



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO SEMI ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

JULIO SÉRGIO PEREIRA REBOUÇAS

**KIT MALETA ELÉTRICA: SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM
ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM EXPERIMENTAIS**

MOSSORÓ

2021

JULIO SÉRGIO PEREIRA REBOUÇAS

**KIT MALETA ELÉTRICA: SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM
ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM EXPERIMENTAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Nunes Coelho

MOSSORÓ

2021

KIT MALETA ELÉTRICA: SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM EXPERIMENTAIS

JULIO SÉRGIO PEREIRA REBOUÇAS

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Nunes Coelho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Aprovada em 29/12/2021

Aprovada por:



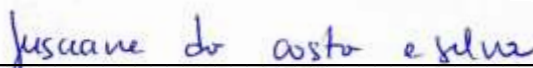
Prof. Dr. Marcelo Nunes Coelho - IFRN

Presidente da banca e Orientador



Prof. Dr. Francisco de Assis Sousa – IFRN

Examinador Externo



Prof.ª Dra. Jusciane da Costa e Silva – UFERSA

Examinador Interno

MOSSORÓ

2021

R292k Rebouças, Julio Sergio Pereira.
 Kit Maleta Elétrica: Sequência Didática com
 Atividades de Aprendizagem Experimentais / Julio
 Sergio Pereira Rebouças. - 2021.
 205 f. : il.

 Orientador: Marcelo Nunes Coelho.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
 Física, 2021.

 1. Atividades Experimentais. 2. Ensino de
 Física. 3. Kit Maleta Elétrica. 4. Eletrodinâmica.
 I. Coelho, Marcelo Nunes, orient. II. Título.

Agradecimentos

Aos meus pais, José Rebouças Filho e Raimunda Pereira Rebouças, por terem conduzido meus passos e sempre zelado por minha educação.

A minha esposa, Andréa Maria de Sousa Rebouças e minhas filhas, Lays de Sousa Rebouças e Lara de Sousa Rebouças, pelo o apoio e compreensão nos momentos em que estive ausente, durante o desenvolvimento desse mestrado.

Ao criador do universo que concebeu uma natureza tão perfeita e cheia de mistérios para serem estudados.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Marcelo Nunes Coelho, pelos seus valiosos ensinamentos e por sua paciência e simplicidade.

Aos professores do MNPEF do Polo Ufersa, pelo empenho e dedicação às aulas ministradas.

Aos meus colegas de turma por todos os momentos de descontração e estudos. Em especial, aos colegas Galileu, Fábio, Laércio, Willy, Amélia e Beatriz, que a amizade continue.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela coordenação deste Programa de Mestrado.

Ao Professor Francisco Glauber da Silva Brito, diretor da Escola Francisco Jaguaribe, por autorizar nosso trabalho nesta escola.

A todos os amigos e familiares que me incentivaram com palavras de força na elaboração deste trabalho.

À Ufersa polo 09 pela liberdade e confiança no trabalho desenvolvido.

RESUMO

Apresentamos neste trabalho o resultado do desenvolvimento, aplicação e validação de uma sequência didática (Produto Educacional) para o ensino de eletrodinâmica em turmas do Ensino Médio. A proposta desenvolvida está amparada na perspectiva das Metodologias Ativas de Aprendizagem por meio do enfoque Ausubeliano da Teoria da Aprendizagem Significativa. A Metodologia Ativa que deu suporte ao desenvolvimento da sequência foi a Aprendizagem Experimental Problematizada. Nosso problema/pergunta de pesquisa é: Pode uma sequência didática baseada em Metodologias Ativas dar suporte a um processo de aprendizagem significativa? Para a resposta à nossa pergunta de pesquisa e para alcançar nosso objetivo utilizamos, para a coleta e análise de dados, de percursos metodológicos tanto quantitativos (por meio de pré e pós-testes conceituais e análise dos seus resultados com o auxílio do ganho de Hake) quanto qualitativos (por meio da análise dos pré e pós-mapas conceituais produzidos pelos alunos à luz do referencial da aprendizagem significativa). Os resultados que obtivemos corroboram nossa hipótese implícita de que a sequência didática favoreceu os processos de construção de conceitos de eletrodinâmica, gerando aprendizagem significativa nos discentes.

Palavras-chave: Atividades Experimentais. Ensino de Física. Kit Maleta Elétrica.

ABSTRACT

We present in this work the result of the development, application and validation of a didactic sequence (Educational Product) for the teaching of electrodynamics in high school classes. The developed proposal is supported in the perspective of Active Learning Methodologies through the Ausubelian focus of the Meaningful Learning Theory. The Active Methodology that supported the development of the sequence was Problematised Experimental Learning. Our research problem/question is: Can a didactic sequence based on Active Methodologies support a meaningful learning process? To answer our research question and to achieve our objective, we used, for data collection and analysis, both quantitative methodological approaches (through conceptual pre- and post-tests and analysis of their results with the aid of Hake's gain) and qualitative (through the analysis of pre- and post-conceptual maps produced by students in framework light of meaningful learning.) The results we obtained support our implicit hypothesis that the didactic sequence favored the processes of construction of electrodynamics concepts, generating significant learning in students.

Keywords: Experimental Activities. Teaching Physics. Electric Suitcase Kit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	– Campo elétrico dentro e fora do gerador	18
Figura 02	– Um fio de cobre em equilíbrio eletrostático. O fio está ao mesmo potencial, portanto, não existe campo elétrico	20
Figura 03	– Quando uma bateria é introduzida no circuito, produzimos uma d.d.p. entre os extremos dos fios conectados aos terminais da bateria	20
Figura 04	– A corrente que percorre o condutor é a mesma nos planos aa', bb' e cc'	20
Figura 05	– Sentido real	22
Figura 06	– Sentido convencional (corrente imaginária de cargas positivas)	23
Figura 07	– Elemento de corrente di passando através de uma área dA	23
Figura 08	– Continuidade da corrente	25
Figura 09	– Portadores de carga positivos, com velocidade de deriva V_d movendo-se na direção do campo elétrico aplicado $\vec{E}$. O sentido $\vec{j}$ é o mesmo da corrente	26
Figura 10	– Resistividade do cobre em função da temperatura	30
Figura 11	– Resistor no circuito	31
Figura 12	– (a) Símbolo do reostato; (b) Símbolo reostato de cursor	31
Figura 13	– Gráfico da corrente versus diferença de potencial para resistor ôhmico	33
Figura 14	– Uma bateria E estabelece uma corrente i em um circuito que contém um componente não especificado	34
Figura 15	– Existe uma diferença de potencial entre a e b	35
Figura 16	– Circuito elétrico com uma fonte real	36
Figura 17	– (a) Resistores ligados em série aos pontos a e b ; (b) Circuito equivalente, com o R_{eq} representando os três resistores do circuito da figura 17a	38
Figura 18	– (a) Três resistores ligados em paralelo entre os pontos a e b; (b) Circuito equivalente, com os três resistores substituído pelo resistor equivalente	39
Figura 19	– Associação mista de resistores	41
Figura 20	– Associação em série	42
Figura 21	– Circuito em série com o resistor R_2 em curto-circuito	42

Figura 22	– Circuito com lâmpadas associadas em série alimentado por uma bateria E	42
Figura 23	– Circuito ligado por um fio de resistência desprezível entre os pontos C e D	43
Figura 24	– Circuito de uma malha, com um amperímetro (A) e um voltímetro (V)	44
Figura 25	– Representação simbólica do princípio da assimilação	48
Figura 26	– Eixo teórico e seus articuladores	58
Figura 27	– AEP – Articulação teórico-metodológica	59
Figura 28	– Eixo metodológico e seus momentos	60
Figura 29	– Associação entre Aprendizagem Significativa e AEP	63
Figura 30	– Fachada da Escola de Ensino Médio Francisco Jaguaribe	64
Figura 31	– Foto do Laboratório Educacional de Ciências (LEC).....	65
Figura 32	– Objetivos de aprendizagem	75
Figura 33	– Questões motivadoras	75
Figura 34	– Leitura e interpretação de informações de carregadores	76
Figura 35	– Slide com as questões do desafio	77
Figura 36	– Alunos montando circuito, desafio 1 e desafio 2	77
Figura 37	– (a) Testando o grafite; (b) Testando o papel alumínio	79
Figura 38	– Roteiro experimental adaptado do GREF	80
Figura 39	– (a) e (b) Professor explicando as transformação de energia elétrica em energia térmica	81
Figura 40	– (a) Montando um circuito para testar a resistência de um chuveiro elétrico; (b) Alunos testando a resistência de um chuveiro	82
Figura 41	– (a) e (b) Atividade experimental efeito Joule	82
Figura 42	– Lei de OHM	83
Figura 43	– Resistência em um fio	83
Figura 44	– Kit para montar circuito DC	84
Figura 45	– Professor orientando os estudantes	84
Figura 46	– Estudante usando o simulador da 1ª lei de Ohm	84
Figura 47	– Estudantes usando o simulador para construir circuito	85
Figura 48	– Objetivos de aprendizagem	86
Figura 49	– Slide com questões motivadoras	86
Figura 50	– Circuito com resistências em série	87

