparelhos com potências maiores estará utilizando mais energia elétrica, o que implica que a conta de energia deverá ser mais cara ao final do mês. É no ambiente escolar que ele amplia esse conceito, na busca pela sua cientificidade, analisando fatores que interferem nesse aumento e o que pode ser feito para reduzir tal consumo, o que resulta na economia de dinheiro.

A energia elétrica gerada nas usinas é muito importante para o funcionamento dos equipamentos eletroeletrônicos de nossa casa. Cada equipamento possui uma tarefa que, ao ser realizada, necessita dessa fonte de energia, que pode ser transformada em outras energias, de acordo com as especificidades de cada equipamento eletrônico. Nestas condições, os equipamentos eletrônicos, tais como: ar condicionado do tipo split; cafeteira elétrica; geladeira; lavadora de roupas; liquidificador; micro-ondas; sanduicheira; televisor; ventilador, e outros, possuem especificações técnicas para o seu eficiente funcionamento. A explanação dessas especificidades é essencial aos alunos, enquanto preâmbulos básicos ao estudo referenciado.

Os educadores devem criar condições para que o ensino da Física seja motivo de instigação, oferecer estímulos, permitir aos alunos, através de atividades experienciais, criar, explorar, inventar seu próprio modo de expressão e de relação com o mundo, e estar atentos às suas descobertas. As ideias relacionadas às grandezas físicas devem ser trabalhadas com base na cientificidade, fazendo com que o aluno se sinta apto para operar e construir seus conceitos sobre circuitos elétricos.

Nesta perspectiva, através da aplicação de uma sequência didática, inspirada na teoria de Galperin, possibilitou-se aos alunos construir circuitos simples de instalações elétricas, utilizando kits de baixo custo desenvolvido pelo professor, relacionando as etapas descritas por Galperin, como ferramentas adequadas para o trabalho com fundamentos de circuitos elétricos.

Relato do Encontro 2:

A aula iniciou no mesmo horário do encontro anterior, para as duas respectivas turmas. Os alunos se deslocaram para o laboratório de Física, onde o professor já se

encontrava com o Datashow preparado para a exposição dos aparelhos de medição, tais como: amperímetro alicate, wattímetro, detector de tensão e multímetro digital, componentes de circuitos como cabos de cobre de secções variadas, resistores cerâmicos e lâmpadas de LED, dentre outros.

Nas medições de intensidade de corrente com o amperímetro e de tensões elétricas com o uso do voltímetro, foi utilizado o kit de corrente contínua DC, conforme descrição no Apêndice A3. Nele os alunos puderam observar como as medidas são realizadas e fizeram anotações para futuras aplicações, como ilustra a Figura 29.

Foi um momento em que todos os participantes observaram como a intensidade da corrente elétrica influencia no brilho das lâmpadas, uma vez que utilizamos lâmpadas incandescentes e por esse motivo foi possível variar a intensidade da corrente e observar a mudança no brilho das lâmpadas.

Durante as explicações, os alunos tiveram liberdade para questionar sobre a funcionalidade dos aparelhos. Dessa forma, houve perguntas sobre os efeitos da corrente elétrica nas pessoas, os choques, e sobre as descargas, uma vez que é comum ocorrer oscilações na rede elétrica das residências. As dúvidas mais frequentes dos alunos foram sobre as proteções adequadas nas instalações elétricas de suas casas.

Figura 29: Registro do momento de medições com a equipe 1



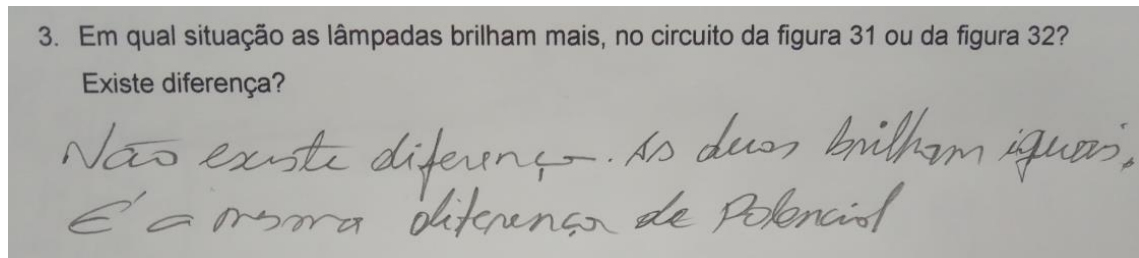
Fonte: Arquivo do autor da pesquisa.

Pode-se verificar na resposta à questão 3, representada na Figura 30, com relação aos circuitos das Figuras 31 e 32, que o aluno já começa a compreender a

importância da diferença de potencial nas extremidades das lâmpadas para estabelecer o seu brilho normal.

Sequência das medições demonstradas para os alunos nesse encontro:

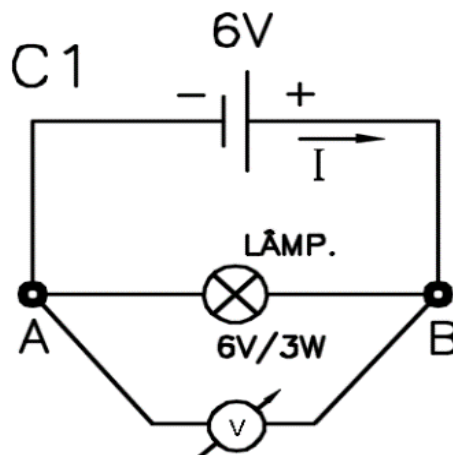
Figura 30 – Resposta à questão sobre diferença de potencial nas lâmpadas



Fonte: Foto registrada pelo autor (2019).

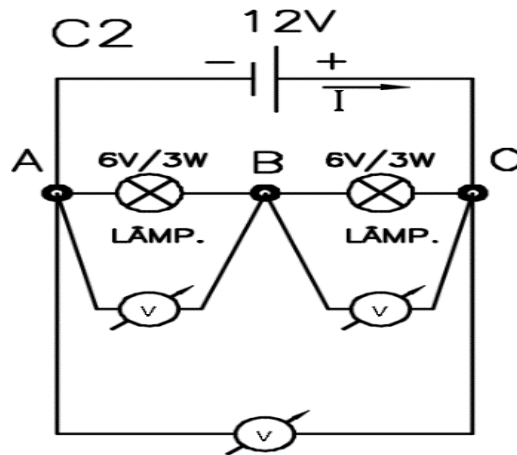
- **Tensão elétrica ou diferença de potencial – uso do voltímetro**

Figura 31 – Circuito com uma lâmpada incandescente de 6V/3W base E10.



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa. Adaptado de: Experimentoteca -CDCC – USP

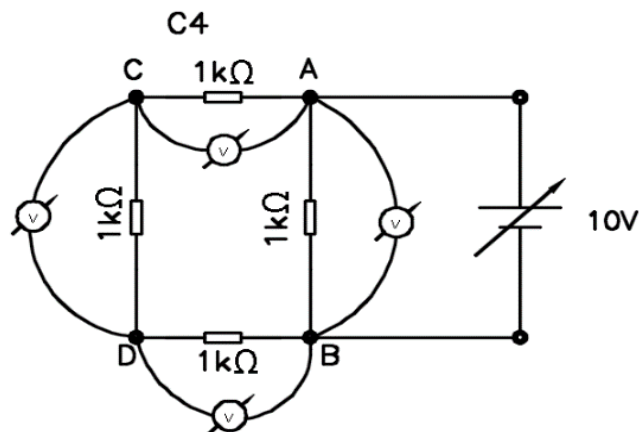
Figura 32 – Circuito com duas lâmpadas incandescente em série, de 6V/3W base E10



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa. Adaptado de: Experimentoteca -CDCC – USP.

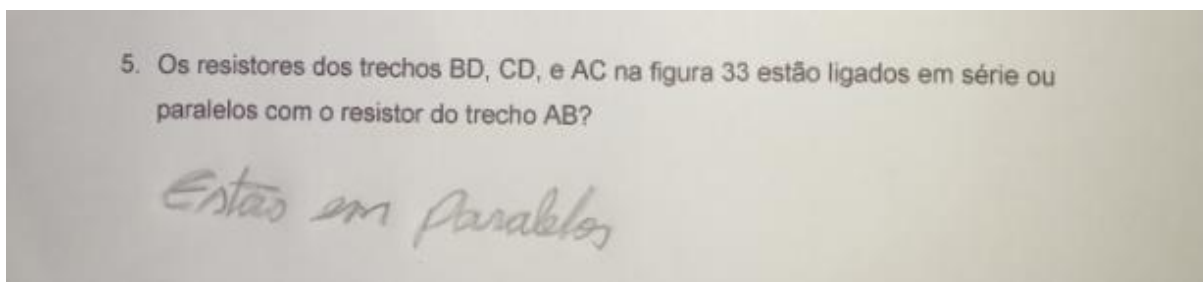
Observamos na questão 5, representada na Figura 34, com relação ao circuito da Figura 33, que o aluno diferencia o circuito série do circuito paralelo, quando diante deste circuito de resistores ele demonstra que devido à divisão da corrente elétrica, explicada no contexto do encontro, sabe que os resistores estão em paralelos.

Figura 33 – Circuito misto resistivo



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 34 – Resposta à questão sobre associação de resistores



Fonte: Foto registrada pelo autor (2019).

4.2.3 Encontro 3 – Etapa Material da Ação

Plano de Aula 3

Data: 4 de setembro de 2019

Tempo previsto: 90 minutos

Metodologia:

Esse terceiro encontro contemplou a etapa chamada de Formação das Ações Externas Materiais ou Materializadas. Nessa etapa das ações materiais, conforme a própria acepção da palavra, os alunos começam a executar as atividades em parceria com os colegas, no plano concreto. Por meio da linguagem, fazem reflexões acerca do objeto estudado, ou seja, comentam entre si tudo o que realizam materialmente.

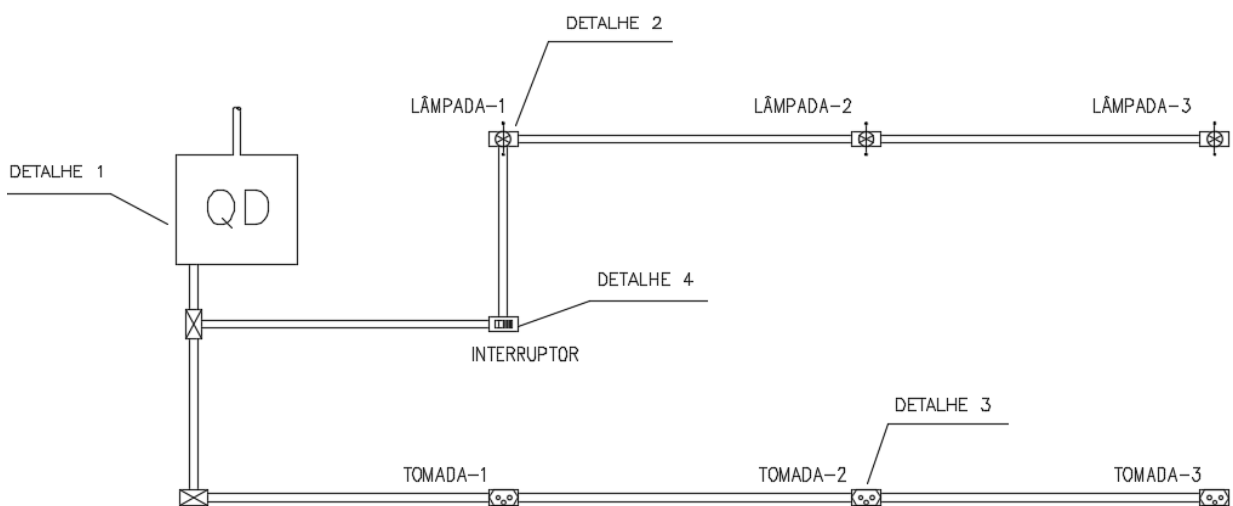
Considerando que a aprendizagem ativa ocorre com maior fluência quando os alunos observam, manipulam e interagem com os seus objetos de conhecimento, foi executada a instalação elétrica simplificada no painel desenvolvido para esse fim, de três quatro circuitos como exemplo para a compreensão das etapas a serem seguidas numa instalação elétrica residencial, na situação real.

Foram criadas 10 questões referente aos conhecimentos específicos da atividade, sendo a 1 e 2 como orientações, a 3, 7, 8, 9 e 10 como anotações de resultados e 4, 5 e 6 como verificação de grandezas nos circuitos, conforme o exposto abaixo:

1) Observar as indicações de segurança apresentadas no roteiro complementar e a adequação dos componentes contidos no quadro de distribuição, bem como a divisão dos circuitos e o sistema de aterramento adotado;

2) Acompanhar o exemplo da instalação do circuito realizado pelo professor, observando o painel de instalações elétricas (Figuras 35a, 35b e 35c), com os detalhes de ligação das lâmpadas e tomadas. Realizar a instalação de três lâmpadas em paralelo, representando o circuito 1, conforme Figura 36. Realizar a instalação dos circuitos 2, 3 e 4 de tomadas, representados pelas Figuras 37, 38 e 39, respectivamente.

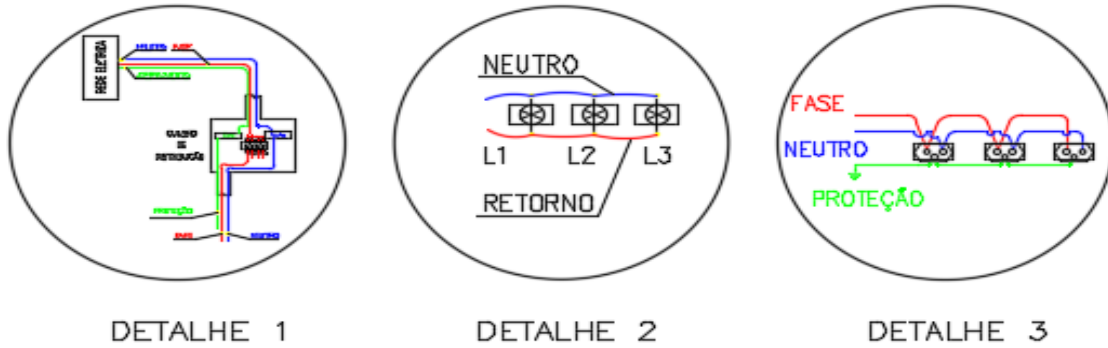
Figura 35a – Painel de instalações elétricas



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

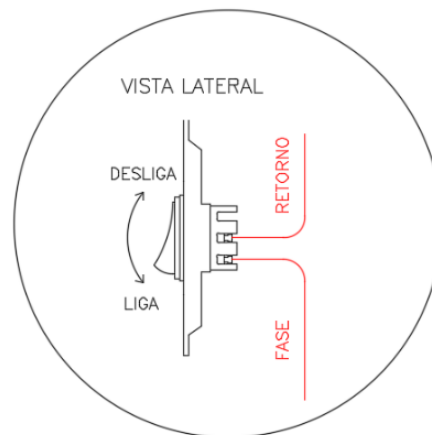
Figura 35b – Detalhes do painel de instalações elétricas

DETALHES



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

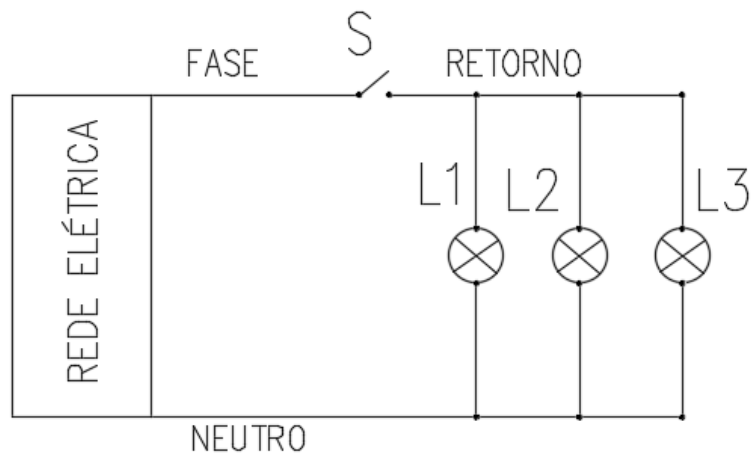
Figura 35c – Detalhes do painel de instalações elétricas



DETALHE 4

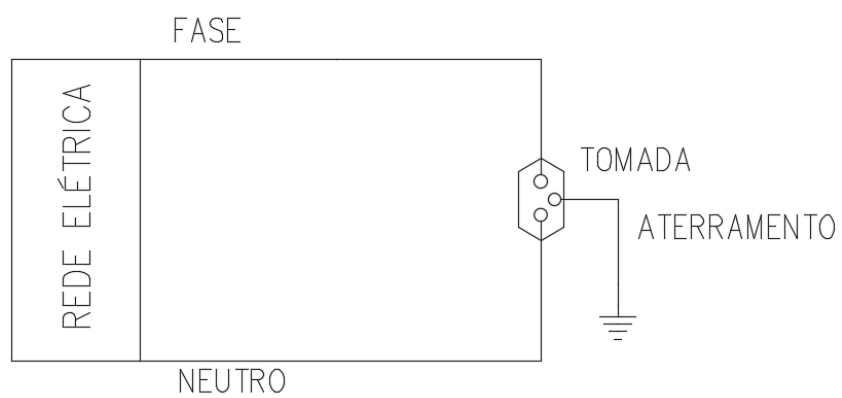
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 36 – Circuito 1: iluminação com três lâmpadas em paralelo



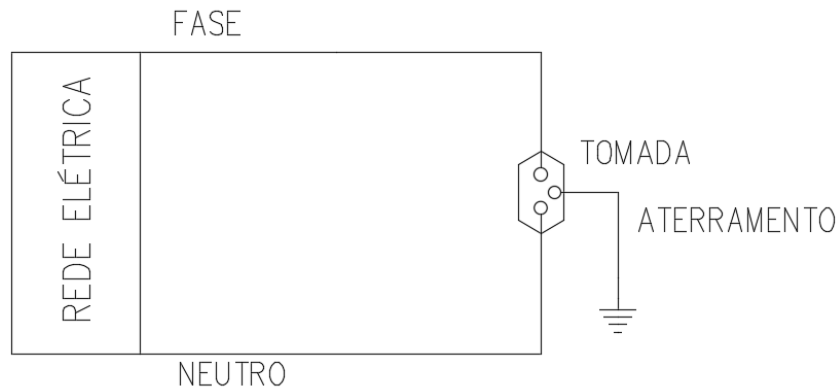
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 37 – Circuito 2: com uma tomada de uso geral



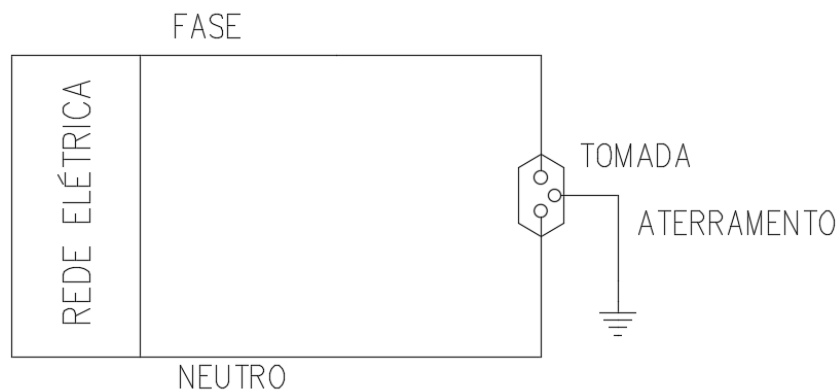
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 38 – Circuito 3: com uma tomada de uso geral



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 39 – Circuito 4: com uma tomada de uso geral



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

3) Após a execução da instalação, identifique os dispositivos elétricos que compõe o painel utilizado.

4) Utilizando um multímetro na função ohmímetro, identifique os circuitos que chegam no quadro de distribuição. Observando o cabo destinado ao condutor fase e o condutor ao neutro.

5) Após autorização do professor, energizar o quadro de distribuição e com o multímetro na função de voltímetro, verificar se os circuitos instalados estão com as tensões nos valores esperados.

6) Verificar a existência de tensão em cada ponto do circuito destinado à instalação de aparelhos com o Detector de Sequência de Fase 3 em 1 MINIPA-EZPHASEII.

7) Ligar o liquidificador na tomada e deixar somente o circuito que o alimenta energizado. Em seguida, plugar o Wattímetro Digital na tomada que energiza o painel. Colocar o aparelho para funcionar na rotação 1, selecionar a função potência no wattímetro e anotar na tabela 3. Selecionar a função corrente e anotar esse valor na tabela 3. Repetir esse processo para a rotação 2 do liquidificador. Complementar a tabela 3 com os valores indicados pelo fabricante na placa que fica fixada no aparelho. No final, comparar os valores obtidos nessas medições.

Tabela 3 – Potência e corrente elétrica

	P(W)- ROTAÇÃO 1	P(W)- ROTAÇÃO 2	I(A) - ROTAÇÃO 1	I(A) - ROTAÇÃO 2
VALOR MEDIDO				
ESPECIFICADO PELO FABRICANTE				

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

8) Colocar as lâmpadas de LED de 8W nos três pontos instalados no circuito 1. Ligar o interruptor e medir a corrente com o wattímetro conectado na tomada que energiza o quadro de disjuntores.

9) Desligar o interruptor por segurança, retirar uma das lâmpadas do circuito 1, acionar o interruptor para acender as lâmpadas e repetir as medições anteriores com o wattímetro. No final, compare esses valores com os observados no item anterior e justifique as diferenças.