Figura 51	– Circuito com resistências em paralelo	87
Figura 52	– Professor explicando as características dos circuitos em paralelo	88
Figura 53	– Organização da sala para realização da atividade experimental	89
Figura 54	– Alunos dialogando e argumentando sobre a prática dentro do grupo ..	90
Figura 55	– Estudantes fazendo a representação simbólica do circuito idealizado ..	90
Figura 56	– Alunos realizando a atividade na maleta elétrica	91
Figura 57	– Professor orientando os estudantes	91
Figura 58	– Alunos montando um circuito em série, com lâmpadas de mesma potência	93
Figura 59	– Alunos montando associação em paralelo com duas lâmpadas de potências diferentes	93
Figura 60	– Alunos montando associação em paralelo com três lâmpadas de potências diferentes	94
Figura 61	– Alunos montando associação em paralelo com três lâmpadas	94
Figura 62	– Objetivos de aprendizagem	95
Figura 63	– Questões motivadoras	96
Figura 64	– Instrumentos de medida elétrica	96
Figura 65	– Alunos medindo a ddp de uma bateria 9V (usada)	97
Figura 66	– Alunos medindo a ddp de uma tomada da rede elétrica e a ddp de uma lâmpada	97
Figura 67	– Alunos montando circuito em série com duas lâmpadas, sendo uma delas curto-circuitada	98
Figura 68	– Alunos montando circuito em série, com uma lâmpada curto- circuitada	98
Figura 69	– Circuito 1 montado com o potenciômetro	99
Figura 70	– Circuito 2 com potenciômetro	99
Figura 71	– Alunos medindo a tensão em circuito com uma lâmpada	100
Figura 72	– Medindo a tensão do circuito em série	100
Figura 73	– Alunos realizando a medida da tensão num circuito em paralelo	100
Figura 74	– Alunos realizando o pós-teste	102
Figura 75	– Pré-mapas conceituais	106
Figura 76	– Pós-mapas conceituais	108
Figura 77	– Pós-mapas conceituais	100

Figura 78	– Afirmação 01	112
Figura 79	– Afirmação 02	113
Figura 80	– Afirmação 03	113
Figura 81	– Afirmação 04	114
Figura 82	– Afirmação 05	114
Figura 83	– Afirmação 06	115
Figura 84	– Afirmação 07	115
Figura 85	– Afirmação 08	116
Figura 86	– Afirmação 09	116

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual de acerto dos educandos no pré-teste	103
Gráfico 2 - Percentual de acerto dos educando no pós-teste.....	104
Gráfico 3 - Ganho conceitual por aluno	104

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	ELETRODINÂMICA	18
2.1	FORÇA ELETROMOTRIZ E FONTES DE FEM	18
2.2	CORRENTE ELÉTRICA	20
2.2.1	O Sentido da Corrente Elétrica	22
2.2.2	Continuidade da Corrente Elétrica	24
2.2.3	Densidade de Carga dos Portadores	25
2.3	Resistência e Resistividade	27
2.3.1	Variação da Resistividade com a Temperatura	30
2.3.2	Resistores Elétricos	31
2.3.3	Reostatos	31
2.3.4	A Lei de Ohm	32
2.4	A POTÊNCIA DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS	33
2.5	DIFERENÇA DE POTENCIAL ENTRE DOIS PONTOS DE UM CIRCUITO	35
2.5.1	Diferença de Potencial entre os Terminais de uma Fonte Real	36
2.6	ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES	37
2.6.1	Associação de Resistores em Série	37
2.6.2	Associação de Resistores em Paralelo	39
2.6.3	Associação Mista	41
2.7	CURTO-CIRCUITO	42
2.7.1	Associação de Resistores com Curto-circuito	42
2.8	O AMPERÍMETRO E O VOLTÍMETRO	43
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	45
3.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	45
3.2	METODOLOGIAS ATIVAS	51
3.3	MAPA CONCEITUAL	53
3.4	AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DA FÍSICA	54
3.5	APORTES TEÓRICOS E METODOLÓGICOS CONSTRUTIVOS DA AEP	57
3.5.1	Eixo Metodológico – Sequência Organizadora do Trabalho	59

3.6	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COMO BASE PARA AEP	62
4	METODOLOGIA E O PRODUTO EDUCACIONAL	64
4.1	A ESCOLA E O PÚBLICO ALVO	64
4.2	O PERCURSO METODOLÓGICO	67
4.3	BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	68
4.4	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	79
4.4.1	Encontro 01: Aula com o Aparato e Atividade Experimental 1	70
4.4.2	Encontro 02: Aula dialogada 1 e Experimental	71
4.4.3	Encontro 03: Aula Expositiva 2 e Simulação Computacional PhET	71
4.4.4	Encontro 04: Roteiro Experimental	72
4.4.5	Encontro 05: Aula Expositiva e Roteiro Experimental	73
5	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	74
5.1	ENCONTRO 01 – PRÉ-TESTE E MAPA CONCEITUAL PRÉVIO	74
5.2	ENCONTRO 02, EM 09 DE SETEMBRO DE 2021.....	75
5.3	ENCONTRO 03, EM 16 DE SETEMBRO DE 2021.....	79
5.4	ENCONTRO 04, EM 23 DE SETEMBRO DE 2021.....	86
5.5	ENCONTRO 05, EM 30 DE SETEMBRO DE 2021.....	89
5.6	ENCONTRO 06, EM 07 DE OUTUBRO DE 2021.....	95
5.7	ENCONTRO 07: MAPA CONCEITUAL E TESTE FINAL, EM 14 DE OUTUBRO DE 2021.....	101
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	103
6.1	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS.....	106
6.2	QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	112
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
	REFERÊNCIAS	121
	APÊNDICES	124
	APÊNDICE A – Produto Educacional	124
	APÊNDICE B – Pré-Teste	193
	APÊNDICE C – Tarjetas Mapa Conceitual	197
	APÊNDICE D – Pós-Teste	198
	APÊNDICE E – Questionário de Opinião	202
	ANEXO A – Termo de Consentimento Livre Esclarecido – TCLE	204
	ANEXO B – Termo de Concessão para Utilização de Imagem	205

1 INTRODUÇÃO

A sala de aula é espaço onde, entre outros, se processa um conjunto de relações de troca de experiências, informações, questionamentos e argumentações. É nesse lugar que a estratégia de mediação do conhecimento promovida pelo professor pode interferir positivamente na qualidade da aprendizagem, pois as dificuldades que afetam o ensino da Física são alvo de debates que já perpassam alguns anos, reflexo de um ensino focado na memorização pura e simples de fórmulas para serem aplicadas na resolução de problemas, em muitos casos, desarticulada e distanciada do mundo vivido pelos estudantes.

A metodologia do ensino de Física na forma proposta pelos PCNs deve contemplar a interação e integração de saberes vivenciados com o conteúdo em debate, assim, nessa perspectiva, as atividades experimentais, além de permitir a aquisição de habilidades relativas à manipulação de materiais, têm a função pedagógica de “propiciar oportunidade para que os estudantes elaborem hipóteses, testem-nas, organizem os resultados obtidos, reflitam sobre os significados de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido” (PCN+, 2002, p.52).

A variedade de propostas para tentar suavizar as dificuldades de aprendizagem no ensino de Física é grande, dentre elas, a utilização de atividades experimentais. Neste sentido, Poletti (2001) enfatiza que a realização de atividades práticas é de fundamental importância no processo de ensino-aprendizagem, fazendo com que o aluno aprenda, compreenda e fortaleça o conhecimento adquirido.

Nessa perspectiva, propomos uma sequência didática composta por aulas dialogadas, teóricas e experimental, utilizando o Kit Maleta Elétrica com o intuito de compreender como essas atividades podem ser incorporadas ao processo de ensino, do conteúdo de eletrodinâmica da 3ª série do ensino médio e como podem facilitar a construção desse conhecimento e, conseqüentemente, a aprendizagem dos educandos. De modo que o educando se sinta motivado para aprender e participar efetivamente de sua aprendizagem.

Essa pesquisa foi fundamentada nos conceitos de metodologia ativa, aprendizagem significativa, mapas conceituais e atividades experimentais problematizadas, nos quais o estudante é o centro do próprio processo de aprendizagem e gere a evolução das ações. Nesse sentido, o professor de Física deve considerar que, conforme FREIRE (2002), “[...] desde o princípio mesmo de sua experiência formadora, assumindo-se como sujeito também da produção do saber, se convença definitivamente de que ensinar não é transferir conhecimento,

mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção”. Dessa forma, é evidenciado que o ensino e aprendizagem devem ser entendidos como uma unidade, esse entendimento será um fator relevante para estabelecer uma relação entre o que se aprende na escola e o que se presencia na vida cotidiana.

Ao verificar alguns dos problemas e das dificuldades enfrentadas atualmente ao ministrar o conteúdo sobre os principais conceitos da eletrodinâmica, assim como a análise dos resultados do ENEM produzido pela Escola de ensino Médio Francisco Jaguaribe, no período de 2017 a 2019, na área de Ciências da Natureza, em particular na disciplina de Física, podemos perceber limitações no processo ensino-aprendizagem, o que pode estar ligado a diversos fatores, dentre eles, o baixo interesse dos alunos pela disciplina de Física, problemas de motivação dos estudantes e dificuldades de relacionar os conteúdos do contexto escolar a situações da vida diária, reflexo de uma abordagem não contextualizada, adotada por alguns professores.

É com o propósito de buscar superar parte das dificuldades aqui apresentadas que este trabalho foi desenvolvido. Nele, busca-se avaliar se o uso dessas atividades experimentais em sala de aula facilita a aprendizagem significativa dos discentes. Assim como, promover a integração da teoria/prática no ensino de Física dos estudantes da 3ª série do ensino médio, a fim de proporcionar uma melhor compreensão conceitual dos conceitos científicos.

Para o desenvolvimento das Atividades Experimentais Problemáticas (AEP), propostas na nossa pesquisa, desenvolvemos um aparato (Kit Maleta Elétrica), por acreditar que o seu uso junto às atividades propostas nos moldes de uma AEP, proporcionará uma abertura de diálogo e a troca de informações sobre os conceitos discutidos, além de permitir ao estudante usar seus próprios modelos de circuito na construção da aprendizagem e estimular o autogerenciamento de seu aprendizado.

O texto está estruturado em seis capítulos, no qual o primeiro corresponde à presente introdução, na qual é abordada uma prévia das atividades desenvolvidas. No capítulo 2, é discutida a parte da Física relacionada com o tema, ressaltando os fundamentos físicos que dão sustentação conceitual aos conteúdos abordados no produto educacional.

No capítulo 3, são descritas as teorias da Aprendizagem Significativa de Ausubel; Mapa Conceitual; As Metodologias Ativas; Atividade Experimental no ensino de Física e Atividades Experimentais Problemáticas (AEP). A nossa intervenção visa ao desenvolvimento da estrutura cognitiva do aluno e, para isso, faremos o uso dos métodos ativos de aprendizagem.

No capítulo 4, apresentamos o produto educacional desenvolvido e o planejamento das ações que levaram ao desenvolvimento e implementação da proposta pedagógica.

No capítulo 5, descrevemos como ocorreu cada etapa da aplicação do produto educacional na turma participante da pesquisa, na Escola de Ensino Médio Francisco Jaguaribe, Jaguaruana-CE. Bem como, nossas dificuldades e as ferramentas educacionais utilizadas para promover a intervenção pedagógica.

Por fim no capítulo 6, trazemos os resultados e discussões da aplicação do produto educacional e, para isso, contamos com um pré-teste, pós-teste, mapa conceitual e questionário de opinião para avaliação da sequência, além das contribuições dos alunos durante as aulas. Esses instrumentos vão nos dar um direcionamento sobre o ganho de aprendizagem dos alunos.

A descrição detalhada do produto educacional produzido neste trabalho de Mestrado está disponível no Apêndice A para que seja utilizado como material instrucional autoconsistente.

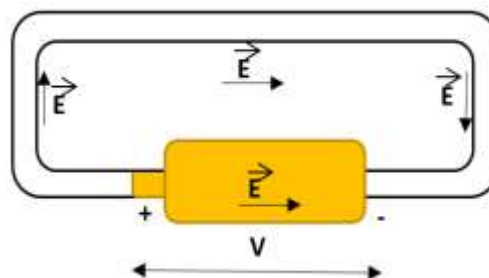
2 ELETRODINÂMICA

2.1 FORÇA ELETROMOTRIZ E FONTES DE FEM

Suponha um pedaço de fio condutor cilíndrico horizontal de medida igual a L submetido a um campo elétrico externo $\vec{E}_{ext}$ constante, com orientação da esquerda para a direita. Esse campo elétrico passa a agir sobre os portadores de carga do fio, provocando o deslocamento de alguns deles para a extremidade esquerda do fio. Consequentemente, isso provocará uma falta de elétrons na extremidade direita, o que representa um excedente de carga positiva. Esta configuração irá dar origem a um campo elétrico induzido $\vec{E}_{ind}$ dentro do fio com sentido contrário ao campo elétrico externo. Dessa forma, o campo elétrico total $\vec{E}_{tot}$ dentro do fio será dado por $\vec{E}_{tot} = \vec{E}_{ext} + \vec{E}_{ind}$. Na ausência de outro agente externo, o campo $\vec{E}_{ind}$ cresce até que se anule completamente o campo total dentro do fio. Dizemos que o sistema atingiu equilíbrio eletrostático.

Na configuração da Fig. 1, ligamos as extremidades do fio a um gerador, por exemplo, uma bateria. Esse dispositivo impede que se estabeleça o equilíbrio eletrostático, pois, à medida que as cargas negativas chegam à extremidade esquerda do fio, elas são transferidas de volta para a extremidade direita, de forma que se estabelece um fluxo de cargas através do dispositivo e do fio. Como existe uma diferença de potencial V entre os terminais da bateria, quando os terminais são conectados pelo fio, surge dentro do fio um campo elétrico orientado do polo positivo (ânodo) para o polo negativo (cátodo).

Figura1: Campo elétrico dentro e fora do gerador.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O campo elétrico que surge no fio produz uma força fazendo com que as cargas do fio se desloquem do terminal negativo para o terminal positivo (pois no fio só há portadores de carga negativos elétrons livres). O movimento das cargas negativas será sempre no sentido de

e elevar seu potencial e diminuir sua energia potencial. Vale salientar que este é o sentido oposto ao movimento que as cargas fazem dentro do gerador, ou seja, quando estão dentro do gerador seu potencial diminui e sua energia potencial aumenta já que essa é a função do gerador: fornecer às cargas do circuito a energia potencial que elas perderam ao longo do circuito.

Dispositivos como este, que tem como propósito fornecer energia às cargas em um circuito elétrico, são chamadas de fontes de *fem* (força eletromotriz). Uma fonte de fem (como a bateria) realiza trabalho sobre as cargas elétricas do circuito fornecendo-lhes energia ΔU tal que

$$\Delta U = q \cdot V \quad (1)$$

onde q é o módulo de cada carga que é transportada do ânodo para o cátodo (cargas negativas) e V é a diferença de potencial elétrico entre o cátodo e o ânodo. Assim

$$\Delta U = q \cdot (V_{\text{cátodo}} - V_{\text{ânodo}})$$

A quantidade de energia recebida por cada carga elétrica nesse processo é igual ao trabalho realizado pela fem. Assim

$$\Delta U = W_{fem} = qV \quad (2)$$

Matematicamente, definimos a fem (e representamos pelo símbolo ε) como a seguir:

$$\varepsilon = \oint_C \vec{f}_{int} \cdot d\vec{l} \quad (3)$$

onde $\vec{f}_{int}$ representa a força por unidade de carga dentro da fonte de fem e $d\vec{l}$ representa um elemento de comprimento ao longo do circuito. A integral deve ser feita no circuito fechado. Entretanto, pela própria definição, $\vec{f}_{int}$ só existirá dentro da fem. Assim, podemos reescrever a integral acima como

$$\varepsilon = \int_{\text{ânodo}}^{\text{cátodo}} \vec{f}_{int} \cdot d\vec{l}$$

Considerando uma fonte ideal e supondo que as cargas no seu interior se movem em equilíbrio, podemos dizer que a soma $\vec{f}_{int} + \vec{E} = 0$ ($\vec{E}$ é o campo elétrico que se estabelece entre os terminais da fem). Dessa forma, em fontes ideais,

$$\vec{f}_{int} = -\vec{E}$$

Portanto,

$$\varepsilon = - \int_{\text{ânodo}}^{\text{cátodo}} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Neste ponto, é importante lembrar que, dados dois pontos numa região de campo elétrico $\vec{E}$, temos

$$V_2 - V_1 = - \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Considerando 1 $\rightarrow$ ânodo e 2 $\rightarrow$ cátodo, teremos

$$V_{\text{cátodo}} - V_{\text{ânodo}} = - \int_{\text{ânodo}}^{\text{cátodo}} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Vemos disso que

$$V = \varepsilon \quad (4)$$

Quer dizer que, quando lidamos com geradores ideais, a diferença de potencial que se estabelece entre seus terminais é igual a fem fornecida pelo gerador.