10) Acender as três lâmpadas do circuito 1, colocar o wattímetro na tomada que alimenta o painel e medir os valores de potência e corrente total do circuito. Após essa medição, anotar na Tabela 4 a potência total observando os valores especificados

pelo fabricante inseridos no corpo das lâmpadas. Ao final, comparar esses valores e justificar as possíveis diferenças encontradas.

Tabela 4 – Soma total dos valores medidos e especificados

SOMA TOTAL	I(A)	P(W)
VALORES MEDIDOS		
VALORES CALCULADOS		

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Relato do Encontro 3

Para essa atividade foram montados quatro grupos de quatro alunos, sendo 8 de cada turma, num total de 16 alunos. Os demais alunos participaram como observadores e receberam as mesmas informações técnicas dos outros. Esse critério foi adotado por uma questão de tempo e espaço, restringindo a pesquisa especificamente a esses grupos.

O professor realizou um exemplo de instalação elétrica de dois circuitos simples para que os alunos tivessem o primeiro contato com o material a ser utilizado, como mostra a Figura 40.

Figura 40: Prática realizada pelo professor como exemplo



Fonte: Arquivo do autor da pesquisa.

Logo após, dois grupos de quatro alunos realizaram a execução da instalação, seguindo o modelo dado pelo professor, no tempo determinado de 30 minutos para

cada equipe. Nessa etapa, toda a equipe participou da instalação, como mostra a Figura 43.

Figura 41 – Prática dos alunos



Fonte: Arquivo do autor da pesquisa.

Durante a execução da instalação os alunos fizeram as medições solicitadas, inicialmente com um pouco de dificuldade, porque como o laboratório não é destinado especificamente para a área técnica de instalações elétricas, houve a necessidade de adequar um espaço para esse fim. Usou-se como ramal de entrada para o painel, uma tomada monofásica. Por esse motivo, sempre que precisava fazer a medição da potência total da instalação, era utilizado um wattímetro de tomada nessa entrada. Mas a curiosidade e vontade de aprender dos alunos superaram essa dificuldade.

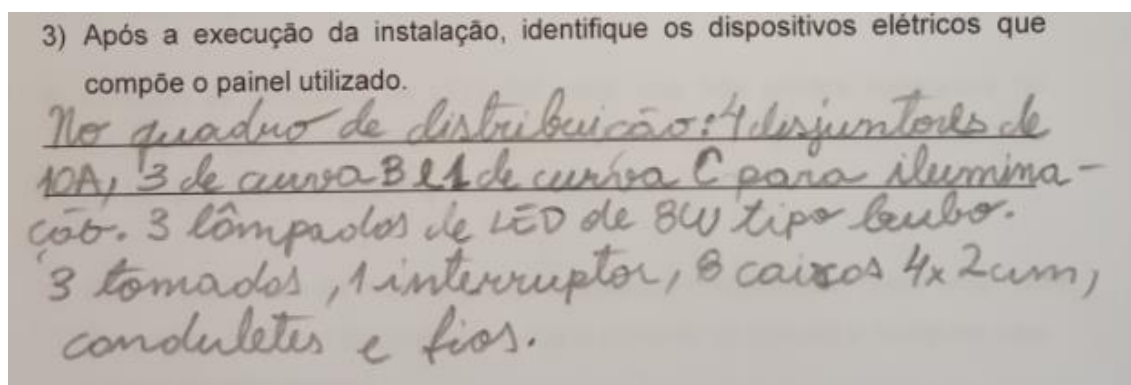
As potências parciais dos equipamentos foram medidas no local e associadas à energia consumida nas residências, levando em consideração o tempo em que esses equipamentos ficariam ligados e o preço do kw.h cobrado pela concessionária local.

Muitos questionamentos foram surgindo por parte dos alunos, tais como: Por que devemos separar os circuitos das residências da gente se toda a corrente passa pelo mesmo medidor? Por que devemos aterrar a instalações se na entrada já tem uma haste de aterramento lá no relógio medidor? Por que o neutro do circuito tem que ser de cor diferente e sempre azul? O condutor do aterramento também precisa ser bem identificado e com a mesma cor verde em toda a instalação? Na minha casa só tem um disjuntor, a instalação não está protegida? Como é que eu faço pra saber qual é a potência total utilizada na instalação elétrica de minha casa?

Todas essas perguntas foram respondidas dentro do contexto definido nessa etapa e sempre que possível, buscando os conceitos vistos na etapa anterior, associados à teoria vista na etapa 2 (Base Orientadora da Ação).

Com o desenvolvimento da atividade, percebeu-se que os conceitos relacionados com as instalações elétricas estavam presentes e foram demonstrados em questões como a 3, representada na Figura 42. Os alunos descreveram os componentes constantes no painel, entretanto tiveram um pouco de dificuldade para compreender a importância na descrição dos disjuntores pelas curvas características. Aqui é importante que o professor explique essa diferença anteriormente e se for preciso, reforce esse conceito durante a etapa materializada.

Figura 42 – Resposta da questão 3



Fonte: Foto registrada pelo autor (2019).

Na questão 7, representada na Figura 43, os alunos colocaram o liquidificador para funcionar e fizeram as medições solicitadas, mas duas equipes não optaram por anotar, ficaram apenas observando as mudanças na potência e corrente do aparelho, uma vez que essa etapa não requer avaliação.

Figura 43 – Resposta da questão 7

7) Ligar o liquidificador na tomada e deixar somente o circuito que o alimenta energizado. Em seguida, plugar o Wattímetro Digital na tomada que energiza o painel. Colocar o aparelho para funcionar na rotação 1, selecionar a função potência no wattímetro e anotar na tabela 3. Selecionar a função corrente e anotar esse valor na tabela 3. Repetir esse processo para a rotação 2 do liquidificador. Complementar a tabela 3 com os valores indicados pelo fabricante na placa que fica fixada no aparelho. No final, comparar os valores obtidos nessas medições.

Tabela 3 – Potência e corrente elétrica

	P(W)- ROTAÇÃO 1	P(W)- ROTAÇÃO 2	I(A) - ROTAÇÃO 1	I(A) - ROTAÇÃO 2
VALOR MEDIDO	1652	2419	0,83A	1,195
ESPECIFICADO PELO FABRICANTE	não	550	não	2,5

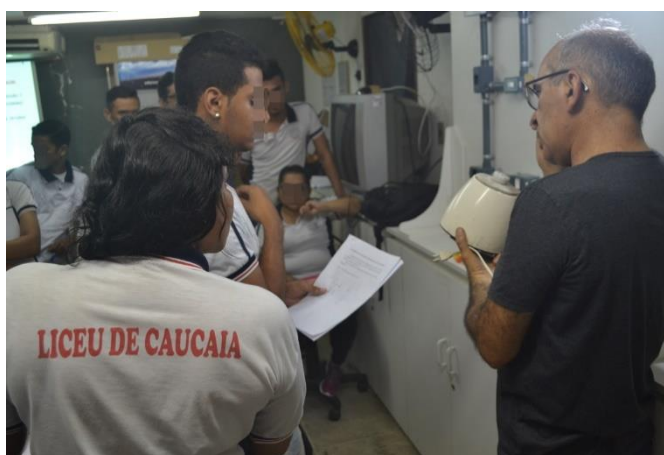
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

A potência especificada pelo fabricante é nas piores condições

Fonte: Foto registrada pelo autor (2019).

Uma das equipes decidiu realizar essa questão 7 fazendo as anotações das grandezas físicas, conforme orientação do professor, mas as outras fizeram outras anotações só como registro e conhecimento, para um posterior esclarecimento de perguntas. Na figura 44, observa-se uma equipe realizando essas medidas.

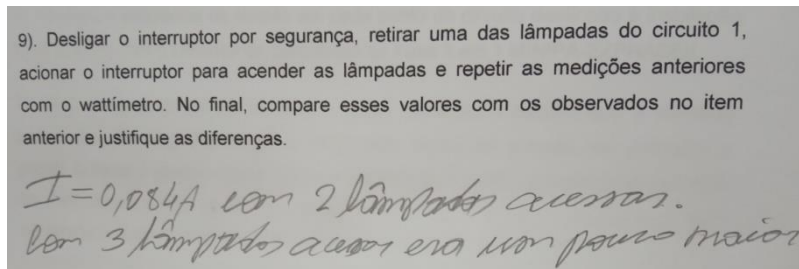
Figura 44 – Prática realizada pelos alunos



Fonte: Arquivo do autor da pesquisa.

Na questão 9, Figura 45, os alunos já tinham realizado outras medidas e não tiveram muita dificuldade em fazer a verificação. Duas equipes optaram por observar e tecer comentários sobre os resultados e não fizeram anotações. Nessa etapa, seguindo o desenvolvimento de Galperin, não há avaliação.

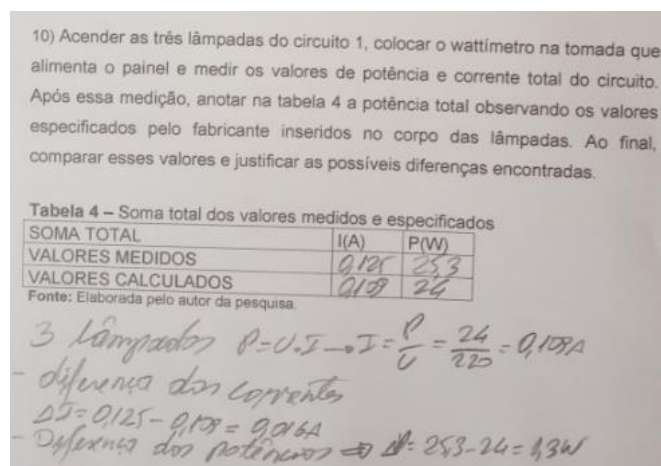
Figura 45 – Reposta da questão 9



Fonte: Foto registrada pelo autor (2019).

A questão 10, Figura 46, foi executada da mesma forma que a questão 9. Os alunos não tiveram muita dificuldade para realizar as medidas, apenas fizeram algumas perguntas durante as medições, tais como: Se só tem um aparelho no circuito, a potência medida e a corrente não deveriam ser a mesma que a calculada? Se esses valores são diferentes, podemos confiar neles para dimensionar a proteção? Todas essas indagações foram respondidas na sequência que foram surgindo.

Figura 46 – Reposta da questão 10



Fonte: Foto registrada pelo autor (2019).

4.2.4 Encontro 4 – Etapa Verbal da Ação

Plano de Aula 4

Data: 10 de setembro de 2019

Tempo previsto: 90 minutos

Metodologia:

Este encontro aconteceu na sala de aula, somente com 16 alunos, 8 de cada turma que participaram do projeto até o final. Não houve necessidade dos grupos se deslocarem ao laboratório, porque essa é uma etapa verbal, cujas palavras mostram como de fato é concebida a atividade solicitada e como a compreensão dos conceitos aprendidos nas etapas anteriores, é importante nessa hora.

Segundo Galperin, a linguagem é o elemento mediador no processo de orientação para a formação das ações mentais, é um importante facilitador da aprendizagem significativa. Nesse contexto, sob a orientação do professor os alunos tiveram acesso aos sistemas simbólicos dos componentes que servem de base para a atividade solicitada de instalação elétrica de uma residência simples.

O processo de aprendizagem, como processo de assimilação dos conteúdos, avança do geral para o concreto, por meio de atividade conjunta e por mecanismos de simbolização do conteúdo, usando a linguagem como meio de formulação linguística de relações e de conscientização do estudante.

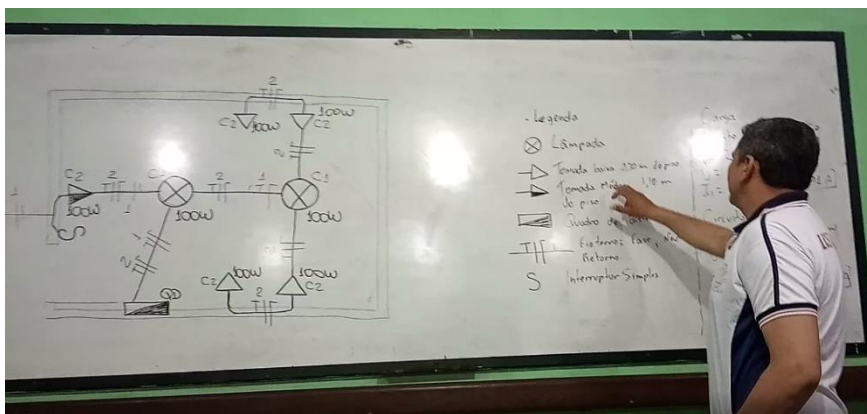
Relato do Encontro 4

As equipes tiveram 10 minutos para arrumar a sala e organizar o material que precisava para fazer o desenho e a instalação elétrica de uma residência simplificada. Eles optaram por fazer o desenho de um cômodo com poucos componentes, na lousa mesmo, e colar os cabos e simbologias dos componentes com fita adesiva. Enquanto um fazia o desenho na lousa, o outro ia verificando as cargas que deveriam ser colocadas em cada ponto do circuito, para posteriormente realizar os cálculos da carga total da instalação e definir os disjuntores de proteção.

No final, eles explicaram como foi o processo da execução dessa ideia, reportando-se ao desenho como parte da linguagem falada. Dispuseram de 30 minutos para realizar o desenho e a instalação e mais 20 minutos para cada apresentação. O resto do tempo foi destinado às argumentações dos colegas da turma.

Nessa etapa, foi realizado um vídeo somente da apresentação de uma turma, com duração de aproximadamente 5 minutos, para uma possível exibição posterior. Na Figura 47, vê-se a equipe no momento da apresentação.

Figura 47 – Apresentação realizada pelos alunos



Fonte: Arquivo do autor da pesquisa.

4.2.5 Encontro 5 – Etapa mental da Ação

Plano de Aula 5

Data: 17 de setembro de 2019

Tempo previsto: 90 minutos

Metodologia:

Este quinto encontro refere-se à execução da etapa mental. De acordo com Núñez (1998), como essa etapa mental é considerada a etapa final no caminho da transformação da ação externa em interna, está intimamente ligada à etapa material e é, portanto, o reflexo dela. Quando uma ação completamente nova se estrutura, sua forma é, inicialmente, material, em seguida, verbal e, por último, mental.

No encontro anterior foi proposto para este que os alunos das quatro equipes desenhassem a instalação elétrica da residência de um deles e apresentasse nesse encontro. Como foram escolhidos somente 16 alunos, 8 de cada turma para participarem do projeto até o final, somente esses alunos ficaram na sala de aula para realizar a atividade dessa etapa.

O motivo dessa opção foi o fato de que por duas vezes os alunos participantes tentaram expor suas atividades e não foi possível. As turmas do 3º Ano do ensino médio noturno no Colégio Liceu de Caucaia sempre ficam lotadas a partir de agosto, muitos alunos conseguem emprego no segundo semestre e passam para esse turno. Controlar esses alunos por um período de 90 minutos para apresentação dos colegas ficou muito complicado.

Um ponto importante nessa etapa é que foi realizada totalmente sem auxílio do professor, pois os alunos executaram a atividade fora do ambiente escolar e trouxeram-na para apresentar em sala de aula. As duas equipes de cada turma, dentro de seus respectivos horários apresentaram suas atividades. Um representante falou pelos demais com apoio deles e os questionamentos relacionados às dificuldades em realizar essa atividade foram de todos.

Nessa atividade, o professor pode substituir os desenhos por um Seminário. Os alunos poderão coletar informações da instalação elétrica de suas residências e descrevê-las dentro das normas de segurança estabelecidas pela NBR5410/2004.

Relato do Encontro 5:

Como na etapa anterior, as equipes tiveram 10 minutos para organizar a sala e o material para realizar a apresentação. O desenho já estava pronto numa folha de cartolina branca para ser afixada na lousa facilitando a apresentação. Na hora da aula, os alunos puderam observar as ações das equipes, e, posteriormente, argumentaram sobre as dificuldades e facilidades na realização dessa atividade.

Durante a aplicação desse produto, os alunos devem estar bem à vontade, para fazer perguntas livremente, sem interferência do professor. Surgem dúvidas e curiosidades que muitas vezes vêm de conceitos considerados como mitos nas instalações elétricas, que resultam da falta de conhecimentos técnicos importantes para a segurança deles. Perguntas do tipo: Professor, para que tantos disjuntores num quadro de distribuição de uma residência? Cada instalação não é um disjuntor?

Nesse encontro, apenas os 16 alunos foram avaliados dentro da proposta do produto educacional desenvolvido. Os demais alunos permaneceram como ouvintes, conforme demonstra a Figura 48.

Figura 48 – Apresentação realizada pelos alunos



Fonte: Arquivo do autor da pesquisa.

Após a realização dessa atividade, foi aplicada uma avaliação final, com 10 questões objetivas, Apêndice A2, objetivando verificar a aprendizagem adquirida durante a aplicação desse produto educacional sobre circuitos elétricos, que serviu como atividade para o terceiro bimestre das duas turmas, conforme Figura 49.

Figura 49 – Avaliação final



Fonte: Arquivo do autor da pesquisa.

5 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Na Figura 50 e gráfico 1, mostram os resultados da avaliação diagnóstica realizada por meio do questionário de 10 (dez) perguntas, apresentado no Apêndice A1.

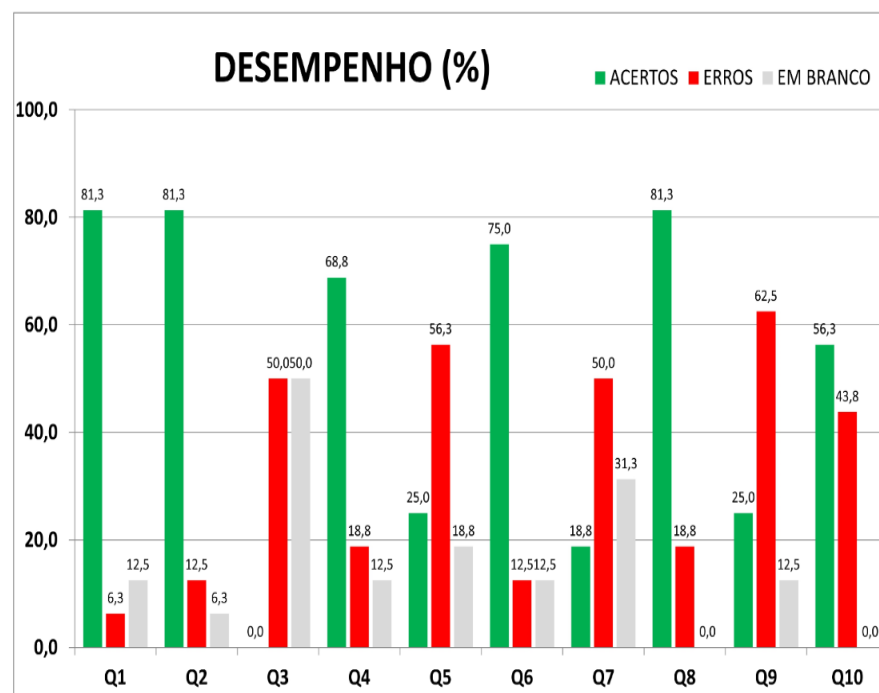
Figura 50 – Análise estatística da avaliação diagnóstica por aluno

Nº	ALUNOS	P.T.A.	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q.C.	P.A.	Q.E.	P.E.	Q.B.	P.B.
		10	D*	A*	D*	A*	C*	E*	C*	E*	B*	D*		%	%	%	%	%
1	ALUNO A	10	D	A		A	C	E	C	E	B	D	9	90	0	0	1	10
2	ALUNO B	10		A		A	C	E	C	E	B	D	6	60	2	20	2	20
3	ALUNO C	10	D	A	E	A	C	E	D	E		D	7	70	2	20	1	10
4	ALUNO D	10		A	C	A	A	E		E	B	D	6	60	2	20	2	20
5	ALUNO E	10	F	A	C	A		E		E		F	4	40	3	30	3	30
6	ALUNO F	10	D	A		A	C	E	C	E	B	D	9	90	0	0	1	10
7	ALUNO G	10	D	A		A	C	E	C	E	B	D	6	60	3	30	1	10
8	ALUNO H	10	D	A	E	A		C		D	E	D	4	40	4	40	2	20
9	ALUNO I	10	D	A	A			E	C	E	E	A	4	40	4	40	2	20
10	ALUNO J	10	D	C		F	A	E	C	D	F	A	3	30	6	60	1	10
11	ALUNO K	10	D				A	E	C	E	A	C	3	30	4	40	3	30
12	ALUNO L	10	D	A		A	A	E	C	D	E	F	4	40	5	50	1	10
13	ALUNO M	10	D	A	E	A	C	E		E	D	D	7	70	2	20	1	10
14	ALUNO N	10	D	A	A	E	A		C	D	E	A	2	20	7	70	1	10
15	ALUNO O	10	D	A		A	A	C	C	E	A	D	6	60	3	30	1	10
16	ALUNO P	10	D	C	E	C	A			E	C	D	2	20	6	60	2	20

LEGENDA	
P.T.A. = Pontuação Total da Avaliação	Q.E. = Questões Erradas
Q.C. = Questões Certas	P.E. = Percentual de Erro
P.A. = Percentual de Acerto	Q.B. = Questões em Branco
	P.B. = Percentual em Branco

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

Gráfico 1 – Análise estatística da avaliação diagnóstica por questão



Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

No gráfico 1, percebeu-se nas questões Q1, Q2, Q4, Q6, Q8 e Q10 percentuais de acertos maiores: 81,3%, 81,3%, 68,8%, 75%, 81,3% e 56,3%. Presume-se que tal ocorrência se deve à elaboração de algumas questões conceituais e outras

formuladas com textos relativamente pequenos que exigem conhecimentos do cotidiano, onde aparece cálculo somente na Q10, e muito simples.

Nas questões Q3, Q5, Q7 e Q9 que envolvem cálculos, alguns alunos marcaram a opção errada e outros nem tentaram resolver, deixando-as em branco, demonstrando assim dificuldade na interpretação do texto e, principalmente, nos cálculos.

Na avaliação final consideramos, além dos resultados acima apresentados, a participação dos alunos nas atividades desenvolvidas em todos os encontros contemplados na nossa proposta de intervenção em sala de aula. Os resultados dessa avaliação final, por aluno e por questão são mostrados na Figura 51 e no gráfico 2, de um questionário de 10 (dez) perguntas conforme Apêndice A2.

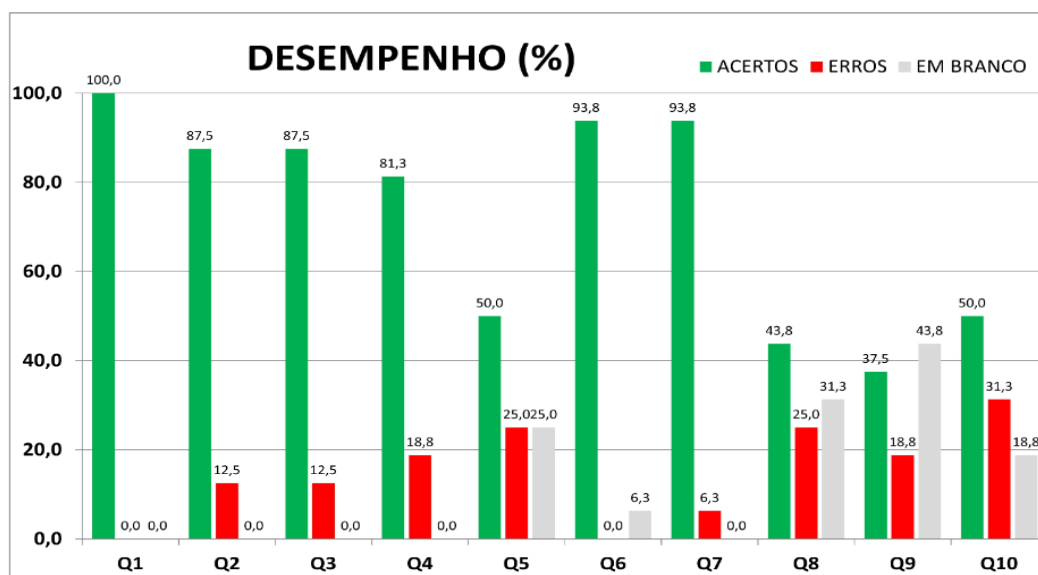
Figura 51 – Análise estatística da avaliação final por aluno

Nº	ALUNOS	P.T.A.	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q.C.	P.A.	Q.E.	P.E.	Q.B.	P.B.
		10	D*	D*	E*	E*	E*	A*	C*	E*	C*	C*		%		%		%
1	ALUNO A	10	D	D	E	E	E	A	C	E	C	C	10	100	0	0	0	0
2	ALUNO B	10	D	D	E	E	E	A	C		E	C	7	70	2	20	1	10
3	ALUNO C	10	D	D	E	E	E	A	C	E	C	E	9	90	1	10	0	0
4	ALUNO D	10	D	D	E	E		A	C	E	C	C	9	90	0	0	1	10
5	ALUNO E	10	D	D	E	E	E	A	C			E	6	60	2	20	2	20
6	ALUNO F	10	D	D	E	E	E	A	C	E	C	C	10	100	0	0	0	0
7	ALUNO G	10	D	D	E	E		A	C	E	C	C	8	80	1	10	1	10
8	ALUNO H	10	D	E	E	E		A	C			C	6	60	1	10	3	30
9	ALUNO I	10	D	D	A	E	E	A	C	C			5	50	3	30	2	20
10	ALUNO J	10	D	D	E	E	E	A	C			E	5	50	3	30	2	20
11	ALUNO K	10	D	D	E	E		A	C	C			6	60	1	10	3	30
12	ALUNO L	10	D	D	E	E	E	A	C	E		E	7	70	2	20	1	10
13	ALUNO M	10	D	D	E	E	E	A	C	E	C	E	10	100	0	0	0	0
14	ALUNO N	10	D	D	E	E	E		D		E	C	5	50	3	30	2	20
15	ALUNO O	10	D	D	E	E	E	A	C	E	E		8	80	1	10	1	10
16	ALUNO P	10	D	E	E	E	E	A	C	E		E	5	50	4	40	1	10

LEGENDA	
P.T.A. = Pontuação Total da Avaliação	Q.E. = Questões Erradas
Q.C. = Questões Certas	P.E. = Percentual de Erro
P.A. = Percentual de Acerto	Q.B. = Questões em Branco
	P.B. = Percentual em Branco

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

Gráfico 2 – Análise estatística da avaliação final por questão



Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

Abaixo analisamos o cumprimento dos objetivos de aprendizagem pretendidos com a implementação do produto educacional, relacionando-os com questões do questionário do Apêndice A2.

Objetivo de aprendizagem

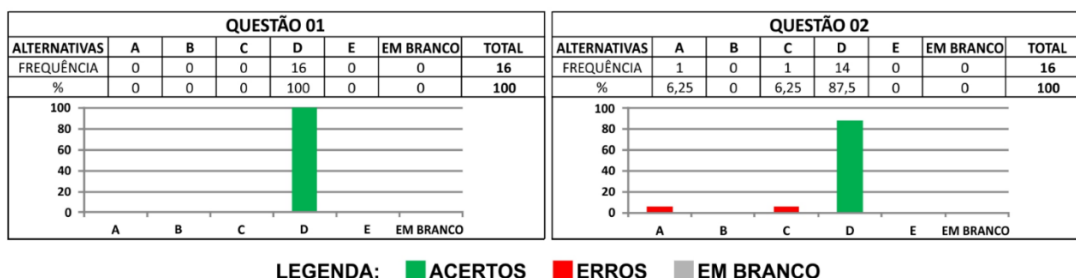
- Compreender a importância dos condutores adequados a serem usados nos circuitos de uma instalação elétrica residencial.

Questões analisadas

(QUESTÃO 01- Apêndice A2)

(QUESTÃO 02- Apêndice A2)

Gráfico 3 – Análise sintética por questão



Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

A questão 1 refere-se ao conhecimento dos condutores adequados para um determinado circuito. A letra D representa a secção adequada para o condutor neutro num circuito monofásico. Como se verifica no gráfico, esse ponto foi assimilado por todos os alunos que realizaram a avaliação. Por ter sido um ponto muito comentado durante a aplicação do produto, ficou evidente que eles entenderam a importância desse conhecimento na hora de fazer uma instalação elétrica residencial, ou mesmo verificar se a instalação de sua casa está de acordo com a norma técnica.

A questão 2 traz uma referência ao circuito de iluminação. Busca saber se os alunos assimilaram a importância de separar os circuitos e não misturar iluminação com tomadas, e se as cores também foram assimiladas. A letra D, que representa a opção correta, mostra que o retorno sai do interruptor e vai para a lâmpada e deve ter a cor do fase de preferência. Pode-se verificar no gráfico que a maioria dos alunos compreenderam essa distinção. Mas dois alunos não conseguiram assimilar essa importância, não observaram nas demonstrações e explicações durante a apresentação do produto, que o azul representa o neutro e o verde o condutor de proteção (terra).

Objetivo de aprendizagem:

- Dimensionar a potência de um circuito ou instalação elétrica residencial simplificada e o custo do consumo de energia.

Questões analisadas

(QUESTÃO 06- Apêndice A2)

(QUESTÃO 09- Apêndice A2)

Gráfico 4 – Análise sintética por questão



Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

A questão 6 traz o conceito de circuitos paralelos, que o aluno já observou nas medições realizadas durante a aplicação do produto, e de como se comporta a potência num circuito quando se colocam ou se retiram as cargas. A letra A, que é a opção correta, mostra que a potência total do circuito é a soma algébrica de todas as potências da instalação. Observou-se pelo gráfico, que quase todos os alunos assimilaram esse conceito. Como foi um assunto que eles mesmos fizeram duas práticas e ainda viram as demonstrações durante a aplicação do produto, não demonstraram muita dificuldade em compreender. Mas um aluno teve dúvidas, e, como foi solicitado durante a realização da avaliação, caso houvesse dúvida por não ter compreendido deixasse a questão em branco, isso ele fez.

A questão 9 refere-se ao custo do consumo da energia elétrica numa residência, cuja letra C representa a opção correta. O aluno precisa saber a quantidade de banhos no dia, a duração desse banho, quantos dias no mês ocorre esse banho e o custo do KW.h cobrado pela concessionária local. Pelo gráfico, pode-se perceber que dos 16 alunos, apenas 6 (37,5%) conseguiram realizar esses cálculos e informar a resposta correta. Apenas 1 (6,25%) realizou os cálculos, mas não conseguiram chegar à resposta correta. E 7, (43,75%) dos alunos tiveram dúvidas e nem tentaram realizar esses cálculos. Como foi dito anteriormente, quando eles tivessem dúvidas, não marcassem para não configurar que a questão foi realizada na sorte.

Como se pode observar nos dados acima, quando as questões envolvem cálculos, mesmo que esses tenham tido exemplos de diversas formas, ainda assim

os alunos continuam com muita dificuldade nesse item. A Matemática envolvida nos problemas de Física continua sendo um ponto importante que merece um destaque na hora que o professor for trabalhar qualquer assunto.

Objetivos de aprendizagem:

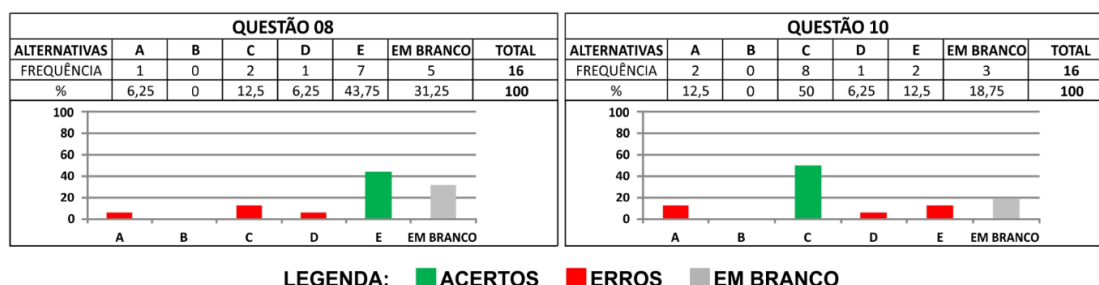
- Identificar circuitos série e paralelo;
- Compreender diferença de potencial entre dois pontos de um circuito.

Questões analisadas

(QUESTÃO 08- Apêndice A2)

(QUESTÃO 10- Apêndice A2)

Gráfico 5 – Análise sintética por questão



Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

A questão 8 destaca o conhecimento de circuitos série e paralelo, de forma que os alunos que tiverem realizado experiência ou estudado esses tipos de circuitos não terão muita dificuldade em identificar o desenho correto que corresponde a essa questão. A letra E representa a opção correta, uma vez que a lâmpada deve acender com o acionamento do interruptor e isso não deve afetar o funcionamento das tomadas. Pelo gráfico, 7 alunos (43,75%), quase metade dos 16, acertaram a opção, mostra que a análise do circuito requer paciência e compreensão do estudo desse tipo de circuito durante a aplicação do produto. Como 1 aluno marcou a letra A, 2 alunos marcaram a letra C e 1 aluno marcou a letra D, num total de 4 alunos (25%) marcando a opção errada, esses não compreenderam os conceitos de circuitos série e paralelo. Ainda pelos dados do gráfico, 5 alunos (31,25%) do total, não sabiam qual circuito era o correto e, portanto, não marcaram nenhuma alternativa.

A questão 10 requer conhecimento sobre diferença de potencial entre dois pontos de um circuito elétrico. A opção C, representa a resposta correta, e para chegar a essa compreensão o aluno precisa saber que resistores representam queda de tensão entre dois pontos de um circuito, precisa saber percorrer o circuito analisando as mudanças de potencial para depois poder identificar as diferenças de potencial nos pontos solicitados.

Pelo gráfico, pode-se perceber que 8 alunos (50%) do total marcaram a opção correta C, souberam fazer a análise e mostraram que compreenderam esses conceitos. Ainda do gráfico, 2 alunos marcaram a letra A, 1 a letra D e 2 a letra E, perfazendo um total de 5 alunos (31,25%), marcando a opção errada, o que mostra que esses alunos não compreenderam os conceitos de diferença de potencial entre dois pontos de um circuito. Pode-se perceber ainda no gráfico que, 3 alunos (18,75%) do total, não entenderam a questão, e, dessa forma, não marcaram nenhuma opção para não configurar questão marcada na sorte.

Com base no acima exposto podemos inferir que os objetivos de aprendizagem foram alcançados pela maioria dos alunos (todos os alunos acertaram no mínimo 50% das alternativas e 12 alunos (75%) acertaram mais do que 50%,). Assim sendo, consideramos que eles conseguiram assimilar conceitos importantes de circuitos elétricos e noções básicas de instalações elétricas residenciais, que podem trazer para cada um segurança ao lidar com eletricidade em suas residências.

6 CONCLUSÃO

A implementação deste produto educacional representa uma proposta de aprendizagem dos conceitos de corrente elétrica e as condições para o estabelecimento da corrente elétrica, o que exige um aprofundamento maior sobre os conceitos de determinadas grandezas físicas. Para tanto, foram discutidos conceitos tais como: portadores de carga; intensidade de corrente elétrica, sentido da corrente, as leis de Ohm, associação de resistores em série, associação de resistores em paralelo, potência elétrica em circuitos, esquemas de ligação de interruptores e tomadas e Instrumentos de medidas elétricas.

Dessa forma, os conceitos aqui estudados podem ser objeto de ensino aprendizagem por professores de Física que queiram abordá-los com turmas do terceiro ano do ensino médio, fazendo uso de outras sequências de atividades, que tenham como base, de preferência, os temas estruturadores propostos nos PCN+, especificamente o tema 4: equipamentos elétricos e telecomunicações.

Nos conteúdos de cada encontro, as atividades propostas foram relacionadas ao teor científico das grandezas físicas estudadas, sempre aproximando a teoria apresentada sobre os fenômenos físicos com o cotidiano do aluno. Neste sentido, foram usados recursos didáticos como experimentos, com componentes elétricos de fácil acesso, tais como: lâmpadas incandescentes de baixa potência, resistores cerâmicos, fios usados em eletrônica, multímetro digital, cabos de cobre para instalação elétrica e kits destinados a esse tipo de experimentos. Dessa forma, buscou-se aproximar o real dos fenômenos estudados aos conhecimentos prévios dos alunos.

Percebeu-se o interesse dos alunos durante as medições das grandezas físicas, como diferença de potência, corrente e potência elétrica. Eles observavam cuidadosamente a forma como as medidas eram realizadas, os detalhes das diferenças apresentadas, perguntavam sempre que as respostas não correspondiam às suas ideias e expectativas. As argumentações mais curiosas e que exigiam estudos mais substanciais eram sempre discutidas entre as equipes.

As dificuldades encontradas durante as aulas com experimentos deram-se, basicamente, devido ao tempo para a implementação dos encontros e ao deslocamento da turma ao laboratório. Para contornar essas dificuldades foram selecionadas apenas algumas equipes, como já citado anteriormente, buscando uma forma de participação mais efetiva nos experimentos e avaliações realizadas.

Observou-se durante a aplicação desse produto educacional que os conhecimentos que os alunos tinham sobre os conceitos de instalações elétricas e especificamente, de circuitos elétricos, eram desprovidos de fundamentos teórico-científicos, e, sobretudo, de aproximação com o mundo real. Após a implementação da sequência didática, esses conhecimentos ampliaram-se mais, de forma que as argumentações sobre o tema ficaram mais consistentes.

Verificou-se que, com a aplicação da sequência didática, houve um significativo aprendizado no estudo, contextualizado nas instalações elétricas residenciais, dos conceitos sobre circuitos elétricos, confirmando a pertinência da proposta de ensino

com base na teoria de Galperin como facilitadora da participação ativa dos estudantes no processo de transformação da atividade externa em atividade interna, resultando na efetiva apropriação do conhecimento elaborado.

Na tentativa de demonstrar aos alunos os conteúdos de circuitos elétricos tendo como base os conhecimentos de instalações elétricas residenciais, de forma prática e o mais próximo possível do cotidiano deles, buscou-se moldar, aprimorar esta pesquisa fugindo da maneira tradicional comumente adotada em salas de aulas, cujo conteúdo é transmitido da mesma forma que está descrito nos livros didáticos, sem que o aluno possa fazer um paralelo com o seu cotidiano.

Pretendeu-se com esta ação pedagógica, oportunizar ao aluno construir e ampliar seus próprios conhecimentos, contribuindo assim para a formação de sua autonomia. Os princípios norteadores do processo ensino-aprendizagem, necessariamente, devem estar vinculados às práticas sociais e ao mundo do trabalho. Desse modo, é imprescindível considerar os conhecimentos prévios dos alunos, agregando os saberes científicos às ideias que eles trazem consigo.

Concluiu-se com este estudo que os resultados obtidos na aprendizagem dos alunos, após a implementação desse produto educacional em sala de aula, representam um estímulo importante para a atuação dos docentes, compreendido, este produto educacional, como uma forma criativa que contribui para a aprendizagem significativa dos alunos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. A. L. et al. - Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, nº 3, e3406 (2018).

Araújo de A. V. R.; Silva E. S.; Jesus de V. L. B. e Oliveira de A. L. Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 39, nº 2, e2401 (2017)

BARROS, A. N. Proposta de unidade didática para o ensino de eletrodinâmica com abordagem em instalações elétricas residenciais. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Natal, RN Agosto de 2015. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ensino Médio. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **PCNs+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio na aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I - circuitos elétricos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 487-496, (2006).

FUKUI, A.; PACCA, J. L. A. Modelo atômico e corrente elétrica na concepção dos estudantes. II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1999. Disponível em: <<http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienepec/Dados/trabalhos/G05.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

GALPERIN, P. Y. Acerca del lenguaje interno. In: ROJAS, Luis Quintanar e SOLOVIEVA, Yulia. **Las funciones psicológica em el desarrollo del niño**. México: Trillas, 2009.

LABURÚ, C. E.; GOUVEIA, A. A.; BARROS. M. A. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: Uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. Mestrado em Ensino de ciências e Educação Matemática UEL. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.26, n.1: p.24-47, abr.2009.

LANA, Carlos Roberto de. **Átomo - Demócrito, Thomson, Rutherford, Bohr e história do átomo**. Publicado em 1º abr. 2014. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/quimica/atomo-a->

<http://educacao.uol.com.br/biografiasdemocritojhtmudemocritoua-thomson-rutherford-bohr-e-historia-do-atomo.htm>>. Acesso em: 29 out. 2019.

MAGALHÃES, Murilo de F; SANTOS, Wilma M. S.; DIAS, Penha M. C. **Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético**: uma Aplicação da História da Física. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rev. Bras. Ensino Fís. vol.24 no.4 São Paulo, 2002.

MANUAL DE EXPERIMENTOS DE LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS. 9 de março de 2018. Universidade Federal do Amazonas. Disponível em: <<http://home.ufam.edu.br/iurybessa/Laborat%C3%B3rio%20de%20Circuitos%20El%C3%A9tricos/labmanual.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

MARKUS, O. – Circuitos elétricos: corrente contínua e corrente alternada. São Paulo, Editora Érica, 2001.

MOREIRA, M.A. e MASINI, E.F.S. **A Aprendizagem Significativa. A Teoria de David Ausubel**, Editora Moraes, 1982.

MORAES, M. B. S. A.; TEIXEIRA, R. M. R. Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio. Textos de Apoio ao Professor de Física, v.17 n.1, 2006. Instituto de Física – UFRGS.<https://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n1_Moraes_Teixeira.pdf>. Acesso em: 12 agosto de 2019.

MOREIRA, M. A. – O que é afinal aprendizagem significativa? Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 23 de abril de 2010. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>> Acesso em: 10 set. 2019.

NORMA BRASILEIRA (NBR) 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão. Disponível em: <https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2019.

NUÑEZ, Isauro Beltrán; PACHECO, Otmara Gonzalez. **Formação de conceito segundo a teoria de Galperin**. Trad. Áurea Maria Corsi. Caderno de pesquisa, nº 105 p. 92-109, nov. 1998. Disponível em: <<http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/cp/article/view/705>>. Acesso em 11 de agosto de 2019.

NÚÑEZ, I.B.; RAMALHO, B. L. (Org.). **Galperin e a teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos**. Disponível em: <<https://www.mercado-de-letras.com.br/resumos/pdf-13-09-18-13-01-34.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

NUSSSENZVEIG, Herch Moyses. **Curso de Física básica**. – 1ª edição – São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

PACCA, J. L. A. et al. Corrente elétrica e circuito elétrico: Algumas concepções do senso comum. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n.2: p.151-167, ago.2003.

PEREIRA, R. S. A resolução de problemas experimentais como metodologia de ensino no conteúdo de circuitos elétricos resistivos fundamentados na teoria de Formação Por Etapas das Ações Mentais de Galperin. Boa Vista – RR, 2018.

PICCOLI, Joelma Toninato Ragonha. **Experimentação no Ensino de Física por Investigação**: um olhar sobre os conteúdos de eletricidade. Cadernos PDE vol. II – Produções Didático-Pedagógicas. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_fis_unioeste_joelmatoninatoragonhapiccoli.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2019.

POZO, J. I. e Gómez Crespo, M. A. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Tradução Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SANTOS, C. J.; DICKMAN, A. G. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 41, nº 1, e20180161 (2019).