2.2 CORRENTE ELÉTRICA

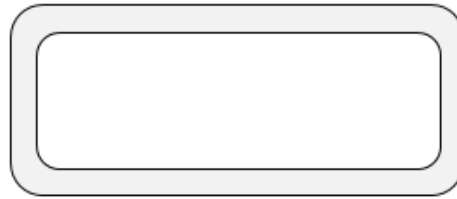
As cargas negativas que atravessam o gerador do ânodo para o cátodo têm sua energia potencial elétrica aumentada. Fato pelo qual elas, em seguida, percorrerão o circuito externo na direção que vai do cátodo para o ânodo a fim de que seja favorecido a diminuição dessa energia¹. Este movimento das cargas num circuito elétrico fechado, é denominado corrente elétrica. Se a bateria produz uma fem constante, a corrente elétrica produzida é contínua e estacionária, tendo sempre o mesmo valor e circulando sempre no mesmo sentido.

Vamos nos limitar ao estudos das correntes constantes de elétrons livres em condutores metálicos, como em fios de cobre, por exemplo.

Em um circuito elétrico fechado feito exclusivamente de material condutor, como o da Fig. 2, mesmo que exista portadores de carga em excesso, todos os pontos estão no mesmo potencial. Assim, nessa configuração não pode haver um campo elétrico no material. Muito embora, exista elétrons de condução, eles não estão sob ação da força elétrica e, portanto, não há corrente elétrica. As cargas não têm para onde “fluir” já que não há um mínimo de energia potencial ao longo do fio.

¹ Até onde se observou em fenômenos naturais, os sistemas sempre tendem espontaneamente para configurações de menor energia potencial. Esse fato pode ser usado na explicação de diversos fenômenos observados, desde a queda de uma maçã até a emissão de radiação por um átomo.

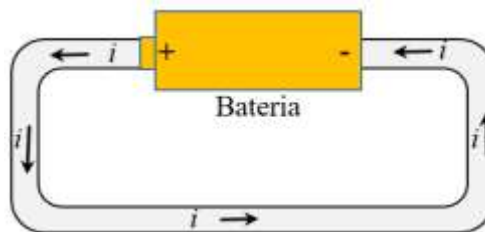
Figura 2 – Um fio de cobre em equilíbrio eletrostático. O fio está ao mesmo potencial, portanto, não existe campo elétrico.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Na configuração 3, foi introduzida uma bateria no circuito. O potencial não é mais o mesmo em todo o circuito. Campos elétricos são produzidos no interior do condutor e passam a exercer uma força sobre os elétrons de condução que passam a se mover preferencialmente em um sentido, estabelecendo uma corrente. Passado um pequeno intervalo de tempo, o movimento dos elétrons atinge um valor constante, e a corrente entra no modo estacionário (deixa de variar com o tempo).

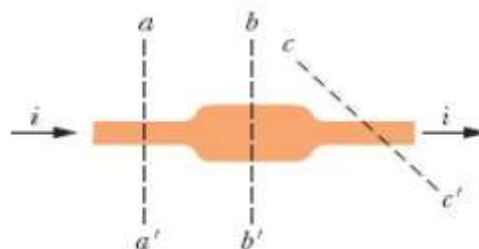
Figura 3 – Quando uma bateria é introduzida no circuito, produzimos uma d.d.p. entre os extremos dos fios conectados aos terminais da bateria.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A Fig. 4, destaca uma seção reta do condutor, parte de um circuito submetido a uma corrente. A intensidade i da corrente através de uma dada seção do fio condutor (como aa') é definida como a quantidade de carga que atravessa essa seção por unidade de tempo:

Figura 4 - A corrente que percorre o condutor é a mesma nos planos aa' , bb' e cc' .



Fonte: Halliday; Resnick, Walter ,2016.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (5)$$

A carga que passa pela seção transversal do fio no intervalo de tempo de 0 a t, pode ser calculada por:

$$q = \int_0^t dq = \int_0^t i dt, \quad (6)$$

Em situações não estacionárias, a corrente pode variar com o tempo e a resolução da integral (6) pressupõe o conhecimento da dependência funcional $i(t)$.

No regime estacionário, os planos aa', bb' e cc' apresentam a mesma corrente e em qualquer plano desde que corte totalmente o condutor, não importando a localização ou orientação desse plano. Fato originado pela conservação da carga.

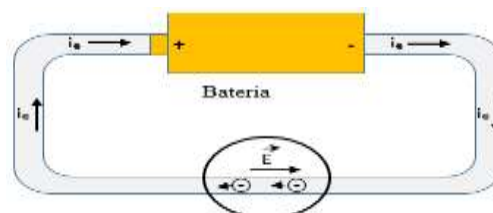
A unidade de corrente do SI é o coulomb por segundo, ou Ampère, representado pelo símbolo A, em homenagem ao físico francês André-Marie Ampère (1775-1836).

$$1 \frac{C}{s} = 1 A$$

2.2.1 O Sentido da Corrente Elétrica

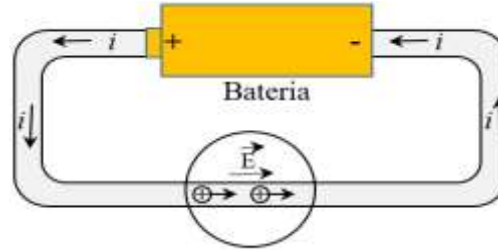
Embora a intensidade da corrente elétrica seja uma grandeza escalar, é importante definir um sentido associado a ela. Este sentido da corrente é aquele no qual há um fluxo líquido de portadores de carga. No circuito mostrado na Figura 5, desenhamos setas para representar o sentido do movimento dos portadores de carga (elétrons livres) no fio condutor. Este seria o sentido da corrente real (i_e). Note que os portadores se movem do potencial mais baixo para o potencial mais alto ao longo do fio. Entretanto, por questões históricas, todas as vezes em que for mencionado o termo “corrente elétrica”, a partir de agora, estaremos nos referindo ao sentido da corrente convencional (i) (Figura 6). Podemos usar essa convenção porque, em qualquer situação, supor que uma carga positiva está se movendo num sentido é fisicamente equivalente a supor uma carga negativa se movendo no sentido oposto.

Figura 5 – Sentido real.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 6 – Sentido convencional (corrente imaginária de cargas positivas).



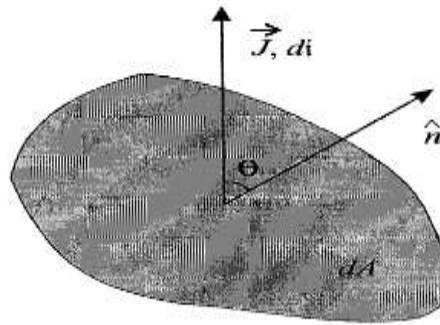
Fonte: Autoria própria, 2021.

De uma forma mais geral, independente do formato do condutor, podemos definir uma densidade superficial de corrente elétrica

$$\vec{j} \cdot \hat{n} = \frac{di}{dA} \quad (7)$$

onde dA é um elemento de área atravessado pela corrente e $\hat{n}$ é um vetor unitário que aponta perpendicularmente à área. Todos estes elementos estão definidos na Figura 6. Dessa definição, $di = \vec{j} \cdot \hat{n} dA$. Logo, se $\vec{j}$ e $\hat{n}$ têm o mesmo sentido, di é máximo. Por outro lado, se $\vec{j}$ e $\hat{n}$ são perpendiculares entre si (o que significa que a densidade superficial de corrente é paralela à superfície dA), então di é nulo.

Figura 7 – Elemento de corrente di passando através de uma área dA .



Fonte: Machado, (2002, p. 56).

Da equação 7, temos

$$i = \oint_S \vec{j} \cdot \hat{n} dA \quad (8)$$

onde a integral é feita por toda a superfície S atravessada pela corrente.

Assim, se $\vec{j}$ é perpendicular a dA em todo ponto, a equação acima torna-se

$$i = JA$$

Logo, teremos

$$J = \frac{i}{A} \quad (9)$$

2.2.2 Continuidade da Corrente Elétrica

Do teorema do divergente (MACHADO, 2007, p.65), temos:

$$\oint_S \vec{j} \cdot \hat{n} dA = \int_V \nabla \cdot \vec{j} dV$$

Portanto,

$$i = \int_V \nabla \cdot \vec{j} dV \quad (10)$$

Essa equação representa a corrente que sai (diverge para fora) do volume dV . Lembrando que $i = dq/dt$ e considerando que q pode ser definida em termos da densidade volumétrica de carga como

$$q = \int_V \rho dV \quad (11)$$

Podemos reescrever i como

$$i = \frac{d}{dt} \int_V \rho dV = \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV \quad (12)$$

Essa equação representa a corrente que entra no volume. Em uma situação estacionária, a corrente que entra no volume e aquela que sai devem ser iguais a menos de um sinal negativo. Portanto,

$$\begin{aligned} \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV &= - \int_V \nabla \cdot \vec{j} dV \\ \rightarrow \int_V \left[\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{j} \right] dV &= 0 \end{aligned}$$

A integral acima é zero sempre, independentemente do volume dV . A única forma de isso ser possível é se

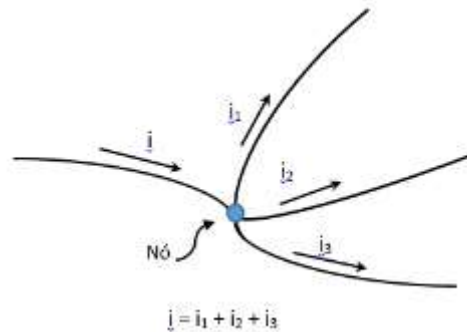
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{j} = 0 \quad (13)$$

Esta é a equação que determina a continuidade da corrente elétrica para fluxos estacionários. Ela expressa simplesmente que, em um determinado ponto de um condutor com corrente elétrica, toda a variação temporal de densidade de carga é decorrente do fluxo de carga para fora ou para dentro daquele ponto. Essa equação toma uma forma matemática muito mais simples quando lidamos com circuitos elétricos.