SCHLAUCHER, Luciano. Utilização de multiteste artesanal e sequência investigativa para o ensino de eletricidade no nível médio. Dissertação. Cuiabá Maio 2018 Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_luciano_0.pdf> Acesso em: 11 ago. 2019.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Física de São Carlos. Laboratório de Ensino de Física. Laboratório de Física III: livro de práticas/ compilado por Tiago Barbim Batalhão [et al]. São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, 2013. 326p. Disponível em: <<http://granada.ifsc.usp.br/labApoio/images/apostilas/fisicaiii-200815.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

VIGOTSKI, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alex. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. Tradução Maria da Pena Villalobos. 16ª edição – São Paulo: Ícone, 2018.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Tradução: José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Afeche e Solange Castro Afeche. 6ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I, Sears e Zemansky**: mecânica. Colaborador A. Lewis Ford; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. 14. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

 MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	 UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO UFERSA	 SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
--	--	--

PRODUTO EDUCACIONAL

CIRCUITOS ELÉTRICOS: UMA PROPOSTA DE ENSINO CONCEBIDA COM BASE NA TEORIA DA FORMAÇÃO POR ETAPAS DAS AÇÕES MENTAIS E DOS CONCEITOS DE GALPERÍN

José Aécio Vieira Damaceno

Prof. Dr. Carlos Antônio López Ruiz (Orientador)
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN

Prof^a. Dra. Erlania Lima de Oliveira
Coorientadora: MNPEF/UFERSA

Mossoró
Janeiro de 2020

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	92
2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	94
2.1 Encontro 1.....	94
2.2 Encontro 2.....	97
2.3 Encontro 3.....	114
2.4 Encontro 4.....	127
2.5 Encontro 5.....	131
Apêndice A1: Atividade da avaliação diagnóstica.....	133
Apêndice A2: Avaliação final.....	137
Apêndice A3: Especificações do kit de circuitos elétricos de Corrente Contínua – DC.....	140
Apêndice A4 - Descrição do painel de instalações elétricas residenciais.....	145

1 APRESENTAÇÃO

O presente produto educacional, consistente em uma sequência didática, representa uma proposta de planejamento das atividades de ensino baseada em uma teoria pouco usada em nossa prática profissional, a teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos de Galperin (NUNEZ, 1998).

Segundo Galperin, para a internalização de uma atividade externa é necessário realizar 5 (cinco) etapas: a motivacional, a da elaboração da base orientadora da ação (BOA), a da formação das ações externas materiais ou materializadas, a da formação da ação no plano da linguagem externa (etapa verbal) e a mental.

A motivação principal pela escolha do tema circuitos elétricos foi baseada no fato de que as instalações elétricas residenciais fazem parte do universo vivencial mais imediato dos alunos, o que pode propiciar uma aprendizagem significativa de conceitos do eletromagnetismo.

Esse trabalho foi realizado no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no polo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), da cidade de Mossoró, situada no Rio Grande do Norte e implementado no Colégio Estadual Liceu de Caucaia, em Caucaia, no Ceará, com duas turmas do terceiro ano noturno, realizado em cinco encontros, conforme descritos abaixo:

- Encontro 1 – Etapa Motivacional.
- Encontro 2 - Base Orientadora da Ação (BOA).
- Encontro 3 - Formação das ações externas materiais ou materializadas.
- Encontro 4 - Formação da ação no plano da linguagem externa (etapa verbal).
- Encontro 5 - Etapa mental

Para a implementação do Produto Educacional sugere-se a elaboração de dois kits, conforme descrição abaixo:

- Kit para trabalhar os circuitos elétricos de corrente contínua DC conforme descrição no Apêndice 4, usando lâmpadas incandescentes base E10 de 3,8V/0,3A e 6V/3W e resistores cerâmicos de 1K Ω . O professor poderá trabalhar com outro tipo de kit, como, por exemplo: Protoboard fazendo uso de LED no lugar das lâmpadas incandescentes aqui utilizadas. Esses componentes são fixados no kit e deverão ser

utilizados como ilustração para as medidas das grandezas físicas acima citadas.

- Kit para trabalhar com instalações elétricas residências conforme descrição no Apêndice 5. Para a construção desse kit o professor poderá utilizar eletroduto flexível (tipo garganta) por ter um baixo custo e no lugar da placa de MDF, utilizar madeira comum, ou até mesmo a parede do laboratório como base de apoio.

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

2.1 ENCONTRO 1: ETAPA MOTIVACIONAL

Plano de Aula 1

Tempo previsto: 90 minutos

Conteúdo:

- Avaliação diagnóstica;
- Especificações técnicas dos equipamentos eletroeletrônicos comuns em nossas residências e exibição de vídeos sobre acidentes e segurança nas instalações elétricas.

Objetivos de aprendizagem:

- Identificar os conhecimentos pré-existentes dos alunos sobre as grandezas físicas inseridas nos circuitos elétricos e as relações dessas com a instalações elétricas de nossas residências;
- Motivar o aluno para o conhecimento da física envolvida nas instalações elétricas.

Atividade a ser desenvolvida

O encontro deverá começar com um levantamento do conhecimento prévio dos alunos, para isso, sugere-se uma avaliação diagnóstica (Apêndice A), com 10 questões objetivas com conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica, diferença de potencial elétrico, potência elétrica, energia elétrica, cabos conectores, fios de cobre para realização de instalação elétrica. O professor poderá optar por questões subjetivas sem muita complexidade devido ao tempo de 30 minutos destinado à aplicação.

A etapa motivacional pode ser iniciada apresentando uma sequência de situações que o aluno poderá vivenciar no dia a dia em sua casa, escola ou espaço de trabalho, buscando mostrar as especificações técnicas dos aparelhos eletroeletrônicos residenciais, bem como as grandezas físicas que eles estudam em eletricidade no 3º Ano. Exibição de vídeos com informações importantes de segurança em situações de risco de choque elétrico, acidentes com eletricidades e surtos na rede

elétrica. As especificações técnicas aqui apresentadas assim como os vídeos poderão ser substituídos pelo professor por outros com as mesmas características técnicas de informações. Tempo: 60 minutos.

Essa primeira atividade a ser desenvolvida trata das especificações técnicas de aparelhos elétricos utilizados no cotidiano em nossas residências. São as cargas que os circuitos das instalações de nossas residências alimentam. Para o professor que decidir aplicar esse produto, os aparelhos aqui indicados deverão ser mostrados com suas respectivas figuras e fontes, no momento da implementação.

Especificações técnicas a serem apresentadas:

Potência elétrica em watts (w)

Potência mecânica em c.v. (cavalo vapor)

Corrente nominal em Ampères (A)

Tensão de alimentação em volts(V)

Dispositivo de proteção elétrica (Disjuntor)

Cabos de alimentação do equipamento em mm²

Equipamentos a serem indicados

Ar condicionado do tipo split

Geladeiras

Micro-ondas

Lavadora de roupas

Liquidificador

Sanduicheira

Cafeteira elétrica

Televisor

Ventilador

Vídeos a serem vistos

- A eletricidade é a grande causadora de acidentes domésticos. Nesse vídeo serão mostrados os perigos que existem por traz do uso inadequado da eletricidade nas residências.

Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=bepTpuouU34>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

- Acidente com fio elétrico. Nesse vídeo observamos a falta de atenção como causadora de acidentes com eletricidade.

Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=EXv09kBs598&t=16s>>. Acesso em: 16 jan. 2019

- Como sair de um acidente de carro que se chocou em poste energizado. Temos nesse vídeo informações importantes de segurança na hora de sair de um carro energizado acidentalmente.

Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=cOP9QOQ2xxo>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

- Explosão Arco Elétrico. Esse vídeo mostra a falta de atenção como os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) na hora do trabalho com eletricidade como causa de muitos acidentes.

Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=Cw6eaellpjQ&t=1s>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

- Napo - Acidentes com a corrente elétrica. Nesse vídeo temos na forma de animação computadorizada os cuidados que devemos ter ao lidar com eletricidade em nossas residências para choque elétrico.

Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=MmBAWHndRW8&t=23s>>.

Acesso em: 16 jan. 2019.

- O surto elétrico. Nesse vídeo da CLAMPER, temos na forma animada por computador, as demonstrações de como ocorrem os surtos na rede elétrica. Seja externa ou interna às nossas residências. Assim como, a forma de evitá-los com o uso adequado de equipamento de proteção.

Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=J042Ni0vogA>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

2.2 - Encontro 2 – Etapa da elaboração da Base Orientadora da Ação (BOA)

Plano de Aula 2

Tempo previsto: 90 minutos

Conteúdo:

- Conceito de Corrente elétrica; Condições para o estabelecimento da corrente elétrica; Portadores de carga; Intensidade de corrente elétrica; Sentido da corrente; As leis de Ohm; Associação de resistores em série; Associação de resistores em paralelo; Potência elétrica em circuitos; Esquemas de ligação de interruptores e tomadas; e Instrumentos de medidas elétricas.

Objetivos de aprendizagem:

- Entender os conceitos teóricos e práticos da corrente elétrica;
- Reconhecer corrente elétrica como movimento ordenado de cargas elétricas;
- Conhecer a unidade de medida de intensidade de corrente elétrica no SI;
- Compreender elementos e disposição necessária para a configuração de circuitos elétricos;
- Associar a noção de circuitos elétricos aos aparelhos elétricos residenciais;
- Compreender resistores e associação de resistores.
- Compreender os conceitos de potência elétrica nos elementos de circuitos e sua relação com a Corrente, tensão e resistência elétrica.

Implementação do encontro

Na implementação desse encontro o professor deverá explicar os conceitos e leis contemplados nos conteúdos acima indicados, levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e analisando até que pontos as concepções alternativas apresentadas pelos alunos podem ser melhoradas para que se chegue a uma aprendizagem significativa.

Essa etapa tem por objetivo fornecer conhecimentos que propiciem o desenvolvimento de habilidades que capacitem os alunos para utilizar adequadamente os circuitos elétricos presentes nas suas residências. Nela, sob a mediação do professor, o aluno deve participar da discussão dos conceitos e leis básicas do funcionamento desses circuitos presentes nos esquemas de ligação de

interruptores e tomadas, bem como na forma correta de desenho de uma instalação elétrica.

Para que as atividades materializadas da etapa posterior possam ser bem assimiladas e executadas, indica-se a apresentação de um kit experimental simplificado de corrente contínua (Apêndice 4), a fim de que o aluno observe o comportamento das lâmpadas e resistores inseridos em circuitos elétricos, verificando como as grandezas físicas, intensidade da corrente elétrica, resistência, potência nos resistores e lâmpadas, e energia utilizada por equipamentos, aparecem nos circuitos. Aqui o professor precisa deixar claro para o aluno as condições necessárias para a existência da corrente elétrica nos circuitos, assim como sua importância nos circuitos das instalações elétricas residenciais.

Recursos didáticos a serem utilizados

Data show;

Kit de circuitos elétricos de corrente contínua (apêndice 4);

Multiteste digital;

Fonte de tensão DC variável (0-30V);

Soquetes base E10;

Lâmpadas incandescentes base E10;

3 mini lâmpadas base E10 com soquetes, 6V-3W;

2 mini lâmpadas base E10 com soquetes, 3,8V-0,3A;

4 resistores cerâmicos de $1K\Omega$ cada.

2.2.1 Conceito de Corrente elétrica

O professor deve trabalhar o conceito de corrente como resultado do movimento de portadores de carga através de uma superfície imaginária.

Se, como resultado do movimento de portadores de carga através de uma superfície imaginária, através desta passa uma carga elétrica sumária diferente de zero, diz-se que através dessa superfície passa uma corrente elétrica.

2.2.1.1 Condições para o estabelecimento da corrente elétrica

O professor deve informar as condições necessárias para estabelecer a corrente elétrica num condutor. Para isso é preciso que existam portadores de carga

elétrica e um campo elétrico no interior do condutor, que possibilitem a permanência de uma diferença de potencial entre as extremidades desse condutor.

2.2.1.2 Portadores de carga

Nesse tópico, deve ser explicado que os portadores de carga elétrica são partículas carregadas eletricamente, e que nos condutores metálicos como o alumínio e o cobre, os elétrons são os portadores de carga elétrica. Na rede cristalina tais elétrons não interagem apenas com um único átomo, podendo, ao serem compartilhados por todos os átomos dessa rede, se mover, através desta sob a ação de um campo elétrico.

Nos semicondutores como o germânio e o silício, os portadores de carga elétrica são os elétrons e os buracos que também se deslocam sob a influência do campo elétrico.

Nos fluidos condutores, eletrólitos, os portadores de carga elétrica são os íons, positivos e negativos.

Nos gases os portadores de carga são os elétrons e íons.

2.2.1.3 Caracterização da corrente elétrica

Nesse ponto, o professor deverá descrever o que é definido como intensidade de corrente elétrica, o sentido real de circulação e o sentido adotado como convencional no circuito.

2.2.1.3.1 Intensidade de corrente elétrica

Destacar para o aluno que a quantidade de carga elétrica " $dQ = n \cdot e$ ", que atravessa a seção transversal de um condutor por unidade de tempo " dt " é definido como a intensidade de corrente elétrica. Portanto:

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

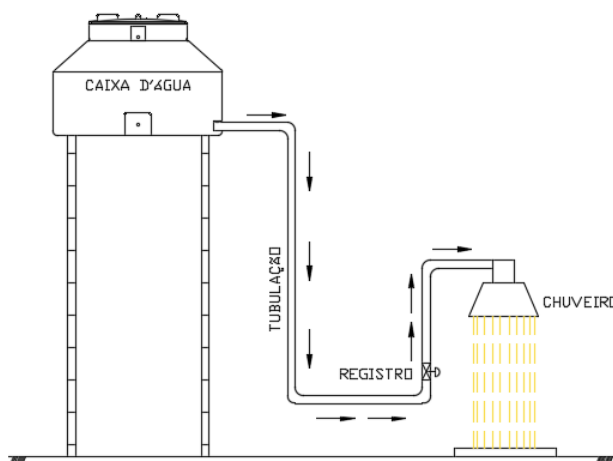
2.2.1.4 - Sentido da corrente

Nesse tópico, o professor deve explicar ao aluno como se dá o processo do fluxo de corrente elétrica, e o motivo do sentido convencional da corrente no circuito elétrico.

Para que o aluno possa compreender melhor o sentido da corrente elétrica, faz-se uma comparação entre a corrente elétrica num circuito e o sistema hidráulico das nossas residências, observando o sistema hidráulico representado na Figura 1 e a analogia com o circuito elétrico representado na Figura 2.

A caixa d'água está a uma determinada altura acima do chuveiro, a um potencial gravitacional maior que o local onde está o chuveiro, devido a essa diferença de potencial gravitacional surge um fluxo de água na tubulação saindo da caixa d'água e chegando ao chuveiro. Dessa forma, pode-se comparar a caixa d'água com a fonte de energia do circuito elétrico, por criar uma diferença de potencial elétrico nos seus terminais fazendo surgir uma corrente elétrica no circuito. A tubulação do sistema hidráulico faz o papel dos condutores elétricos por onde passa a corrente. O registro faz o papel do interruptor "S", que, para permitir o fluxo d'água precisa estar aberto e o interruptor para permitir que a corrente circule, precisa estar fechado. O chuveiro faz o papel do equipamento utilizado no circuito elétrico que vai transformar a energia elétrica em outra forma de energia a ser utilizada pelo homem, como, por exemplo um ferro de passar roupas.

Figura 1 – Sistema hidráulico residencial



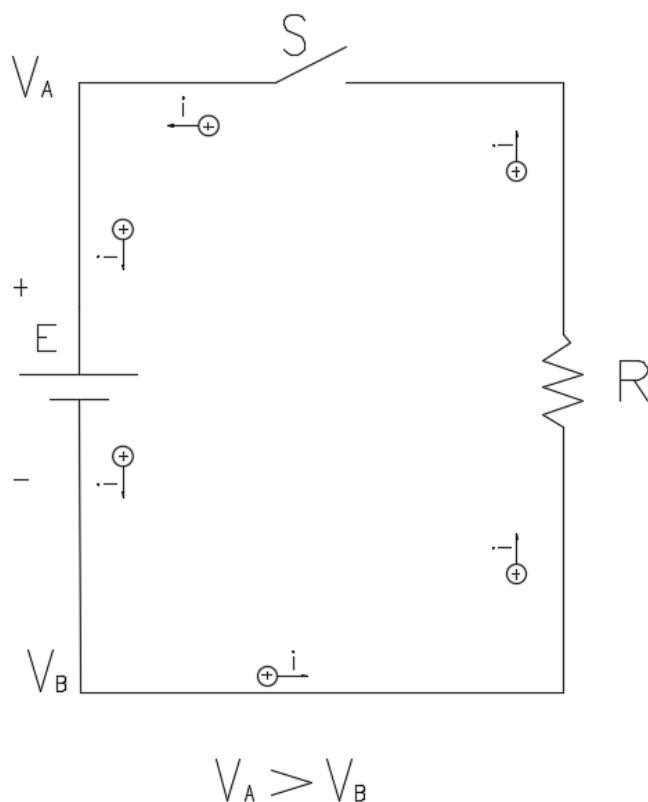
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Da mesma forma que o fluxo d'água sai do potencial gravitacional maior para o menor, os portadores de cargas elétricas nos condutores movem-se dos pontos de maior para os de menor potencial elétrico.

A corrente elétrica que circula nos condutores metálicos é formada por elétrons, ou seja, por cargas negativas que se deslocam no interior do gerador, do menor potencial para o maior potencial.

Para evitar a constância de valores negativos na corrente, adota-se um sentido convencional para ela, como se a corrente elétrica num condutor metálico fosse formada por cargas positivas, indo do potencial maior no interior do gerador para o menor, conforme Figura 2.

Figura 2 – Circuito elétrico simples



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.2.2 As leis de Ohm

O professor deve explicar como foram elaboradas as leis de Ohm, para que o aluno possa entender que as experiências são determinantes para as observações e definições dessas leis da Física.

Após realizar várias medidas de corrente e diferença de potencial nas extremidades de condutores de secção transversal uniforme, o físico e matemático alemão Simon Ohm determinou, em 1827, a relação linear entre a intensidade da corrente e a diferença de potencial, sendo a constante de proporcionalidade dependente do material do condutor, da área da sua secção transversal e de seu comprimento.

Portanto, para uma diferença de potencial, U , entre as extremidades de um condutor cilíndrico e de secção transversal uniforme S e comprimento l , Figura 3, pelo qual passa uma corrente elétrica de intensidade I , essa relação de proporcionalidade entre essas grandezas pode ser expressa como sendo,

$$U = R \cdot I \quad (2)$$

Onde R é a resistência elétrica do condutor, cuja unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o ohm (Ω).

A equação (2) é conhecida como a primeira lei de Ohm.

A resistência do condutor em função de seu comprimento e da área da sua secção transversal calcula-se segundo a equação (3),

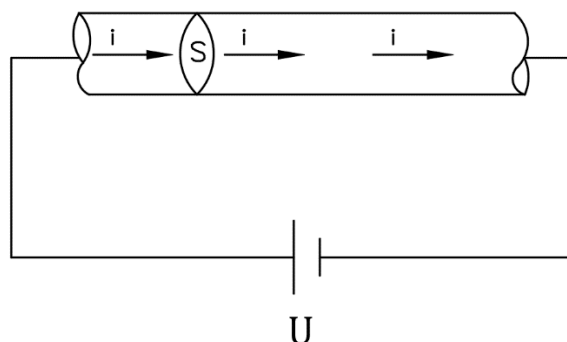
$$R = \frac{l}{\sigma \cdot S} \quad (3)$$

Onde σ é a condutividade elétrica do material é o inverso da resistividade do material ρ . Logo, a equação (3) pode ser escrita, utilizando a resistividade no lugar da condutividade, como,

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (3.1)$$

A equação (3.1) é conhecida como a segunda lei de Ohm.

Figura 3 – Condutor ligado a uma fonte de tensão U



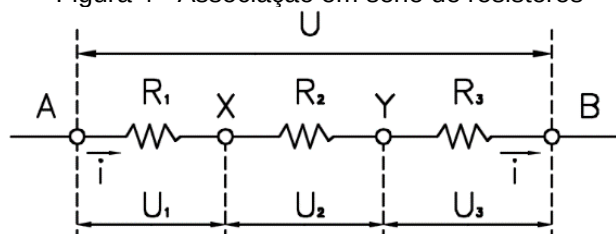
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.2.2.1 Associação de resistores em série

Em se tratando da associação de resistores em série, deve-se explicar as formas como estes podem ser associados, para que o aluno compreenda que nas instalações elétricas residências, esses conceitos precisam estar muito bem definidos em suas mentes.

Portanto, deve-se esclarecer que quando os três resistores R_1 , R_2 e R_3 são ligados, como representados na Figura 4, eles são submetidos à mesma corrente. Nesse caso, a diferença de potencial aplicada entre A e B, se divide entre os três resistores. Nesse caso, diz-se que esses resistores estão associados em série.

Figura 4 - Associação em série de resistores



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Aplicando a primeira lei de Ohm, em cada resistor, tem-se,

$$U_1 = R_1 \cdot i \quad (4)$$

$$U_2 = R_2 \cdot i \quad (5)$$

$$U_3 = R_3 \cdot i \quad (6)$$

Como a diferença de potencial entre A e B se divide para os três resistores, tem-se que:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot I \quad (7)$$

$$U = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i \quad (7.1)$$

$$\frac{U}{I} = (R_1 + R_2 + R_3) \quad (7.2)$$

$$\frac{U}{I} = R_{eq}. \quad (7.3)$$

A equação (7.3) representa a resistência equivalente.

A expressão (7.3) obtida para a resistência equivalente pode ser generalizado para ($n = 1, 2, 3, \dots$), onde n representa o número de resistores associados em série. Dessa forma, tem-se,

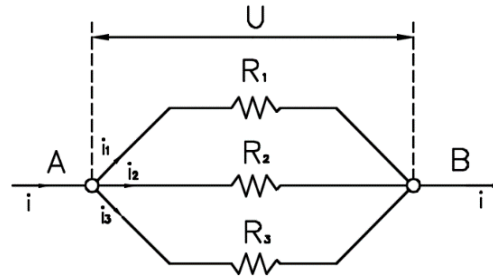
$$R_{eq} = \sum_{n=1}^n R_n \quad (8)$$

2.2.2.2 Associação de resistores em paralelo

O professor deverá explicar as associações de resistores utilizando resistor e lâmpadas incandescentes, deixando claro para o aluno que a lâmpada incandescente faz o papel de um resistor, no sentido da dissipação de calor ao ser percorrida por uma corrente elétrica.

Portanto, para resistores ligados em paralelos, como representado na Figura 5, a corrente em cada resistor, necessariamente, não precisa ser a mesma, mas, a diferença de potencial entre os terminais de cada resistor deverá ser a mesma.

Figura 5 – Associação em paralelo de resistores



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Como se observa na associação, i_1 é a corrente que passa pelo resistor R_1 , i_2 é a corrente que passa pelo resistor R_2 e i_3 é a corrente que passa pelo resistor R_3 . Para determinar a resistência equivalente, sabendo que ela é a razão $\frac{U}{I}$, faz-se para cada resistor:

$$i_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} \quad (9)$$

$$i_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} \quad (10)$$

$$i_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} \quad (11)$$

Sabendo que a corrente que passa do ponto A ao ponto B é I , pode-se escrever:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = \left(\frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2} + \frac{U_{AB}}{R_3} \right) = U_{AB} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (12)$$

Simplificando a equação 11, tem-se:

$$\frac{i}{U_{AB}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (12.1)$$

Combinando as equações (7.3) e (12.1) obtém-se que,

$$\frac{1}{R_{eq}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (12.2)$$

No caso de apenas dois resistores em paralelo tem-se,

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)} \quad (12.3)$$

Como se pode inferir de (12.3), se $R_1 < R_2$, então, $R_{eq} < R_1$. Ou seja, a resistência equivalente da associação de dos resistores em paralelo resulta ser menor que a do resistor de menor resistência.

2.2.3 Potência elétrica em circuitos

O conceito de potência é muito importante e o aluno precisa saber como determinar com as cargas instaladas, por que essa grandeza representa um ponto importante na hora de verificar o consumo de energia da residência.

Dessa forma, pode-se explicar que, para que se tenha uma corrente constante em um elemento resistivo de um circuito, é necessário fornecer uma energia, dw , para transportar uma carga dq entre dois pontos desse elemento, que se encontram em uma diferença de potencial, U . Essa energia por unidade de tempo é a potência, P , da fonte de energia,

$$\frac{dw}{dt} = P = iU \quad (13)$$

Essa potência é dissipada na forma de calor em componentes resistivos do circuito tais como, um ferro de passar roupas, chapinha de alisar cabelos, entre outros.

Aplicando a lei de Ohm à expressão (13) para uma resistência elétrica, R , do resistor tem-se que,

$$P = i^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} \quad (14)$$

Usa-se a expressão (13) quando se determina a potência útil entregue pela fonte à carga, e a expressão (14) quando se quer saber a potência dissipada no componente resistivo do circuito.

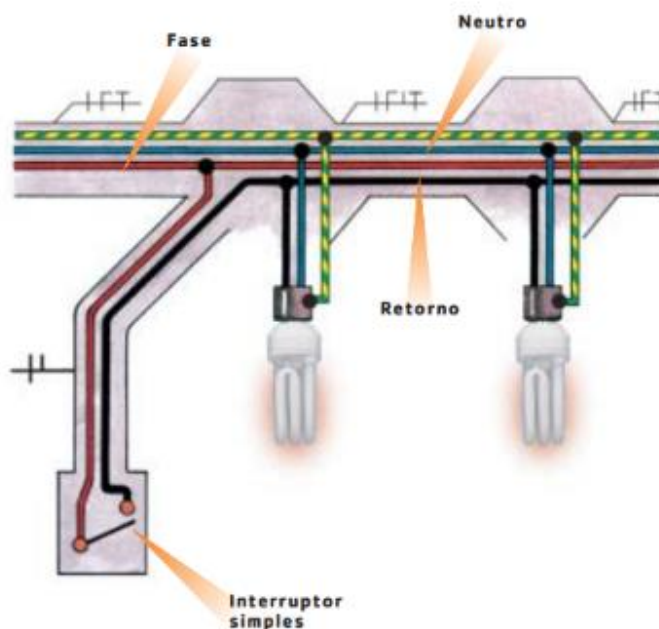
2.2.4 - Esquemas de ligação de interruptores e tomadas

2.2.4.1 Interruptor simples

Os esquemas de ligação de interruptor e tomadas devem ser ensinados para que o aluno possa usar no desenho e instalação da etapa seguinte e compreender o funcionamento do circuito.

Portanto, o interruptor simples indicado na Figura 6, é utilizado para acionar lâmpadas em um único ponto. Por isso, esse tipo de instalação é indicado, principalmente, para ambientes pequenos que possuam apenas uma porta de acesso.

Figura 6 – Interruptor simples

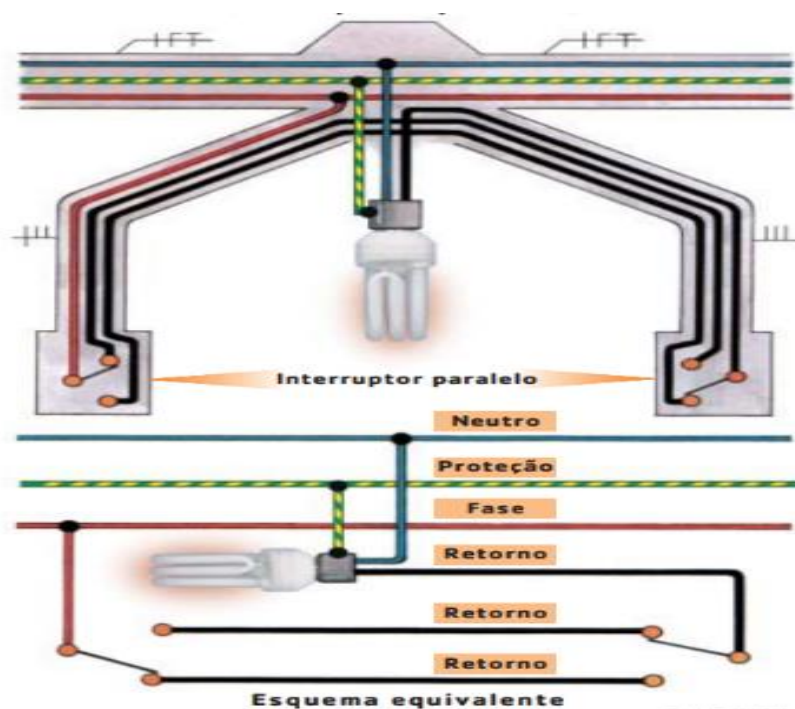


Fonte: br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Manual_Instalacoes_Eletricas_Residenciais.pdf – Acesso em: 16 jun. 2019.

2.2.4.2 Interruptor paralelo (three-way)

Esse tipo de interruptor serve para instalação mais complexa, e indicados para ambientes grandes e que precisam de luzes acesas em dois pontos distintos. O professor deverá explicar a funcionalidade dele e em que situação é mais viável utilizar. Citar que em escadas numa residência, esse é o interruptor utilizado sempre, conforme Figura 7.

Figura 7 – Interruptor paralelo



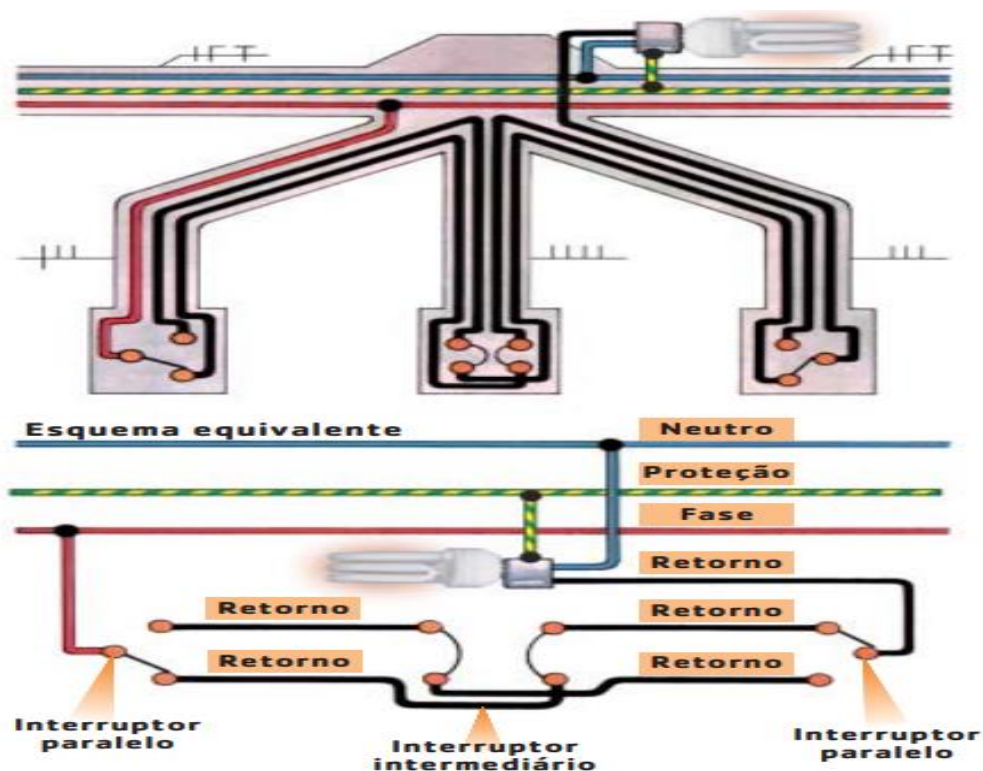
Fonte: br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Manual_Instalacoes_Eletricas_Residenciais.pdf – Acesso em 16 de julho de 2019.

2.2.4.3 Interruptor intermediário (four-way)

O interruptor intermediário indicado na Figura 8, é utilizado em circuitos com três ou mais pontos diferentes. Também conhecido como four-way, deve ser sempre utilizado em conjunto com interruptores paralelos. Sua utilização é ideal para locais com grandes espaços, como depósitos, ginásios, grandes lojas, entre outros.

O professor poderá solicitar que os alunos apresentem nos discursos, exemplos vivenciados no cotidiano.

Figura 8 – Interruptor paralelo



Fonte: br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Manual_Instalacoes_Eletricas_Residenciais.pdf. Acesso em: 16 jul. 2019.

2.2.5 – Instrumentos de medidas elétricas

Nessa fase teórica, o professor demonstra ao aluno a forma que os aparelhos de medições devem ser inseridos nos circuitos para que possam efetuar as devidas medidas das grandezas físicas.

Usa-se o kit de circuitos elétricos DC como ilustração para que os alunos possam compreender a forma correta de efetuar medidas de tensão e corrente elétrica, que auxiliarão nas atividades a serem desenvolvidas em instalações elétricas.

2.2.5.1 - Medidas de tensão e corrente elétrica

Aqui, o professor fará as demonstrações de como realizar as medições. Essa unidade foi desenvolvida como o objetivo de demonstrar, teoricamente, ao aluno a influência da corrente elétrica nos equipamentos como lâmpadas e resistores. O

professor poderá optar por fazer essa demonstração usando um Multímetro Digital simples que, geralmente, consta em laboratório da rede de ensino. Caso tenha que comprar, custa muito pouco.

Para essas demonstrações usam-se os circuitos C1, C2, C3 e C4 do kit para circuitos elétricos DC.

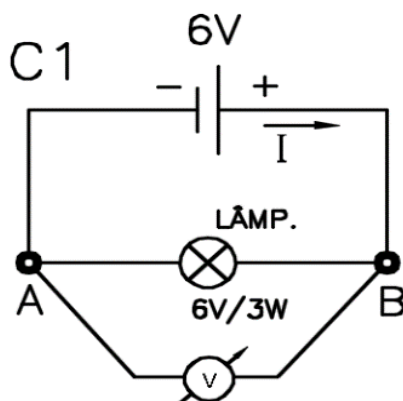
Materiais utilizados:

- 1 fonte de tensão DC variável (0-30V). Nesse caso o professor poderá substituir a fonte por outra de (0-15V);
- 1 multímetro digital;
- 4 lâmpadas incandescente de 6V e 3W base E10;
- Kit de circuitos elétricos DC;
- 4 Resistores: 1K Ω /3W;
- 20cm de cabos de ligação para eletrônica.

2.2.5.1.1 – Voltímetro

- Medida da tensão ou diferença de potencial (d.d.p.)
- Para o circuito C1 do kit, representado na Figura 9.
 - Ajuste a fonte para 6 Vcc, que representa a tensão nominal da lâmpada;
 - Monte o circuito C1 do kit, representado na Figura 9 , sabendo que a lâmpada já se encontra conectada na placa;
 - Coloque o multímetro na função voltímetro, escala 20Vcc, ligue a fonte e meça a tensão entre os pontos A e B (U_{AB}) como indicado na figura e anote na Tabela 1.

Figura 9 – Circuito com uma lâmpada incandescente de 6V/3W base E10.

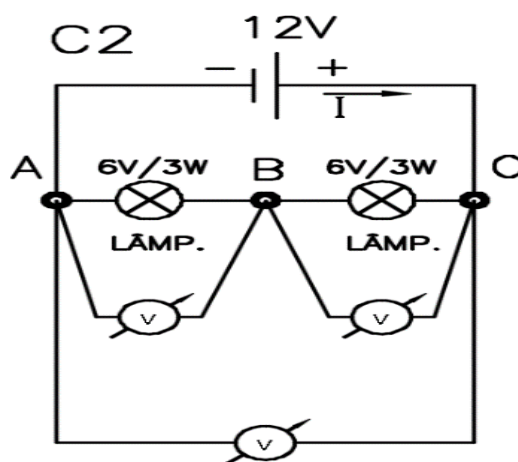


Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa. Adaptado de: Experimentoteca -CDCC – USP.

- Para o circuito C2 do kit, representado na Figura 10.

- Ajuste a fonte para 12 Vcc.
- Monte o circuito C2 do kit, representado na Figura 10 sabendo que as lâmpadas já se encontram conectada na placa;
- Coloque o multímetro na função voltímetro, escala 20Vcc, ligue a fonte e meça a tensão entre os pontos A e B (U_{AB}), B e C (U_{BC}) e A e C (U_{AC}), e anote na Tabela 1.

Figura 10 – Circuito com duas lâmpadas incandescente em série, de 6V/3W base E10

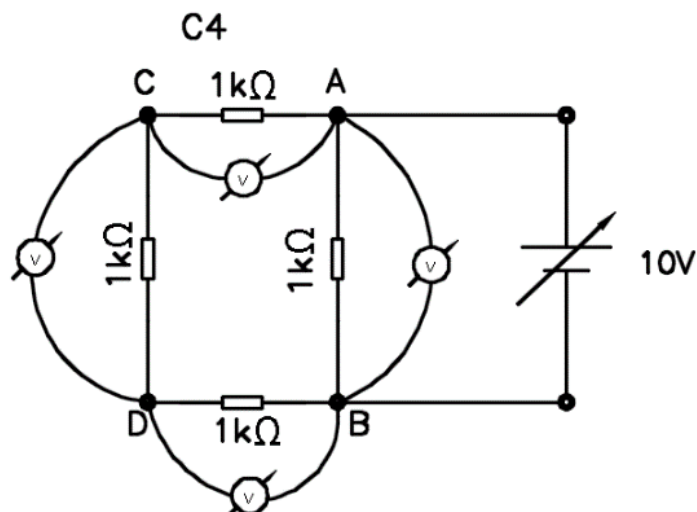


Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa. Adaptado de: Experimentoteca -CDCC – USP.

- Para o circuito C4 do kit, representado na Figura 11.

- Ajuste a fonte para 10 Vcc;
- Conecte a fonte nos pontos A e B, sabendo que os resistores de 1K Ω já se encontram conectados na placa;
- faça as medidas de tensão como indicadas em cada resistor;
- Anote na tabela 1 as tensões U_{AB} , U_{BD} , U_{CD} , U_{AC} .

Figura 11 – Circuito misto resistivo



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

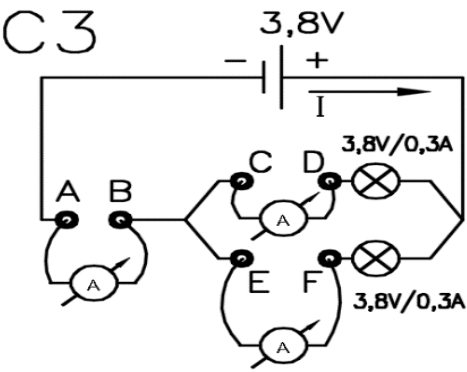
2.2.5.1.2 Amperímetro

- Medindo corrente elétrica DC

- Para o circuito C3 do kit, representado na Figura 12

- Ajuste a fonte para 3,8 Vcc.
- Monte o circuito C3 do kit, representado na Figura 12
- Coloque o multímetro na função amperímetro, escala 20A (DC), ligue a fonte e meça a corrente elétrica entre os pontos A e B (I_{AB}), com os trechos (CD) e (EF) ligados e anote na Tabela 1.
- Feche o trecho (AB), mantendo (EF) fechado, conecte o amperímetro em (CD) conforme figura 26 e meça a corrente elétrica (I_{CD}) e anote na Tabela 1.
- Com o trecho (AB) e (CD) fechados, conecte o amperímetro em (EF) conforme Figura 12, e meça a corrente elétrica (I_{EF}) e anote na Tabela 1.

Figura 12 – Circuito com lâmpadas em paralelo



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa. Adaptado de: Experimentoteca - CDCC – USP.

Tabela 1 – Medidas de tensão e corrente elétrica

Fonte:	COMPONENTES CIRCUITOS	DOS	U(V)
	1 Lâmpada		$U_{AB}=$
	2 Lâmpadas em série		$U_{AB}=$
			$U_{BC}=$
			$U_{AC}=$
	4 Resistores em associação mista		$U_{AB}=$
			$U_{BD}=$
			$U_{CD}=$
			$U_{AC}=$
	2 Lâmpadas em paralelo		i(mA)
			$I_{AB}=$
			$I_{CD}=$
			$I_{EF}=$

Elaborada pelo autor da pesquisa

Para finalizar o encontro recomenda-se discutir com os alunos as seguintes questões:

- 1). Nas tensões medidas: U_{AB} da Figura 9, (uma lâmpada) e U_{AC} da Figura 10, (duas lâmpadas em série) são iguais ou diferentes?
- 2). Quanto vale a soma das tensões ($U_{AB} + U_{BC}$) da Figura 10?
- 3). Em qual situação as lâmpadas brilham mais, no circuito da Figura 10 ou da figura
- 4). Existe diferença? Quanto vale a soma das tensões ($U_{BD} + U_{CD} + U_{AC}$) da figura

5). Os resistores dos trechos BD, CD, e AC na Figura 12, estão ligados em série ou paralelos?

6). Existe diferença de tensão entre a soma ($U_{BD} + U_{CD} + U_{AC}$) e a tensão U_{AB} na Figura 12?

2.3 ENCONTRO 3 – FORMAÇÃO DAS AÇÕES EXTERNAS MATERIAIS OU MATERIALIZADAS

Plano de Aula 3

Tempo previsto: 90 minutos

Conteúdo:

- Instalações elétricas residenciais.
- Medições de tensão, intensidade da corrente e potência elétrica.

Objetivos de aprendizagem:

- Contextualizar o conceito de potência elétrica nos elementos de um circuito elétrico na sua relação com a intensidade da corrente, tensão e resistência elétrica.

Implementação do encontro

Esta é a etapa da teoria de Galperin que trata da formação das ações externas materiais. Nela, será apresentado um exemplo elaborado pelo professor de como realizar a instalação de circuitos elétricos residências. Na implementação desse encontro, o aluno é que irá desenvolver a atividade material baseado na demonstração feita pelo professor e nas explicações do detalhamento da BOA, observadas no encontro 2.

Nesse momento, os conhecimentos prévios do aluno contribuem muito no sentido de responder aos questionamentos trabalhados nesta atividade material. É o momento de discussão enquanto se realiza a ação. Como o aluno está desenvolvendo um circuito de uma instalação elétrica residencial simplificada, os conhecimentos aqui trabalhados deverão ser objetos de generalização.

2.3.1 ROTEIRO COMPLEMENTAR

Para evitar acidentes no laboratório pela falta de cuidados por parte dos alunos, seja por curiosidade ao manusear equipamentos sem conhecimento de seu funcionamento, ou mesmo por acidente involuntário por falta de atenção, foi criado este roteiro e apresentado aos alunos, antes de começarem as atividades materializadas.

Nesse momento, é importante que o professor leia este roteiro para todos e o afixe em local visível, para que tenham acesso durante o tempo que estiverem no laboratório.

Regras gerais de segurança aplicadas a todos os laboratórios de ensino

1. Antes de energizar o circuito, convém certificar-se de que os equipamentos de medição estão com o cursor posicionado na escala de medição adequada à grandeza que será medida (corrente, tensão, resistência, capacitância, indutância, frequência etc.). Em seguida, verifica-se se o cursor está posicionado na escala de medição adequada ao valor da grandeza que será medido. Atenção especial deve ser dada aos multímetros quando estão sendo utilizados, como: amperímetro, voltímetro ou ohmímetro.
2. Verificar a chave de seleção de voltagem de todos os equipamentos observando se eles serão conectados à rede elétrica com tensões adequadas de 220V.
3. Um representante de cada bancada ficará responsável pela organização e entrega de todos os equipamentos e componentes que forem utilizados na aula. Cabe ao professor verificar se todos os itens foram entregues. Ao final da prática, deixar a bancada organizada da mesma forma que estava no início da montagem, com aparelhos desligados e equipamentos guardados nas caixas e/ou embalagens.
4. Durante as aulas utilizar somente as ferramentas e equipamentos disponíveis nos laboratórios.