Como consequência da equação da continuidade, em um condutor conectado aos terminais de uma fonte geradora de eletricidade, se ao longo do caminho de condução os portadores de cargas se depararem com um ponto de multifurcação no sistema condutor, também conhecido por nó (o ponto do circuito onde aplicaríamos a equação da continuidade

acima), a corrente elétrica total de entrada no nó será igual à soma das correntes elétricas que seguirão pelos novos caminhos, conforme representado na Figura 8.

Figura 8 – Continuidade da corrente



Fonte: Autoria própria, 2021.

Um argumento interessante, inspirado em Machado (2007, p. 125), para compreender o porquê desse comportamento, consiste em supor que a corrente que chega ao nó *não* é igual à corrente que sai dele. Esse argumento pode ser dividido em dois: i) a corrente que chega ao nó é maior que a soma das correntes que saem do nó; e ii) a corrente que chega ao nó é menor que a soma das correntes que saem do nó.

No caso (i), teríamos um acúmulo de cargas positivas (já que estamos falando de corrente convencional) no nó. Esse acúmulo de cargas geraria um campo elétrico que apontaria para fora do nó. Dessa forma, as cargas que compõem a corrente que chega ao nó sofreriam uma desaceleração em virtude da repulsão do campo elétrico. Essa desaceleração, consequentemente, diminuiria a intensidade da corrente que chega ao nó. Por outro lado, as cargas que compõem as correntes que saem do nó sofreriam uma aceleração em virtude da repulsão do campo elétrico. Essa aceleração, consequentemente, aumentaria a intensidade das correntes que saem do nó. Isso aconteceria até que o acúmulo de cargas e o campo criado por ele desaparecesse, levando à igualdade entre a corrente que chega e as correntes que saem.

No caso (ii), teríamos um déficit de cargas positivas no nó (o que equivale a um acúmulo de cargas negativas). Esse acúmulo geraria um campo elétrico que aponta na direção do nó. Um mecanismo contrário àquele do caso (i) agiria aqui a fim de, novamente, levar à igualdade entre as correntes que chegam e as correntes que saem do nó.

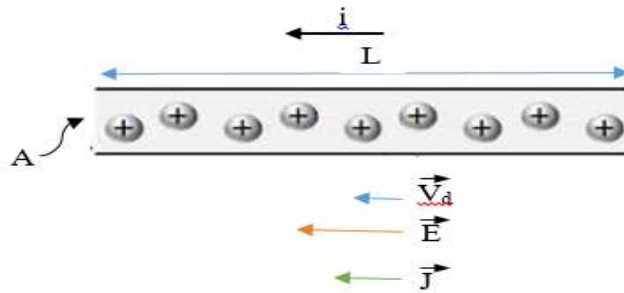
Portanto, para a situação da Figura 8, é seguro dizer que

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (14)$$

2.2.3 Densidade de Carga dos Portadores

Na Figura 9, temos um pedaço de fio condutor de comprimento L , área A , com portadores positivos, sob efeito de um campo elétrico $\vec{E}$. Quando os portadores de carga são submetidos ao campo elétrico $\vec{E}$, a força elétrica causa a deriva gradual dos portadores de carga com uma velocidade de deriva $\vec{V}_d$ no mesmo sentido do campo elétrico $\vec{E}$. A velocidade de deriva dos elétrons é muito pequena, comparada a velocidade decorrente da agitação térmica, que também é conhecida como velocidade térmica $\vec{V}_t$, por estar associada à temperatura. Por exemplo, no cobre, V_d dos elétrons é da ordem de 10^{-7} m/s, já V_t é da ordem de 10^6 m/s.

Figura 9 – Portadores de carga positivos, com velocidade de deriva V_d movendo-se na direção do campo elétrico aplicado $\vec{E}$. O sentido $\vec{j}$ é o mesmo da corrente.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Na Figura 9 podemos fazer uma relação do módulo da velocidade de deriva V_d dos portadores de carga no fio com o módulo da densidade de corrente j no fio. Nessa situação o sentido de $\vec{V}_d$ é o mesmo de $\vec{E}$ e $\vec{j}$. Numa situação de portadores de carga negativos, $\vec{V}_d$ tem sentido contrário a $\vec{E}$ e $\vec{j}$. Vamos supor que esses portadores movem-se com uma $\vec{V}_d$ suposta constante e que a densidade de corrente $\vec{j}$ é a mesma em toda seção reta A do fio. Definimos n como o número de portadores por unidade de volume. A carga total no segmento é:

$$q = neAL \quad (15)$$

onde e é a carga de cada portador.

O tempo para a carga atravessar um segmento de tamanho L é:

$$t = \frac{L}{V_d} \quad (16)$$

A corrente i é então:

$$i = \frac{q}{t} = \frac{neAL}{L/V_d} = neAV_d \quad (17)$$

De acordo com a equação 5 ($J = \frac{i}{A}$), temos:

$$J = neV_d \quad (18)$$

Também podemos representar a densidade de corrente na forma vetorial

$$\vec{J} = (ne)\vec{V}_d \quad (19)$$

onde, o produto ne é a densidade de carga dos portadores, sendo sua unidade no SI o coulombs por metro cúbico (C/m^3). No caso de portadores positivos, ne é positivo, $\vec{J}$ e $\vec{V}_d$ têm o mesmo sentido. Para os portadores negativos, ne é negativo, $\vec{J}$ e $\vec{V}_d$ têm sentido opostos.

2.3 RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE

Quando consideramos dois pedaços de fios de materiais diferentes, com as mesmas dimensões e aplicamos a mesma diferença de potencial elétrico V às extremidades dos fios, a corrente elétrica (e todos os outros efeitos decorrentes dela) são diferentes. A particularidade do desses sistemas que determina a diferença é a resistência elétrica. Ohm (1827) determinou experimentalmente que a resistência elétrica R entre dois pontos quaisquer de condutor é definida por:

$$R = \frac{V}{i} \quad (20)$$

A unidade de medida no SI é o $ohm = 1 V/A$ e o seu símbolo é Ω , ou seja, $1\Omega = 1 V/A$.

A resistência R é uma característica do fio como um todo, ou seja, depende da forma, do comprimento, da espessura e do material de que ele é feito. Microscopicamente falando, a resistência está associada às colisões que o portador de carga sofre no seu trajeto por dentro do fio.

Para um fio cilíndrico a resistência R será proporcional ao comprimento L do fio. Isso porque, quanto maior o condutor mais colisões as cargas enfrentarão em seu caminho. Podemos dizer, então, que

$$R \propto L$$

Por outro lado, quanto maior a seção transversal A do fio, menor a resistência. Isso porque por uma área maior passam mais portadores de carga para uma mesma tensão V o que equivale a uma maior corrente e, portanto, uma menor resistência. Assim,

$$R \propto \frac{1}{A}$$

Podemos unir essas proporcionalidades em uma igualdade. Para isso, basta supormos a existência de uma constante de proporcionalidade ρ tal que

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (21)$$

A constante de proporcionalidade ρ é conhecida como resistividade e é uma propriedade específica do material, independente de sua forma.

Consideremos a densidade de corrente $\vec{j}$ através de uma seção do fio de área A . A isso, associamos uma corrente cuja intensidade pode ser dada por $I = i/A$. Se usarmos isso e a equação que define a resistência ($R = V/i$), teremos

$$I = \frac{V}{RA} \quad (22)$$

Se agora considerarmos a expressão que calcula a resistência R em função da resistividade ρ (Eq. 21) e substituirmos na equação acima, teremos

$$I = \frac{V}{\rho L} \quad (23)$$

Lembremos, contudo, que para o campo elétrico dentro do fio

$$\begin{aligned} dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} \\ \rightarrow \int_1^2 dV &= \int_1^2 -\vec{E} \cdot d\vec{l} \\ \rightarrow V_2 - V_1 &= \int_1^2 -\vec{E} \cdot d\vec{l} \end{aligned}$$

Os pontos 1 e 2 representam as extremidades do fio de maior e menor potencial, respectivamente. Leve em consideração, também, que, dentro do fio, o campo elétrico $\vec{E}$ é uniforme e orientado ao longo de $d\vec{l}$. Logo,

$$\begin{aligned} -V &= -\int_1^2 E dl \\ \rightarrow V &= EL \end{aligned} \quad (24)$$

Com isso em conta, a (Eq. 23) leva a

$$E = \rho J \quad (25)$$

Ou, vetorialmente,

$$\vec{E} = \rho \vec{j} \quad (26)$$

Esta expressão declara de maneira bem formal que a densidade de corrente em um condutor é proporcional ao campo elétrico que lá existe e inversamente proporcional à

resistividade do material. Como, no SI, a unidade de E é V/m e de J é A/m^2 , a unidade de ρ é dada por $\Omega \cdot m$.