5. A cortesia, o respeito e a colaboração aos colegas de trabalho, contribuem para o bom andamento do serviço e prevenção de acidentes. As brincadeiras durante o trabalho são muito perigosas, pois podem provocar graves acidentes, além de desentendimentos e discussões entre os colegas. Portanto, como regra geral, deve-se evitar qualquer tipo de brincadeira em sala de aula.
6. A organização da bancada durante a execução das atividades é de grande importância na prevenção de acidentes.
7. Não será permitida a entrada do discente no recinto do laboratório trajando: sandálias, saias, bonés, camisetas cavadas ou decotadas, bermudas, shorts. No laboratório usar sempre algum tipo de calçado que cubra todo o pé, com solado de borracha.
8. Após a prática, desligar os circuitos e realizar a desmontagem de todos os componentes, separando-os e agrupando-os, adequadamente, sobre a bancada, conforme orientação do professor.
9. Proibida a entrada no laboratório com líquidos, independente do reservatório. É proibido fumar, ingerir alimentos ou bebidas no recinto do laboratório.
10. O aluno deve comunicar ao professor qualquer anormalidade identificada na montagem elétrica, em componentes eletrônicos ou nos aparelhos de medição.

2.3.2 Exemplo da atividade a ser realizada pelo professor

Como foi dito na implementação desse encontro, o professor irá complementar os conteúdos da BOA com o exemplo de uma ação materializada que servirá de base para o aluno ou equipe desenvolver a sua atividade e apresentá-la no final do encontro.

O professor deverá executar uma instalação elétrica com dois circuitos simples: O circuito 1 com uma lâmpada e o circuito 2 com uma tomada, seguindo o exemplo da Figura 13, diretamente no painel de instalações elétrica (Apêndice A4 do produto

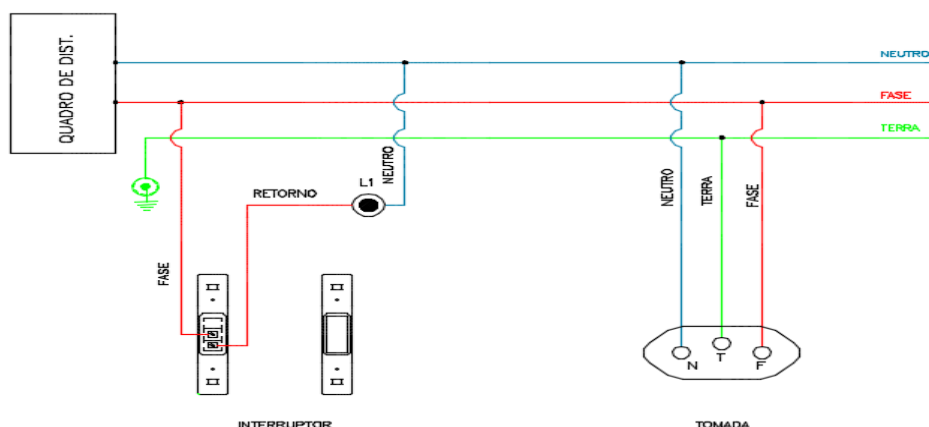
educacional). Após apresentar o seu exemplo, o professor irá apenas acompanhar o desenvolvimento da ação materializada realizada pelos alunos.

No esquema de ligação da lâmpada, o fio neutro na cor azul, padronizada pela NBR 5410/2002, deve ser ligado diretamente num ponto da lâmpada; o fio vermelho (que pode ser substituído por preto ou branco) deve ser ligado no interruptor e dele sair o fio retorno na mesma cor do fase para a lâmpada. Ao ser acionado o interruptor este fechará o circuito com a lâmpada e o neutro, acendendo-a, conforme Figura 14 a.

Para instalar a tomada, usa-se o fio neutro, na cor azul, o fio fase na cor vermelha e o fio de proteção na cor verde. Quando se aciona um aparelho ligado à tomada, fecha-se o circuito e a corrente passa a circular, como mostra a Figura 14b.

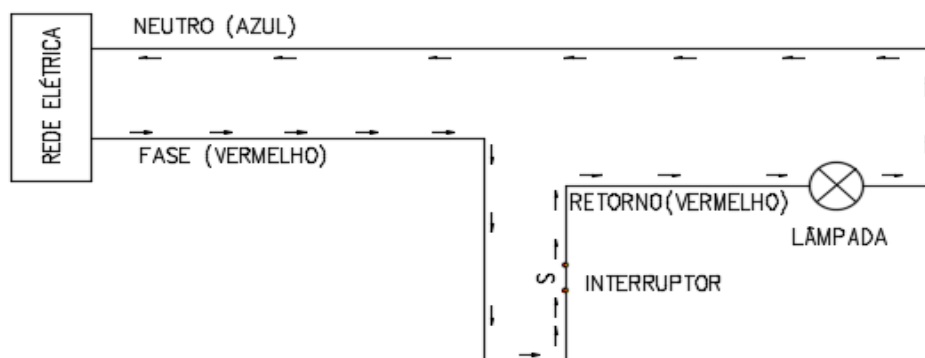
Após a instalação dos dois circuitos, um para a lâmpada e o outro para a tomada, o professor deverá colocar uma lâmpada no ponto especificado no circuito 1; um equipamento elétrico, liquidificador ou outro eletrodoméstico, na tomada do circuito 2, acionar o interruptor e ligar o aparelho. Na sequência, realizar as medidas de intensidade da corrente e potência desses equipamentos na presença dos alunos, para que eles compreendam como se realizam essas medidas elétricas e, posteriormente, possam executá-las com segurança na sua atividade.

Figura 13 – Esquema de ligação de interruptor e tomada



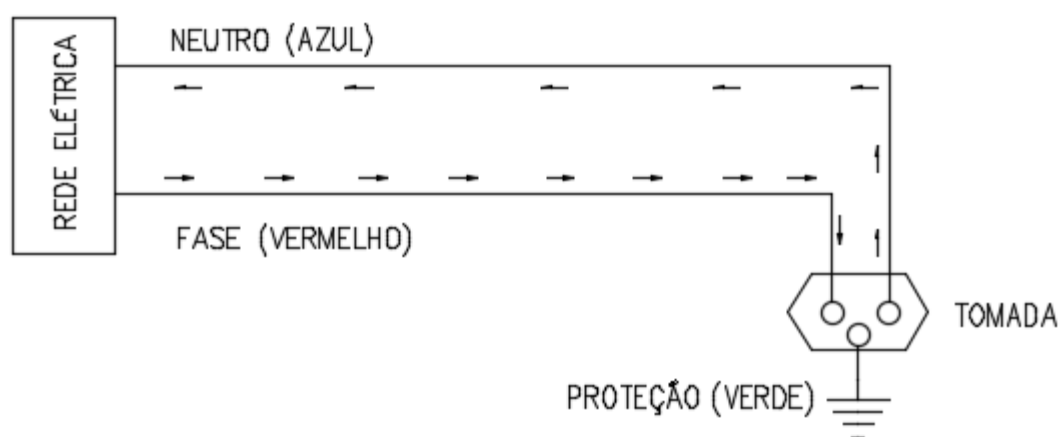
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 14a – Esquema de ligação da lâmpada



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 14b – Esquema de ligação da tomada



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.3.3 Atividade a ser desenvolvida pelos alunos

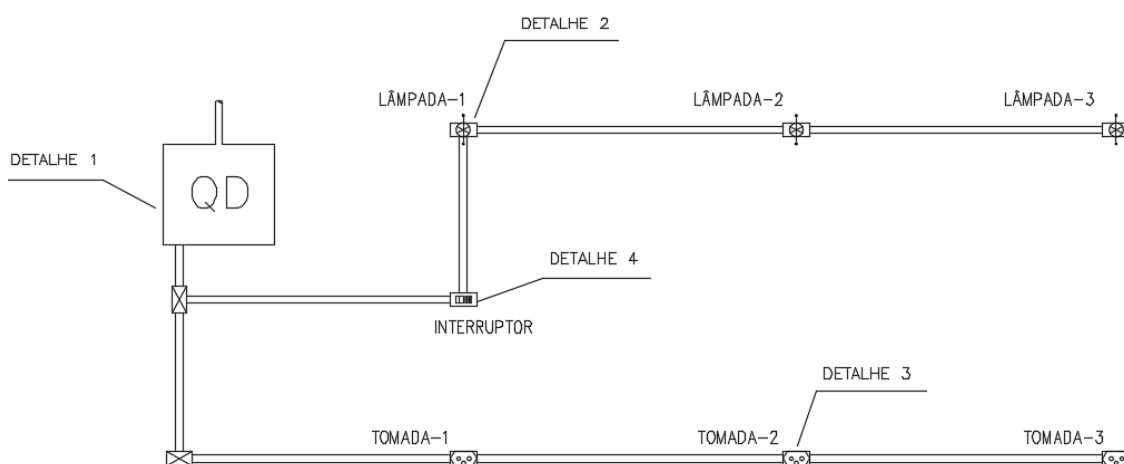
Essa atividade é a concretização da etapa material, quando o aluno deverá realizar a ação propriamente dita, mas ainda não entra no plano mental, que é o plano externo da teoria de Galperín. Com base no exemplo dado pelo professor, o aluno começa a executar a ação, com um diferencial, pois ele pode modificar um pouco de acordo com sua criatividade. Vale ressaltar que essa ação deve ter a supervisão constante do professor, no sentido de propiciar segurança a todos.

A equipe deverá realizar a instalação de quatro circuitos elétricos no painel elaborado para essa finalidade. Um circuito para iluminação, com três lâmpadas e três circuitos para tomadas com uma unidade cada. Todos os membros da equipe deverão participar das operações previstas nessa atividade.

Esse encontro finaliza com a realização dessa atividade, atendendo às seguintes orientações:

- 1) Observar as indicações de segurança apresentadas no roteiro complementar e a adequação dos componentes contidos no quadro de distribuição, bem como a divisão dos circuitos e o sistema de aterramento adotado;
- 2) Acompanhar o exemplo da instalação do circuito realizado pelo professor, observando o painel de instalações elétricas (Figuras 15a, 15b e 15c), com os detalhes de ligação das lâmpadas e tomadas. Realizar a instalação de três lâmpadas em paralelo, representando o circuito 1, conforme Figura 16. Realizar a instalação dos circuitos 2, 3 e 4 de tomadas, representados pelas Figuras 17, 18 e 19, respectivamente.

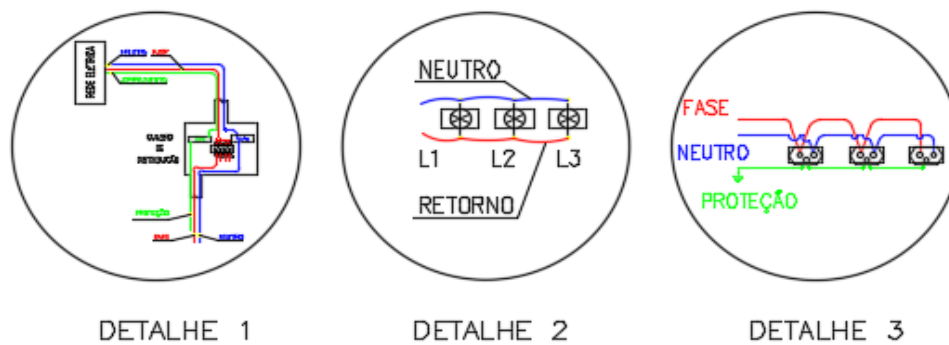
Figura 15a – Painel de instalações elétricas



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

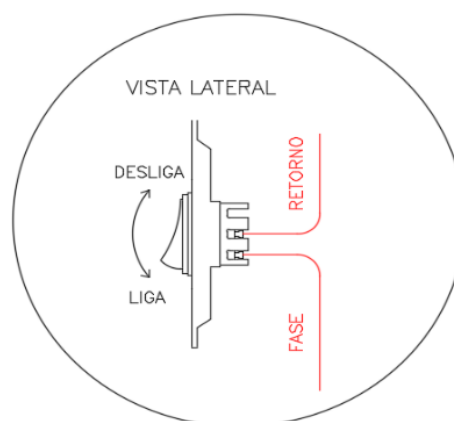
Figura 15b – Detalhes do painel de instalações elétricas

DETALHES



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

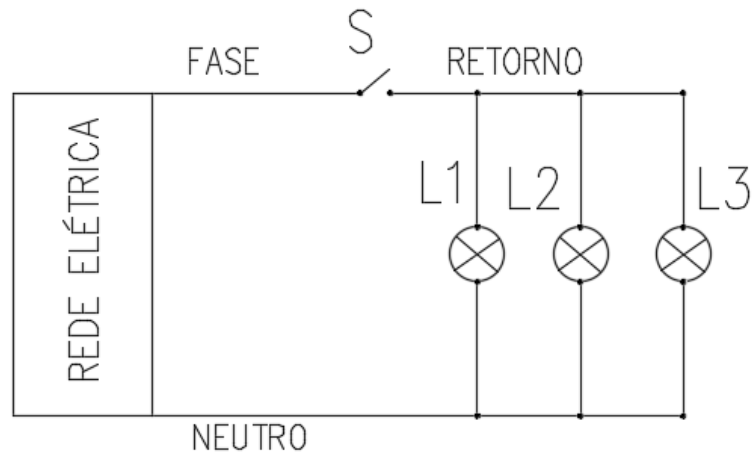
Figura 15c – Detalhes do painel de instalações elétricas



DETALHE 4

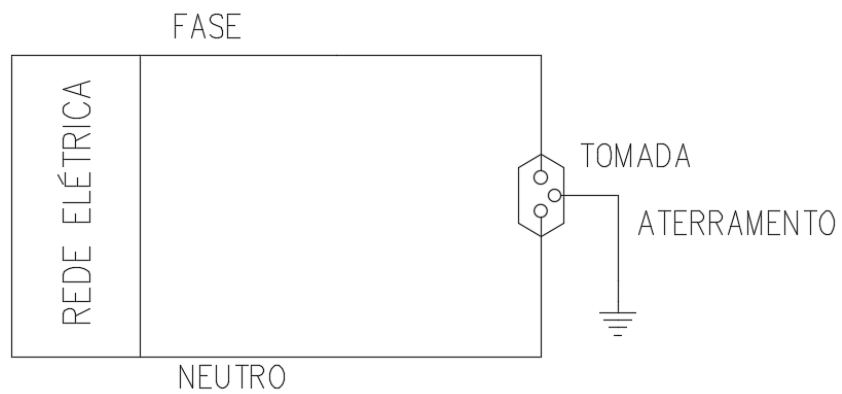
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 16 – Circuito com três lâmpadas em paralelo



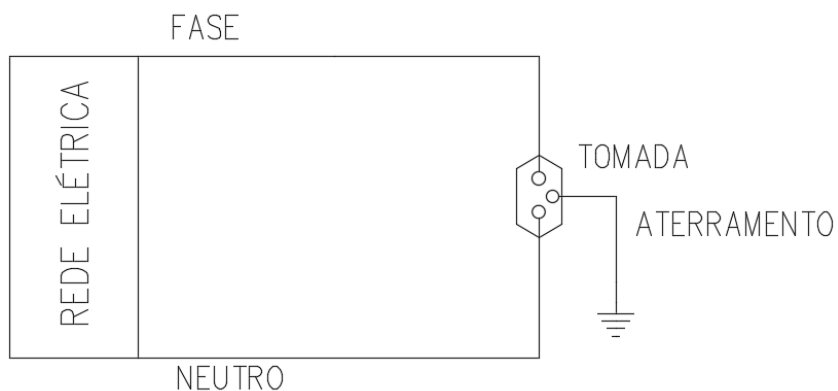
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 17 – Circuito com uma tomada de uso geral



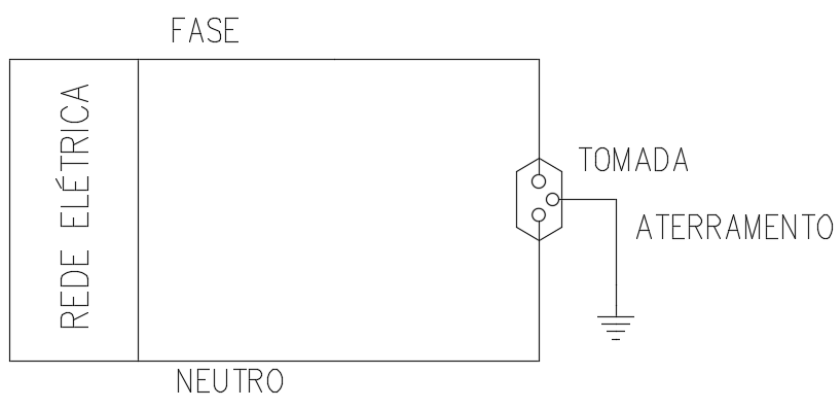
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 18 – Circuito 3: Circuito com uma tomada de uso geral



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 19 – Circuito 4: Circuito com uma tomada de uso geral

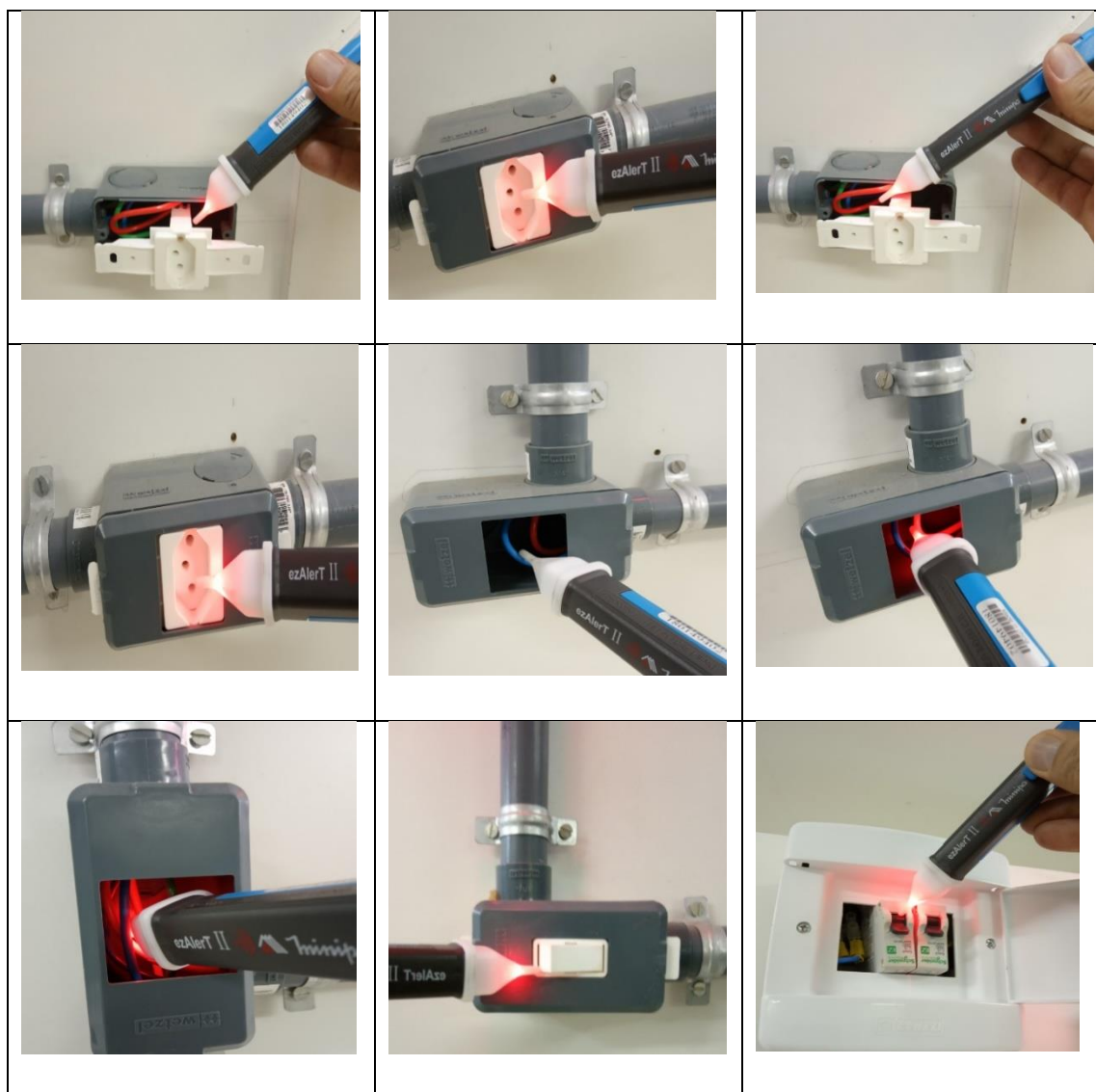


Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

- 3) Após a execução da instalação, identificar os dispositivos elétricos que compõem o painel utilizado;
- 4) Utilizar um multímetro na função ohmímetro, identificar os circuitos que chegam ao quadro de distribuição, observando os cabos destinados ao condutor fase e ao neutro;

- 5) Após autorização do professor, energizar o quadro de distribuição e com o multímetro na função de voltímetro, verificar se os circuitos instalados estão com as tensões nos valores esperados.
- 6) Verificar a existência de tensão em cada ponto do circuito destinado à instalação de aparelhos com o Detector de Sequência de Fase 3 em 1 MINIPA-EZPHASEII, conforme ilustra a Figura 20. Na ausência deste, o professor poderá optar por outro detector semelhante.

Figura 20 – Esquema de detecção de fase nos circuitos instalados



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

- 7) Ligar o liquidificador na tomada e deixar somente o circuito que o alimenta energizado. Em seguida, plugar o Wattímetro Digital na tomada que energiza o painel, conforme representado no esquema da Figura 21. Colocar o aparelho para funcionar na rotação 1, selecionar a função potência no wattímetro e anotar na tabela 2. Selecionar a função corrente e anotar esse valor na tabela 8. Repetir esse processo para a rotação 2 do liquidificador. Complementar a tabela 8 com os valores indicados pelo fabricante na placa que fica fixada no aparelho. No final, comparar os valores obtidos nessas medições.

Figura 21 – Esquema da medição de potência e corrente pelo wattímetro



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa

Tabela 2 – Potência e corrente elétrica

	P(W)- ROTAÇÃO 1	P(W)- ROTAÇÃO 2	I(A) - ROTAÇÃO 1	I(A) - ROTAÇÃO 2
VALOR MEDIDO				
ESPECIFICADO PELO FABRICANTE				

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

- 8) Colocar as lâmpadas de LED de 8W nos três pontos instalados no circuito 1. Ligar o interruptor e medir a corrente com o wattímetro conectado na tomada que energiza o quadro de disjuntores. conforme esquema representado pela Figura 22.

Figura 22 – Três lâmpadas ligadas em paralelo



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa

- 9) Desligar o interruptor por segurança, retirar uma das lâmpadas do circuito 1, conforme esquema representado na Figura 23, acionar o interruptor para acender as lâmpadas e repetir as medições anteriores com o wattímetro. No final, compare esses valores com os observados no item anterior e justifique as diferenças.

Figura 23 – Duas lâmpadas ligadas em paralelo



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

- 10) Acender as três lâmpadas do circuito 1, conforme esquema representado na Figura 24, colocar o wattímetro na tomada que alimenta o painel e medir os valores de potência e corrente total do circuito. Após essa medição, anotar na Tabela 3 a potência total observando os valores especificados pelo fabricante inseridos no corpo das lâmpadas. Ao final, comparar esses valores e justificar as possíveis diferenças encontradas.

Figura 24 – Três lâmpadas ligadas em paralelo e acesas



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Tabela 3 – Soma total dos valores medidos e especificados

SOMA TOTAL	I(A)	P(W)
VALORES MEDIDOS		
VALORES CALCULADOS		

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

2.4 ENCONTRO 4 - FORMAÇÃO DA AÇÃO NA LINGUAGEM EXTERNA (ETAPA VERBAL)

Plano de Aula 4

Tempo previsto: 90 minutos

Conteúdo:

- Desenho simplificado de uma instalação elétrica de uma residência.
- Estudo das grandezas físicas contidas numa instalação elétrica residencial.

Objetivos de aprendizagem:

- Reconhecer os componentes utilizados numa instalação elétrica residencial.

- Identificar e diferenciar os circuitos de uma instalação elétrica residencial.

Implementação do encontro

No desenvolvimento desta etapa, que de acordo com a teoria de Galperin trata da formação da ação na linguagem externa, os alunos deverão verbalizar os elementos da ação, a elaboração do desenho de uma instalação elétrica de um cômodo de uma residência.

Durante o desenvolvimento desta ação, os alunos não terão contato com os componentes trabalhados na etapa anterior, a materializada: o circuito residencial e seus elementos constitutivos. Eles utilizarão apenas o desenho desse circuito com os símbolos representativos desses elementos.

As equipes devem ser montadas com, no máximo, oito alunos, para facilitar o diálogo entre eles sobre os elementos constitutivos da ação. Essa etapa finaliza com a apresentação, em sala de aula, por um representante de cada equipe, do circuito elétrico residencial previamente discutido por todos os integrantes da equipe.

A equipe pode ter como base de apoio, o desenho representado na figura 38 e os esquemas representados na figura 39, observando sempre as grandezas físicas representadas nos circuitos, tais como: potência elétrica dos equipamentos que a equipe decidir instalar e a intensidade da corrente elétrica máxima em cada circuito, resultante da instalação desses equipamentos.

Em se tratando dos condutores, fica a critério do professor sugerir aos alunos usar caneta azul claro para representar o condutor neutro, verde para representar o condutor terra e preta ou vermelha para representar o condutor fase, ou usar fios coloridos de linha e cola branca para fazer essa mesma representação.

Os alunos deverão ser orientados em relação à distribuição dos circuitos do desenho antes mencionado da seguinte forma:

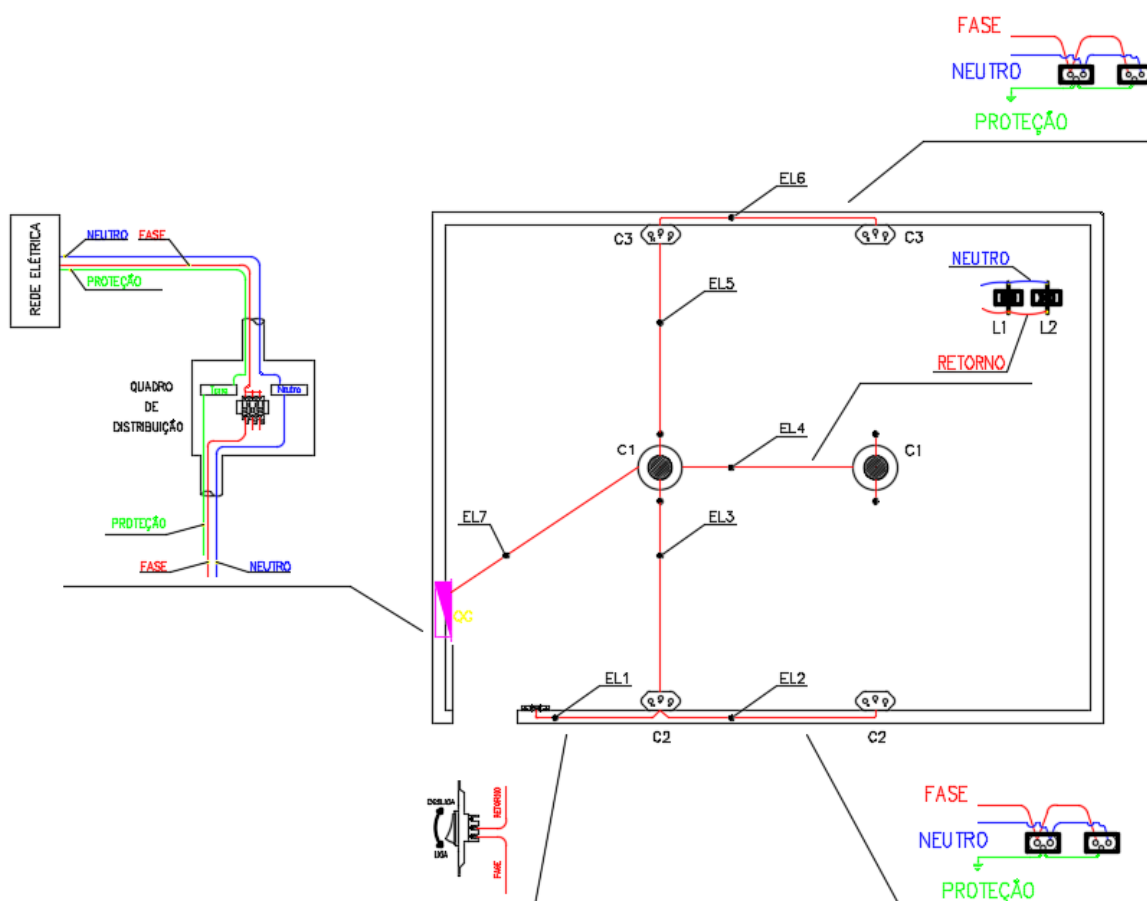
- o circuito 1, indicado como orientação na figura 25 por C1 representa as lâmpadas, para cada uma a equipe deverá atribuir uma potência de 100W, portanto, a potência total desse circuito será a soma de todas as lâmpadas nele instaladas.
- O circuito 2, indica como orientação na figura 25 por C2 representa as tomadas desse circuito. Para cada uma a equipe deverá atribuir uma potência de 100W,

portanto, a potência total desse circuito será a soma de todas as tomadas nele instaladas.

- O circuito 3, indica como orientação na Figura 25 por C3 representa as tomadas desse circuito. Para cada uma a equipe deverá atribuir uma potência de 100W, portanto, a potência total desse circuito será a soma de todas as tomadas nele instaladas.

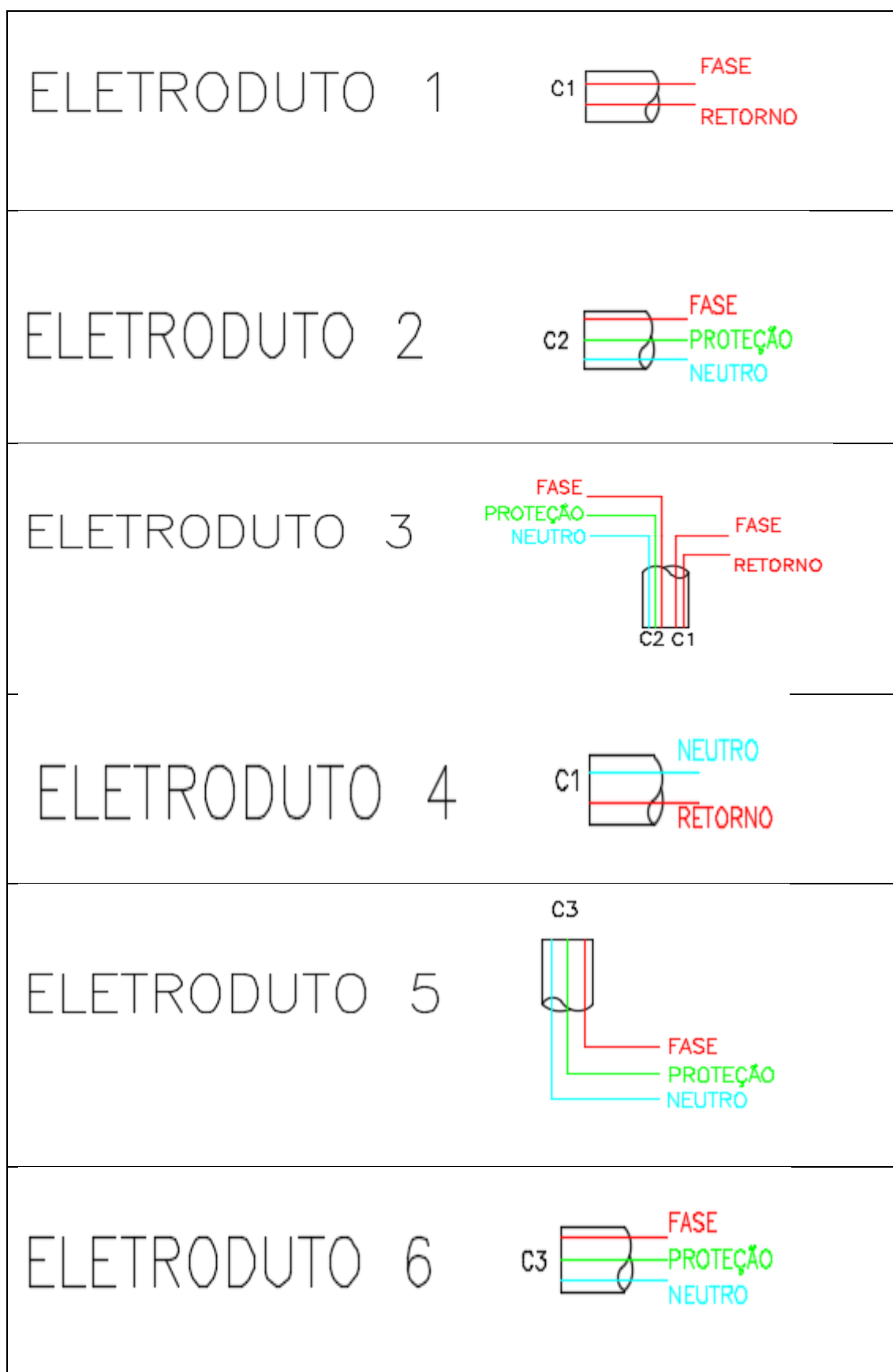
Seguindo essas orientações, a equipe poderá escolher os equipamentos específicos para cada circuito, representar as potências elétricas dos equipamentos instalados, as intensidades da corrente elétrica em cada circuito e os disjuntores para a proteção dos circuitos. Para tanto, as equipes deverão saber quais condutores utilizar em cada circuito e a quantidade correta com as devidas cores, como mostra a ilustração do esquema representado na Figura 26.

Figura 25 – Desenho de instalação elétrica de um cômodo



Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

Figura 26 – Esquemas dos eletrodutos (EL1, EL2, EL3, EL4, EL5, EL6 e EL7)





Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

Como anteriormente indicado, esse encontro deverá ser finalizado com a apresentação, por um representante de cada equipe, dos desenhos realizados, explicando as grandezas físicas que caracterizam o circuito, as escolhas feitas em relação ao tipo de instalação, se de um cômodo ou mais, os equipamentos elétricos escolhidos e as dificuldades experimentadas na realização da atividade.

2.5 ENCONTRO 5 – ETAPA MENTAL

Plano de Aula 5

Tempo previsto: 90 minutos

Conteúdo:

- Construção de circuitos elétricos.
- Estudo e compreensão das grandezas físicas relacionadas às instalações elétricas de uma residência.

Objetivos de aprendizagem:

- Identificar e compreender as características específicas de circuitos elétricos e seu funcionamento.
- Identificar e diferenciar os elementos contidos numa instalação elétrica residencial.

Implementação do encontro

Nesse encontro, será implementada a etapa mental da ação da teoria de Galperin. Ela é executada pelo aluno de forma independente, sem o auxílio dos companheiros ou do professor no plano mental, como produto do pensamento.

A atividade a ser desenvolvida nesse encontro, a última no processo de formação da ação, deverá ser realizada por cada aluno e consistirá no levantamento de como está a instalação elétrica de sua residência, podendo propor modificações nos circuitos, visando uma instalação mais segura e eficiente do ponto de vista da distribuição dos equipamentos.

Levando em consideração tal concepção dessa atividade o aluno deverá elaborar um relatório, que será apresentado em sala de aula, contemplando:

- Quantas tomadas há na residência e em quantos circuitos elas estão distribuídas;
- Quantas lâmpadas constam na residência e se estão em um só circuito;
- Quais aparelhos são especiais (fixos numa única tomada), como máquina de lavar, geladeira, micro-ondas, entre outros;
- Quantos disjuntores há no quadro de distribuição dos circuitos;
- A verificação do aterramento das tomadas;
- O cálculo da potência total instalada na residência;
- A determinação do valor da intensidade de corrente no disjuntor principal da residência;
- A verificação da escolha adequada dos condutores utilizados nos circuitos em função da potência dos equipamentos a serem instalados e tensão elétrica de entrada.

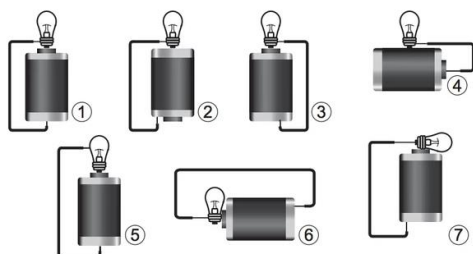
A partir dos conhecimentos adquiridos nos encontros anteriores, o aluno deverá saber que cada circuito, dada a capacidade de condução de corrente nos condutores, não deverá ter uma potência elétrica maior do que 2000W para iluminação e 2200W para tomadas, quando a rede elétrica da instalação for de 220V.

Na apresentação em sala de aula o aluno explicará o desenho da instalação elétrica da sua residência, destacando as especificações de cada circuito. Sugerimos uma aula de 50 minutos para esse momento do encontro.

Para concluir o encontro o professor poderá aplicar uma avaliação objetiva com, por exemplo, 10 questões (Apêndice 3). Como uma outra opção de avaliação individual se poderia considerar a apresentação realizada pelo aluno em sala de aula.

Apêndice A1: Atividade da avaliação diagnóstica

1. (Enem 2011) Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. Instalação Elétrica: investigando e aprendendo. São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado). (Foto: Reprodução/Enem).

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- a) (1), (3), (6)
- b) (3), (4), (5)
- c) (1), (3), (5)
- d) (1), (3), (7)
- e) (1), (2), (5)

2. (PUC – SP) Os passarinhos, mesmo pousando sobre fios condutores desencapados de alta-tensão, não estão sujeitos a choques elétricos que possam causar-lhes algum dano. Qual das alternativas a seguir indica uma explicação correta para o fato?

- a) A diferença de potencial elétrico entre os dois pontos de apoio do pássaro no fio é quase nula.
- b) A diferença de potencial elétrico entre os dois pontos de apoio do pássaro no fio é muito elevada.
- c) A resistência elétrica do corpo do pássaro é praticamente nula.
- d) O corpo do passarinho é um bom condutor de corrente elétrica.
- e) A corrente elétrica que circula nos fios de alta-tensão é muito baixa.

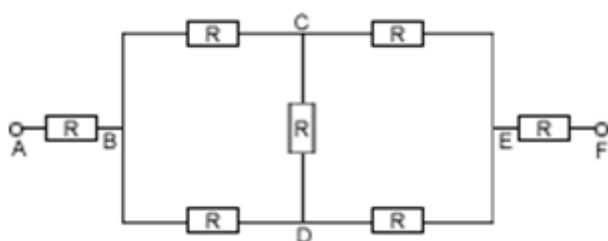
3. (UFG-GO) Nos choques elétricos, as correntes que fluem através do corpo humano podem causar danos biológicos que, de acordo com a intensidade da corrente, são classificados segundo a tabela abaixo.

I	até 10 mA	dor e contração muscular
II	de 10 mA até 20 mA	aumento das contrações musculares
III	de 20 mA até 100 mA	parada respiratória
IV	de 100 mA até 3 A	fibrilação ventricular que pode ser fatal
V	acima de 3 A	parada cardíaca, queimaduras graves

Considerando que a resistência do corpo em situação normal é da ordem de $1500\ \Omega$, em qual das faixas acima se enquadra uma pessoa sujeita a uma tensão elétrica de 220 V ?

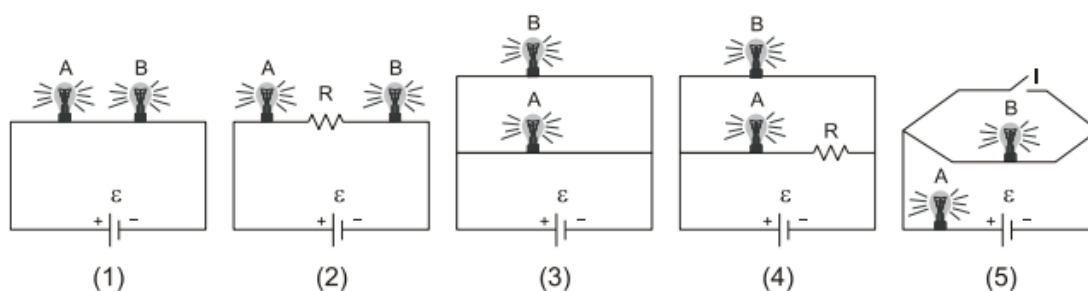
- a) I
 - b) II
 - c) III
 - d) IV
 - e) n.d.a
4. (PUC-MG) A “chave” de um chuveiro elétrico pode ser colocada nas posições “fria”, “morna” e “quente”. Quando se muda a chave de posição, modifica-se o valor da resistência elétrica do chuveiro. Indique a correspondência VERDADEIRA.
- a) Água morna – resistência média.
 - b) Água morna – resistência baixa.
 - c) Água fria – resistência média.
 - d) Água quente – resistência alta.

5. (UEL-PR) Abaixo está esquematizado um trecho de circuito em que todos os resistores são iguais. Entre os pontos A e F existe uma diferença de potencial de 500 V . Entretanto, pode-se tocar simultaneamente em dois pontos desse circuito sem tomar um “choque”. Esses pontos são:



- a) B e C;
- b) B e D;
- c) C e D;
- d) C e E;
- e) D e E.

6. (Ufsc 2010-adaptada) Nos circuitos a seguir, A e B são duas lâmpadas cujos filamentos têm resistências iguais; R é a resistência de outro dispositivo elétrico; ε é uma bateria de resistência elétrica desprezível; e I é um interruptor aberto. Sabendo-se que o brilho das lâmpadas cresce quando a intensidade da corrente elétrica aumenta, é CORRETO afirmar que:



- a) no circuito 1, a lâmpada A brilha mais do que a B;
- b) no circuito 2, as lâmpadas A e B têm o mesmo brilho;
- c) no circuito 3, uma das lâmpadas brilha mais do que a outra;
- d) no circuito 4, a lâmpada A brilha mais do que a B;
- e) no circuito 5, se o interruptor I for fechado, aumenta o brilho da lâmpada B.

7) Uma pessoa toma um banho por dia durante os 30 dias do mês. Sabendo-se que a duração de cada banho é 20 min, a potência do chuveiro é 6.400 W e o custo do kWh é R\$ 0,50, o gasto mensal dos banhos é:

- a. R\$ 51,80;
- b. R\$ 42,80;
- c. R\$ 32,00;
- d. R\$ 36,00;
- e. R\$ 18,00.