Também podemos falar da condutividade (σ) de um material, que é uma propriedade microscópica que corresponde ao inverso da resistividade (ρ).

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (27)$$

Sua unidade no SI é a recíproca de $\Omega \cdot m$, isto é, $(\Omega \cdot m)^{-1}$. Usando a definição de σ , na (Eq. 26), obtemos

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}. \quad (28)$$

Quando estamos interessados em realizar medidas num condutor como um todo, as grandezas macroscópicas V , i e R são de grande interesse, pois permitem uma leitura direta nos instrumentos de medidas. No entanto, se o interesse for nas propriedades elétricas dos materiais, devemos usar as grandezas microscópicas $\vec{E}$, $\vec{J}$ e ρ .

A Tabela 1, mostra os valores da resistividade de alguns materiais, à temperatura ambiente 20° C. A partir dos dados mostrados na Tabela 1, podemos tirar algumas conclusões importantes:

Tabela 1: Resistividade e variação coeficiente de temperatura

Material	Resistividade, ρ ($\Omega \cdot m$)	Coeficiente de Temperatura da Resistividade, α (a 20° C)
Metais típicos		
Prata	$1,62 \cdot 10^{-8}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$
Cobre	$1,69 \cdot 10^{-8}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$
Ouro	$2,35 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Alumínio	$2,75 \cdot 10^{-8}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$
Manganin	$4,82 \cdot 10^{-8}$	$0,002 \cdot 10^{-3}$
Tungstênio	$5,25 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$
Ferro	$9,68 \cdot 10^{-8}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$
Platina	$10,6 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Semicondutores Típicos		
Silício puro	$2,5 \cdot 10^3$	$- 70 \cdot 10^{-3}$
Silício tipo n	$8,7 \cdot 10^{-4}$	
Silício tipo p	$2,8 \cdot 10^{-3}$	
Isolantes Típicos		
Vidro	$10^{10} - 10^{14}$	
Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$	

- ✓ Resistividade da prata é menor que a do cobre; isto significa que a prata conduz melhor que o cobre, e que, entre dois condutores de mesma dimensões, o de prata terá menor resistência elétrica.
- ✓ Os metais (bons condutores) têm pequena resistividade; já os materiais isolantes possuem alta resistividade.

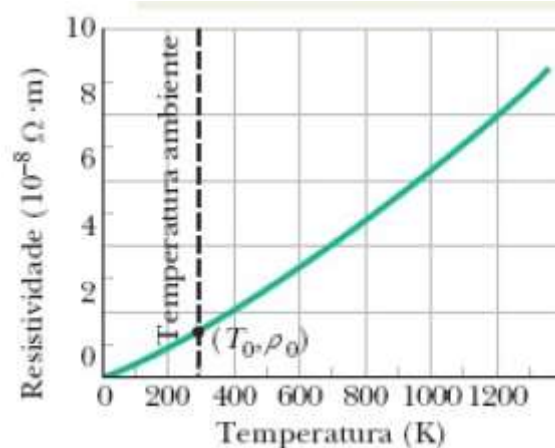
2.3.1 Variação da Resistividade com a Temperatura

A maioria das grandezas físicas se modifica com a temperatura, e a resistividade não é exceção, ou seja, também depende da temperatura do condutor. Para valores de temperatura na faixa da temperatura ambiente ou maiores, a resistividade aumenta de forma aproximadamente proporcional com a temperatura em uma larga faixa de temperaturas. Isso nos permite usar uma expressão aproximada, mas bastante eficiente para caracterizar este comportamento

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (29)$$

Onde, α é o coeficiente de resistividade térmica, T_0 é, em geral, igual a 20° C, T é a temperatura ambiente e ρ_0 a resistividade correspondente a temperatura T_0 . Perceba que neste caso a unidade de α é °C⁻¹, porém como a temperatura é representada na Eq.29 como uma diferença, é indiferente expressá-la na escala Celsius ou na escala Kelvin, já que o valor de uma variação nas duas escalas é o mesmo. A Fig. 10, mostra a resistividade do cobre variando com a temperatura.

Figura 10 – Resistividade do cobre em função da temperatura.



Fonte: Haliday;Resnick; Walter (2016)

2.3.2 Resistores Elétricos

Em circuitos elétricos reais há resistência elétrica em todos os elementos do circuito. Entretanto, é possível para muitos propósitos práticos, desprezarmos a resistência elétrica dos fios e demais elementos. Aqueles elementos cuja resistência não pode ser desprezada são chamados de *resistores*. Os resistores podem ser colocados intencionalmente nos circuitos elétricos com objetivos predeterminados. Na representação simbólica de circuitos elétricos, os resistores são representados como na Figura 11.

Figura 11 – Resistor no circuito

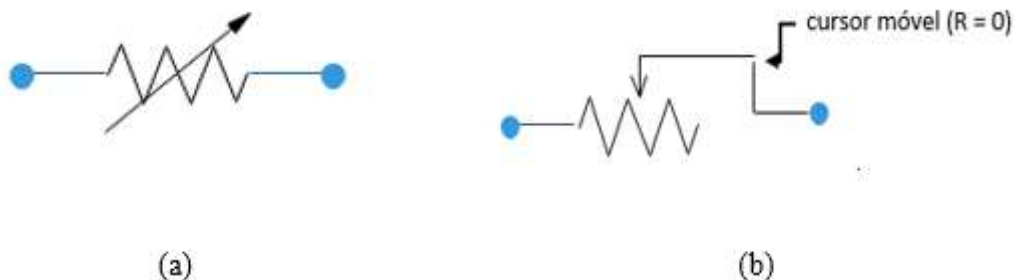


Fonte: Autoria própria, 2021.

2.3.3 Reostatos

Existem algumas situações em que precisamos que a resistência elétrica do circuito possa ser modificada de forma independente, seja porque queremos dissipar mais energia térmica (ou menos), ou por termos a necessidade uma corrente maior (ou menor). Esse aparelho cuja resistência elétrica pode ser variada externamente por um operador, girando um botão ou mesmo deslizando um cursor, é chamado de reostato. Seu princípio de funcionamento, baseia-se na Eq. 17, pois podemos variar o comprimento de um fio condutor e, com isso, alterar a sua resistência elétrica. Pode ser representado no circuito, como mostrado nas figuras 12(a) e 12(b).

Figura 12 – (a) Símbolo do reostato; (b) Símbolo reostato de cursor.



Fonte: Autoria própria, 2021.

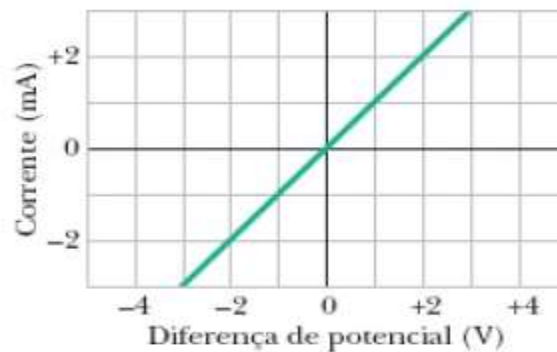
Há inúmeras aplicações práticas para os reostatos: ventiladores, onde ao girar o botão do ventilador (reostato), você varia a resistência elétrica, que modifica a corrente que passa pelo circuito, consequentemente, alterando a potência (que se manifesta como maior velocidade da hélice); os botões do volume do rádio (reostato), onde ao girar o botão do volume, você varia a resistência elétrica, que modifica a corrente que passa pelo circuito, variando assim, a potência (que se manifesta como maior volume do som).

2.3.4 A Lei de Ohm

Quando a resistência elétrica de um condutor, expressa pela equação $R = V/i$, é independente da tensão V aplicada ou da corrente i , isto significa que ela é constante (desde que outros fatores, como a temperatura, não variem), a tensão é função linear da corrente i , e neste caso o condutor é chamado ôhmico. A constância da resistência independentemente da variação de V ou i é conhecido como Primeira Lei de Ohm, deduzida por Ohm em um artigo de 1827 (Ohm, 1827). Hoje sabemos que diversos materiais que conduzem corrente elétrica não obedecem à Primeira Lei de Ohm, mas por questões históricas, continua a ser chamada de “lei”.

Vale resaltar que é frequente a afirmação de que $V = iR$ é a equação matemática para a lei de Ohm. Isso não é verdade! O que a “Lei” de Ohm afirma é a constância da resistência elétrica para qualquer par (V, i) . A equação é usada para definir o conceito de resistência e se aplica a todo e qualquer material que conduz corrente elétrica, mesmo que não obedecem à “Lei” de Ohm. Ao realizar a medida da diferença de potencial V entre os terminais de qualquer material condutor e a medida da corrente i que o atravessa, quando submetido a essa d.d.p, podemos calcular a resistência no dispositivo para esse valor de V , usamos a equação $R = V/i$, mesmo que os componentes não obedecem à lei de Ohm. Para os componentes que obedecem à lei de Ohm, a representação gráfica de $V \times i$ é uma função linear, como o gráfico da figura 13.

Figura 13 - Gráfico da corrente versus diferença de potencial para resistor ôhmico



Fonte: Halliday; Resnick; Walter (Vol. 3, 2016,p.340)

A “lei” de Ohm de um modo mais geral deve ser pensada se concentrando nos materiais e não nos componentes. Nesse caso, a relação relevante passa a ser a forma vetorial $\vec{E} = \rho \vec{j}$ em vez da forma macroscópica $V = iR$, nessa nova configuração à “lei” de Ohm, pode ser definida como:

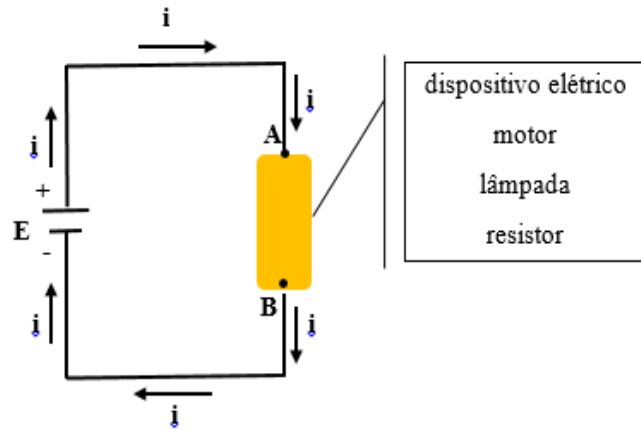
Um material obedece à lei de Ohm se a resistividade do material, dentro de certos limites, não depende do módulo nem do sentido do campo elétrico.

Os materiais homogêneos, sendo eles condutores, como o cobre, ou semicondutores, como o silício puro ou dopado de impurezas, obedecem à lei de Ohm dependendo de valores de campo elétrico aplicado. Para valores elevados de campo elétrico, são observados desvios em relação à lei de Ohm.

2.4 A POTÊNCIA DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

A Figura 14 mostra um circuito, no qual uma bateria $\mathcal{E}$ estabelece uma diferença de potencial $V = \mathcal{E}$ entre os seus terminais. Como os pontos A e B do circuito estão conectados à bateria por fios, logo esses pontos estarão submetidos a mesma ddp da bateria. Suponha que entre estes pontos esteja ligado um aparelho elétrico qualquer, que pode ser um motor, um resistor, uma lâmpada ou qualquer outro dispositivo elétrico. Como sabemos que V_A é maior que V_B , uma corrente elétrica i estará passando, de A para B , através do aparelho. As cargas elétricas que constituem a corrente estarão passando de um ponto onde elas possuem mais energia (ponto A) para outro onde elas possuem menos energia (ponto B). Essa energia que as cargas perdem, são transferidas para os aparelhos elétricos, aparecendo sob outra forma de energia. A forma de energia na qual a energia elétrica é transformada dependerá do tipo de aparelho conectado entre os pontos A e B .

Figura 14 – Uma bateria E estabelece uma corrente i em um circuito que contém um componente não especificado.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A quantidade de energia elétrica que é transferida ao aparelho ligado entre os pontos A e B pode ser calculada como mostraremos a seguir. Considere que a quantidade de carga dq que atravessa o dispositivo num tempo dt é igual a $i dt$. Ao completar o circuito, a carga dq tem seu potencial reduzido de V e sua energia potencial reduzida de um valor dado por

$$dU = dq V = i dt V \quad (30)$$

A taxa de transferência de energia elétrica (dU/dt) é chamada de potência elétrica e pode ser expressa matematicamente por

$$P = iV \quad (31)$$

A unidade de potência elétrica, no SI, é o Watt. Podemos verificar que realmente isto ocorre, lembrando que:

$$1A = 1C/s \text{ e } 1V = 1J/C. \text{ Então:}$$

$$1A \cdot 1V = 1C/s \cdot J/C = 1J/s = 1Watt = 1W$$

No caso de um resistor podemos combinar a equação 31 com a equação 20 para encontrar a potência elétrica dissipada num condutor que tenha resistência R . Podemos obter duas expressões diferentes quer consideremos $V = Ri$ ou $i = V/R$ na Eq. 31.

$$P = i^2 R \quad \text{e} \quad P = V^2/R \quad (32)$$

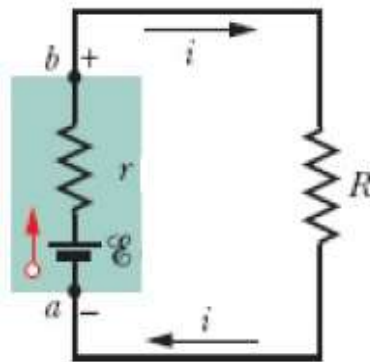
Onde R representa a resistência elétrica do componente.

Vale destacar, que a relação $P = iV$ é mais geral, aplica-se à transformação de energia elétrica em todos os outros tipos de energia, já as relações $P = i^2 R$ e $P = V^2 / R$ aplica-se à transformação de energia potencial elétrica em energia térmica num dispositivo com resistência.

2.5 DIFERENÇA DE POTENCIAL ENTRE DOIS PONTOS DE UM CIRCUITO

Para determinar a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito, devemos escolher um ponto e fazer o percurso até o outro ponto, não importando o sentido. À medida que percorremos o circuito somamos as variações de potencial encontradas no caminho. Vale salientar, que no percurso devemos obedecer a **regra das fontes**: quando a fonte é percorrida do terminal negativo para o terminal positivo a variação é $+\varepsilon$; do terminal positivo para o terminal negativo a variação é $-\varepsilon$; e a **regra da resistência**: no sentido da corrente há uma queda do potencial $-iR$, no sentido contrário a corrente há um aumento do potencial $+iR$. No circuito da Figura 15, qual é a diferença de potencial $V_b - V_a$ entre os pontos a e b ?

Figura 15 – Existe uma diferença de potencial entre a e b , que são os terminais de uma fonte real.



Fonte: Haliday, Resnick, Walter, (10ª ed vol3, 2016).

Para responder a essa pergunta podemos começar o percurso no ponto a (com potencial V_a) e fazer o percurso pela fonte até o ponto b (com potencial V_b), anotando as ddp encontradas no percurso. Teremos, então,

$$V_a + \varepsilon - ir = V_b,$$

Ou

$$\varepsilon - ir = V_b - V_a \quad (33)$$

Para resolver a Eq. 33, precisamos conhecer o valor da corrente i . Para isso, observe que podemos calcular a ddp entre a e b por dois caminhos diferentes: por dentro do gerador e por fora, ao longo do circuito externo. Por dentro do gerador, teremos

$$V_b - V_a = \varepsilon - ri$$

Ao longo do circuito externo, teremos

$$V_a - V_b = -Ri$$

Somando essas duas equações, temos

$$0 = \varepsilon - ri - Ri$$

Donde resulta

$$i = \frac{\varepsilon}{r+R} \quad (34)$$

Substituindo i pelo seu valor na Eq. 33, temos

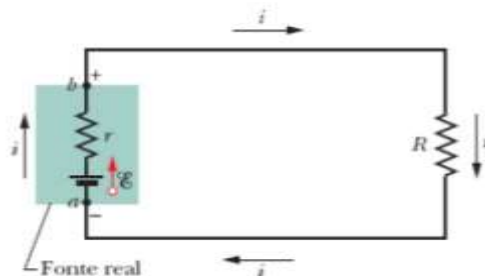
$$V_b - V_a = \varepsilon - \frac{\varepsilon r}{R+r}$$

$$V_b - V_a = \frac{\varepsilon}{R+r} R \quad (35)$$

2.5.1 Diferença de Potencial entre os Terminais de uma Fonte Real

Uma fonte supostamente ideal, é aquela em que não há resistência nenhuma a passagem de corrente dentro dela. Na realidade não existe, pois toda fonte real possui uma resistência interna, que provoca uma queda de tensão dentro da própria fonte.

Figura 16 – Circuito elétrico com uma fonte real



Fonte: Haliday, Resnick, Walter , (10º ed vol3, 2016).