8. (UEM-PR) George Ohm realizou inúmeras experiências com eletricidade, envolvendo a medição de voltagens e correntes em diversos condutores elétricos

fabricados com substâncias diferentes. Ele verificou uma relação entre voltagem e a corrente. Nesse experimento, Ohm concluiu que, para aqueles condutores:

- a). a voltagem era inversamente proporcional à corrente e a constante de proporcionalidade representa a capacitância dos condutores.
- b). a voltagem era diretamente proporcional à segunda potência da corrente e a constante de proporcionalidade representa a resistência dos condutores.
- c). a voltagem e a corrente eram diretamente proporcionais e a constante de proporcionalidade representa a capacitância dos condutores.
- d). a voltagem era inversamente proporcional à corrente e a constante de proporcionalidade representa a resistência dos condutores.
- e). a voltagem e a corrente eram diretamente proporcionais e a constante de proporcionalidade representa a resistência dos condutores.

9) Uma máquina de lavar roupa tem potência de 450 W. Se ela for utilizada durante 30 min, 12 dias ao mês, o consumo de energia elétrica no mês, em kWh, será de:

- a) 2
- b) 2,7
- c) 5,4
- d) 20
- e) 27

10. (Vunesp modificado) Na instalação elétrica de uma casa, há um chuveiro elétrico. Sabendo que a potência do chuveiro é 2.000 W e a tensão na rede é 220 V, o valor, em ampères, mais indicado para a corrente elétrica deve ser aproximadamente, igual a:

- a) 0,5
- b) 1
- c) 5
- d) 9
- e) 50

Apêndice A2: Avaliação final

1. Em um circuito monofásico das instalações elétricas de baixa tensão de uma edificação, a seção do condutor de fase em cobre é de 16 mm². A seção do condutor neutro também em cobre deve ser de, em mm².

- A) 4
- B) 8
- C) 10
- D) 16
- E) 25

2) O condutor que liga um interruptor simples (de uma tecla) à lâmpada numa instalação elétrica é:

- A) neutro, na cor azul.
- B) fase, na cor vermelho, preto ou branco.
- C) terra, na cor verde ou amarelo e verde.
- D) retorno, de preferência da cor do fase.
- E) fase na cor azul claro.

3). Numa instalação elétrica qual instrumento é utilizado para medir a intensidade de corrente elétrica?

- A) Altímetro.
- B) Barômetro.
- C) Voltímetro.
- D) Amperímetro.
- E) Ohmímetro.

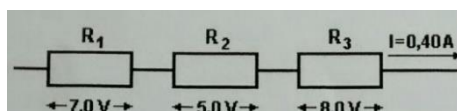
2 Numa instalação elétrica, como são denominados os materiais que permitem a passagem de um fluxo de elétrons com a aplicação de uma diferença de potencial (ou tensão elétrica) relativamente pequena?

- A) Dutos
- B) Geradores

- C) Isoladores
- D) Eletrodutos
- E) Condutores

7. (UEL-1995) considere os valores indicados no esquema a seguir que representa uma associação de resistores. O resistor equivalente dessa associação, em ohms, vale:

- A) 8
- B) 14
- C) 20
- D) 32
- E) 50



8. As lâmpadas instaladas numa residência estão ligadas em paralelo. Dessa forma, se queimar uma, as outras continuam funcionando normalmente. Se tivermos num circuito 10 lâmpadas de LED de 8W cada, como as utilizadas no painel dessa experiência, a potência total da instalação após queimar duas lâmpadas será, em volts:

- A) 80.
- B) 60.
- C) 10.
- D) 64.
- E) 50.

9. Os surtos na rede elétrica podem chegar a 5000V, e que poderá danificar os equipamentos eletrônicos de uma residência. Para evitar que os surtos cheguem a esses equipamentos, devemos instalar um dispositivo de proteção que desviará esses surtos para a terra. O nome desse dispositivo é:

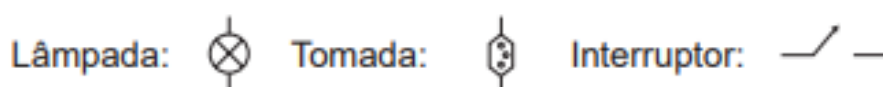
- A) Disjuntor monopolar
- B) Fusível
- C) DR
- D) DPS

E) Disjuntor Geral

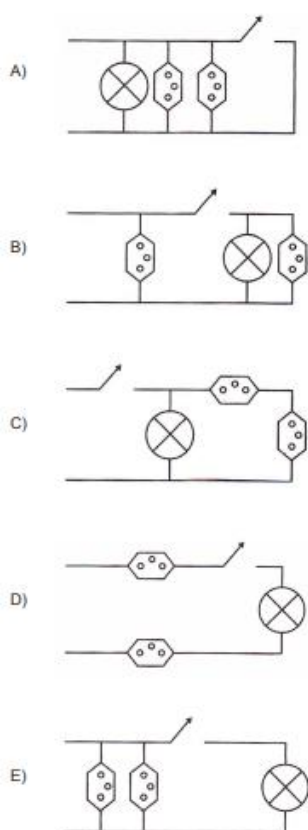
10(ENEM 2015) Um estudante, precisando instalar um computador, um monitor e uma lâmpada em seu quarto, verificou que precisaria fazer a instalação de duas tomadas e um interruptor na rede elétrica. Decidiu esboçar com antecedência o esquema elétrico.

“O circuito deve ser tal que as tomadas e a lâmpada devem estar submetidas à tensão nominal da rede elétrica e a lâmpada deve poder ser ligada ou desligada por um interruptor sem afetar os outros dispositivos” — pensou.

Símbolos adotados:



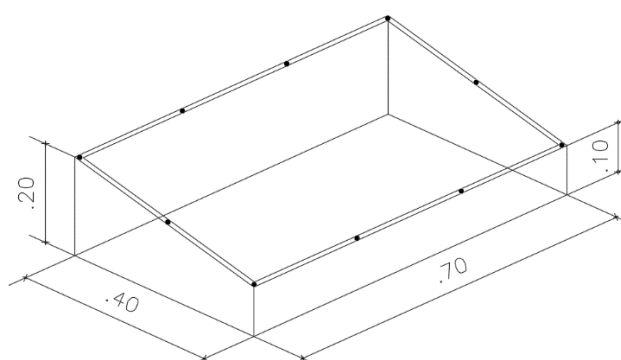
Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?



Apêndice A3: Especificações do kit de circuitos elétricos de Corrente Contínua - DC

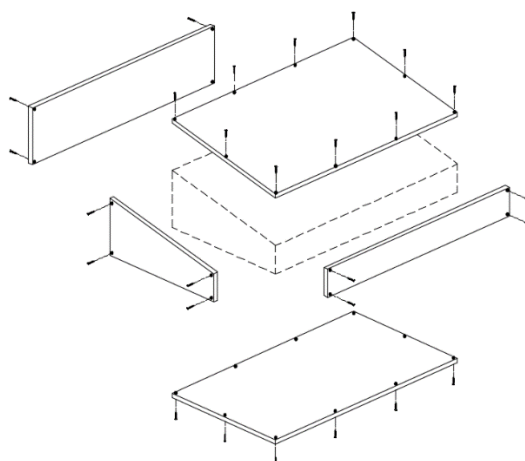
- Dimensões especificadas nos desenhos
- Material: Medium Density Fiberboard (MDF);
- Peso: aproximadamente 5Kg;

Figura 1 – vista em perspectiva isométrica do kit de circuitos elétricos DC



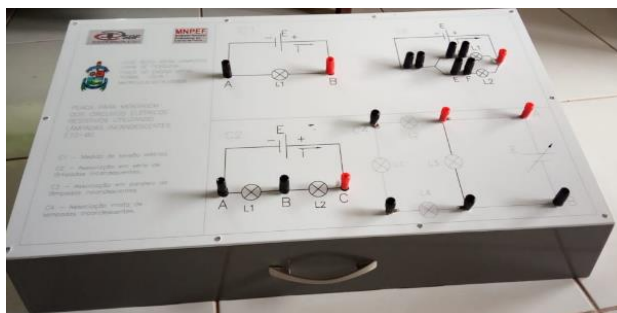
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 2 – Vista em perspectiva explodida do kit de circuitos elétricos DC



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 3 – Foto da vista isométrica do kit



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 4 – Foto da vista de perfil do kit



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 5 – Foto dos soquetes base E10



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 6 – Foto das lâmpadas incandescentes base E10



Fonte: Elaborada pelo autor.

1. Especificações elétricas

- 4 circuitos elétricos DC, identificados por C1, C2, C3 e C4;
- 3 mini lâmpadas base E10 com soquetes, 6V-3W;
- 2 mini lâmpadas base E10 com soquetes, 3,8V-0,3A;
- 4 resistores cerâmicos de 1K Ω cada;

Observação: As lâmpadas podem ser todas de 6V-3W ou 3,8V-0,3A

1.1 Dimensionamento dos dispositivos utilizados no kit DC.

Ao dimensionar os dispositivos a serem utilizados no kit, o professor deve levar em consideração a segurança na utilização durante a realização das atividades. O kit foi construído com MDF e posteriormente revestido com plástico utilizado para envelopar carro (para dar um acabamento melhor ao kit), foi adesivado com os circuitos. Mas esse processo pode ser substituído por uma camada de tinta acrílica a critério do professor.

Esse material deve ser levado em conta na hora de dimensionar as grandezas elétricas envolvidas nos componentes afixados no painel do kit.

Componentes fixados no painel do kit:

- No circuito 1(1 lâmpada), tem-se:

$$P=3W$$

$$U=6V$$

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{3}{6} \rightarrow I = 0,5A \rightarrow I = 500mA$$

Logo, tem-se uma corrente máxima no circuito de:

$$I = 0,5A \text{ ou } I = 500mA$$

- No circuito 2, (2 lâmpadas em série), tem-se:

$$P=6W = (P_1+P_2)$$

$$U=12V$$

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{6}{12} \rightarrow I = 0,5A \rightarrow I = 500mA$$

Logo, tem-se uma corrente máxima no circuito de:

$$I = 0,5A \text{ ou } I = 500mA$$

- No circuito 3, as duas lâmpadas em paralelo estão submetidas à mesma tensão, 3,8V, que é a tensão nominal de cada lâmpada, portanto tem-se:

$$U = 3,8V$$

$$I = 0,3A$$

Como as lâmpadas estão em paralelo, cada uma suporta 0,3 A. A corrente total que circulará pelo circuito será:

$$I = (0,3 + 0,3) = 0,6A$$

$$I = 0,6A \text{ ou } I = 600mA$$

Como se pode perceber, a corrente nos circuitos 1 e 2 é a mesma. No circuito 3, a corrente total também tem um valor muito baixo. Com esses valores, sem exceder a tensão nominal aplicada nos terminais das lâmpadas, não há aquecimento no painel significativo para o tempo necessário às demonstrações.

- 4 Resistores de $1K\Omega$ (pelo código de cores), mas para efeito da demonstração real, devemos usar o valor medido, portanto temos:

$$R_{AB} = 934\Omega$$

$$P = 1W(\text{de fábrica})$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$U = \sqrt{(P \cdot R)}$$

$$U = \sqrt{(1 \cdot 934)} = 30,56V$$

Essa é a tensão máxima que deverá ser aplicada a este resistor. Não é o caso dessa demonstração, que será aplicada uma tensão de 10V, o que garante o não aquecimento dos pontos de contato no painel do kit.

Os demais resistores R_{AC} , R_{CD} e R_{BD} estão em série e receberão a mesma tensão de 10V aplicada ao R_{AB} .

Cálculo da tensão a que cada um desses resistores ficará submetido:

$$R_{AC} = 936\Omega$$

$$R_{CD} = 935\Omega$$

$$R_{BD} = 932\Omega$$

Como estão em série, tem-se que:

$$R_{eq.} = (936 + 935 + 932) = 2803\Omega$$

$$U=10V$$

$$I = \frac{U}{R_{eq.}}$$

$$I = \frac{10}{2803} = 0,0036A$$

$$U_{AC} = R_{AC} \cdot I$$

$$U_{AC} = 936 \cdot 0.0036 = 3,37V$$

$$UCD = RCD \cdot I$$

$$UCD = 935 \cdot 0.0036 = 3,37V$$

$$UBD = RBD \cdot I$$

$$UBD = 932 \cdot 0.0036 = 3,36V$$

Com esses valores de tensão em cada resistor não há problemas de aquecimento que possa danificar o painel.

Apêndice A4 - Descrição do painel de instalações elétricas residenciais

Este painel foi idealizado para ser um equipamento didático e possa ser utilizado pelos alunos do 3º ano do ensino médio no estudo das instalações elétricas residenciais, complementando os conhecimentos de circuitos elétricos e suas importâncias nas nossas vidas.

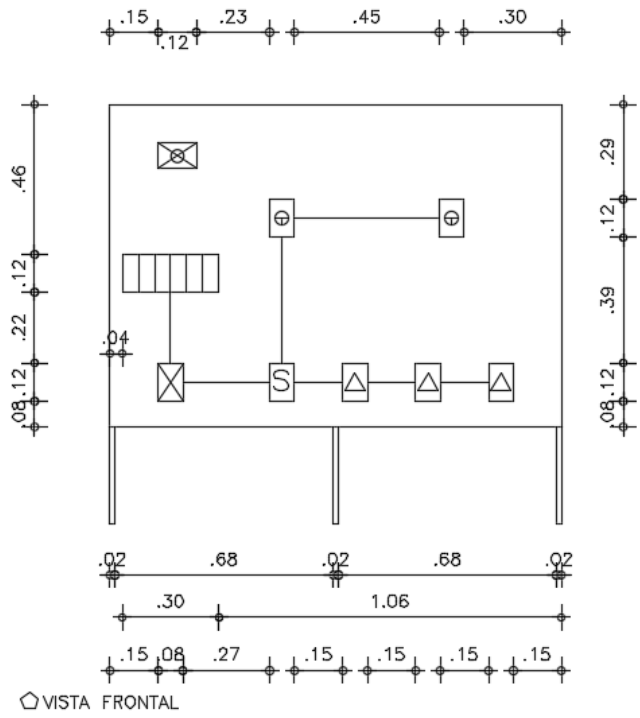
Desta forma, o aluno poderá assimilar a importância que devemos dar às instalações elétricas em nossas casas, na divisão dos circuitos, e no uso adequado dos dispositivos de segurança como: disjuntores, DR, DPS.

1. Especificações

- Especificações gerais

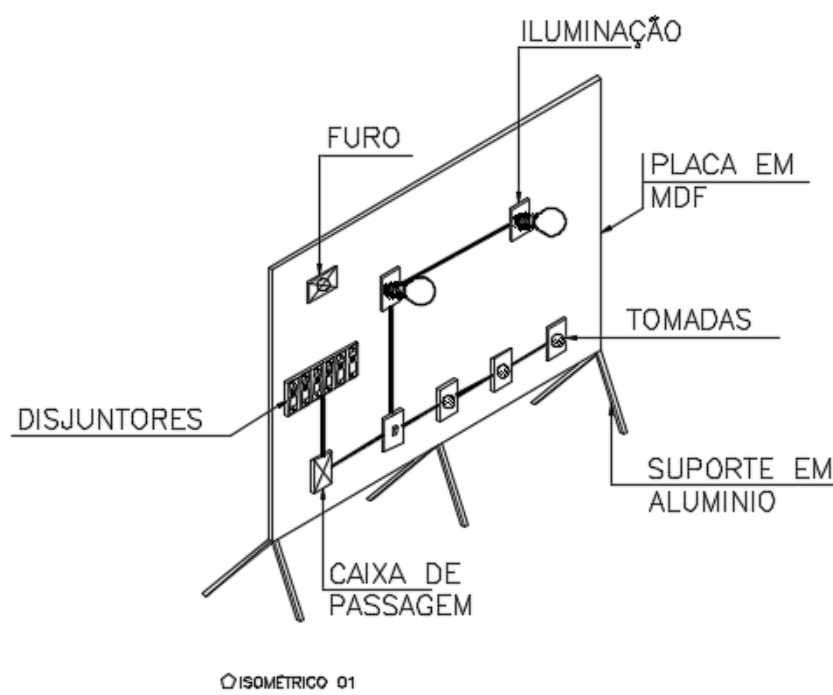
- Dimensões
- Material: Painel de Medium Density Fiberboard (MDF) e os suportes são de Policloreto de polivinila (PVC);
- Peso: aproximadamente 12Kg.

Figura 1 – Vista frontal do painel de instalações elétricas



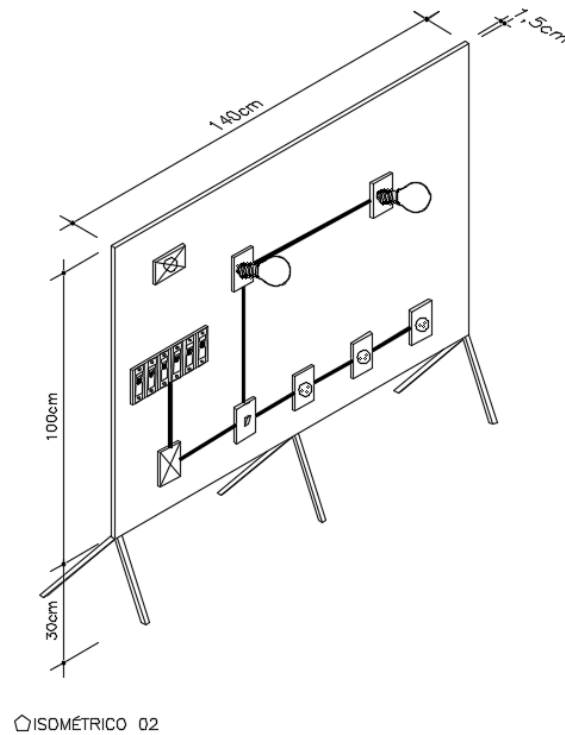
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 2 – Vista isométrica 1 do painel de instalações elétricas



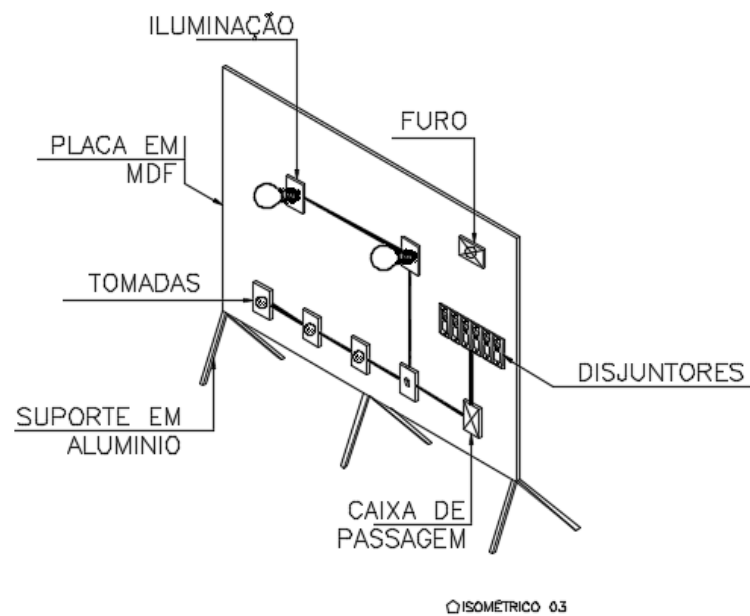
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 3 – Vista isométrica 2 do painel de instalações elétricas



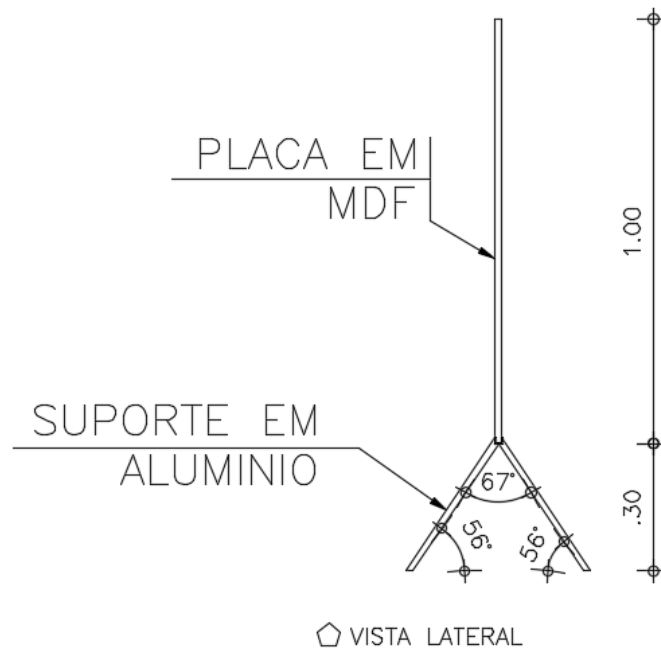
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 4 – Vista isométrica 3 do painel de instalações elétricas



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 5 – Vista lateral do painel de instalações elétricas



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 6– Foto da vista lateral do painel de instalações elétricas



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

Figura 7 – Foto da vista frontal do painel de instalações elétricas



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa.

1.2 Dimensionamento dos dispositivos utilizados no painel de instalações elétricas residenciais

Para o dimensionamento dos equipamentos a serem utilizados nos circuitos, deve-se considerar as limitações da entrada de energia no quadro de distribuição instalado no painel. Nessa atividade, a energia chega ao quadro a partir de uma tomada de uso geral do laboratório.

Nesse caso, a tomada é simples, suporta até 10 A. Os cabos de ligação à tomada são de $2,5\text{mm}^2$, que suportam uma corrente de até 24A (considerando B1 a maneira de instalar, NBR 5410/04, tabela 36, página 101). A potência destinada a essa tomada segue os padrões da NBR 5410/04, que determina 100VA por tomadas de uso geral.

Desta forma, considera-se como sendo essa as características da nossa entrada de energia. Portanto, a soma de todas as potências da instalação não poderá ultrapassar 100VA. Adotando esse procedimento não se perde nenhuma característica importante da instalação elétrica, aproximando-se de uma instalação real, uma vez que, toda instalação que obedece a NBR5410/04 traz um limite a ser seguido.