Na figura 16, os pontos a e b estão nos polos da fonte; assim, a diferença de potencial $V_b - V_a$ é a diferença de potencial entre terminais da fonte. Pode ser representada matematicamente pela equação abaixo

$$V = \varepsilon - ir \quad (36)$$

Se a resistência interna r da fonte for zero, V seria igual à força eletromotriz da fonte (já deduzido lá na Eq. 4). Observe que o valor de V depende da corrente que atravessa a fonte. Se a fonte estiver em outro circuito no qual a corrente seja diferente, V terá outro valor.

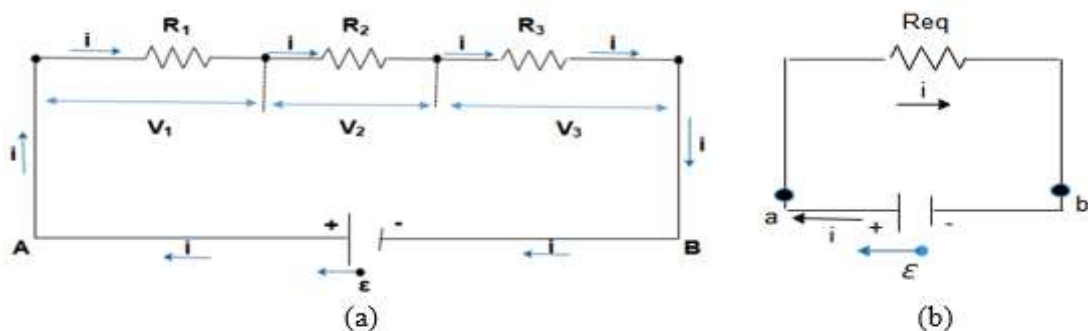
2.6 ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Em algumas situações, necessitarmos de resistores com resistências elétricas de valor diferente do que dispomos; outras vezes, precisamos proteger o circuito de correntes maiores do que ele suportaria. Para resolver este problema, deve-se fazer uso da associação de resistores e, dependendo da forma como eles são associados, podemos obter resistências maiores ou menores. Os resistores podem ser associados em série, em paralelo ou numa combinação mista.

2.6.1 Associação de Resistores em Série

Na associação da Figura 17a temos três resistores ligados em série a uma fonte de força eletromotriz ε . A expressão “em série” evidencia que os resistores são ligados um após o outro (não importando a disposição dos resistores) e que uma diferença de potencial V é aplicada aos terminais da associação. Na Figura 17a, os resistores estão conectados entre as extremidades A e B , e uma fonte mantém a diferença de potencial entre as extremidades A e B dos resistores. A diferença de potencial em cada resistor produz a mesma corrente i em cada uma delas.

Figura 17 – (a) Resistores ligados em série aos pontos A e B ; (b) Circuito equivalente, com o R_{eq} representando os três resistores do circuito da figura 16a.



Quando alimentado pela fonte, o circuito apresenta as seguintes propriedades:

- Quando os resistores associados em série estão submetidos a uma diferença de potencial V , a corrente elétrica i é a mesma em todos os resistores, e a soma das diferenças de potenciais dos resistores é igual a diferença de potencial aplicada pela fonte.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (37)$$

Vale lembrar que nesse tipo de associação só existe um caminho possível para as cargas que atravessam os resistores em série. Existindo mais de um caminho, os resistores não estão mais configurados em série.

- Resistores associados em série podem ser substituídos por um único resistor, chamado de resistor equivalente cuja resistência equivalente R_{eq} (Fig. 17b) é percorrida pela mesma corrente i e submetida à mesma diferença de potencial total V da associação original.

Para calcular o valor da resistência equivalente R_{eq} da Fig. 17b, aplicamos a 1ª Lei de Ohm a cada um dos resistores associados entre os ponto A e B da Fig. 17a.

Como $V = V_1 + V_2 + V_3$, teremos:

$$\begin{aligned} R_{eq} \cdot i &= i \cdot R_1 + i \cdot R_2 + i \cdot R_3 \\ R_{eq} \cdot i &= i \cdot (R_1 + R_2 + R_3) \\ R_{eq} &= R_1 + R_2 + R_3 \end{aligned} \quad (38)$$

A extensão para n resistores é imediata e nos dá

$$R_{eq} = \sum_{j=1}^n R_j \quad (n \text{ resistores em série}). \quad (39)$$

Vale resaltar que, no caso de dois ou mais resistores associados em série, a R_{eq} é maior que a maior das resistências. Como $P = Ri^2$, a uma maior resistência corresponde uma maior potência dissipada.

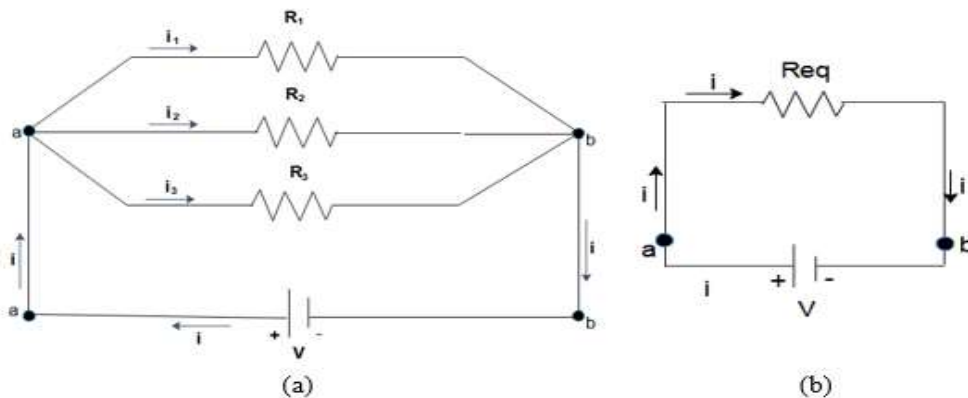
O inconveniente desse tipo de associação, é que, como a corrente elétrica é a mesma por todos os resistores, se um dos resistores queimar ou for desligado, o circuito fica aberto e os demais deixarão de funcionar, pois a corrente não pode mais chegar aos outros resistores. Esse é justamente um dos motivos de não serem muito utilizados em circuitos elétricos residenciais. Isso porque no caso de todos os aparelhos eletrônicos de uma residência estiverem em série e um deles queimar, a corrente parará de circular e nenhum dos outros dispositivos funcionará.

2.6.2 Associação de Resistores em Paralelo

Quando temos dois ou mais resistores associados, conforme o esquema mostrado na Fig. 18a, temos um circuito com resistores em paralelo conectados a uma fonte ideal de força eletromotriz $\mathcal{E}$. Nas palavras Halliday; Resnick; Walter (2016, p.390), “o termo “em paralelo” significa que as três resistências estão ligadas entre si nas duas extremidades”. Assim, todas estão sujeitas à mesma diferença de potencial aplicada pela fonte.

Perceba que quando aplicamos uma diferença de potencial V aos resistores conectados em paralelo, todos eles ficam submetidos à mesma diferença de potencial da fonte. Mas que eles não são percorridos exatamente pela mesma corrente, pois cada resistor possui uma corrente própria que independe das demais, como observado na Fig. 18a.

Figura 18 – (a) três resistores ligados em paralelo entre os pontos a e b; (b) Circuito equivalente, com os três resistores substituído pelo resistor equivalente.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O circuito alimentado pela fonte, apresenta as seguintes características:

Para o cálculo da R_{eq} da Fig. 18b, escrevemos as correntes de cada resistor da figura 18a, na forma

$$i_1 = \frac{V}{R_1}, \quad i_2 = \frac{V}{R_2} \quad e \quad i_3 = \frac{V}{R_3}$$

onde V representa a ddp aplicada pela fonte aos pontos a e b. Aplicando-se a regra dos nós (Eq. 14) ao ponto a da Fig.18a, e substituindo as correntes por seus valores, obtemos a equação 36.

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right). \quad (40)$$

Quando os resistores da associação em paralelo da Figura 18a, são substituídas por um outro resistor de R_{eq} da Fig. 18b, obtemos a equação 41.

$$i = V/R_{eq} \quad (41)$$

Igualando as equações 40 e 41, encontramos a expressão matemática para o R_{eq} .

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (42)$$

Generalizando, essa equação para n resistores, temos

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j} \quad (n \text{ resistores em paralelo}) \quad (43)$$

Se houver somente dois resistores em paralelo no circuito, o R_{eq} pode ser encontrado, pelo produto das resistências dividido pela soma, como na equação 44.

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (44)$$

Se houver dois ou mais resistores em paralelo, de resistências iguais, a resistência equivalente pode ser encontrada pela equação 45:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \quad (45)$$

Perceba que as duas equações anteriores são obtidas por meio da equação geral da associação de resistores em paralelo. E no caso de dois ou mais resistores em paralelo, a resistência equivalente é sempre menor que a menor das resistências.

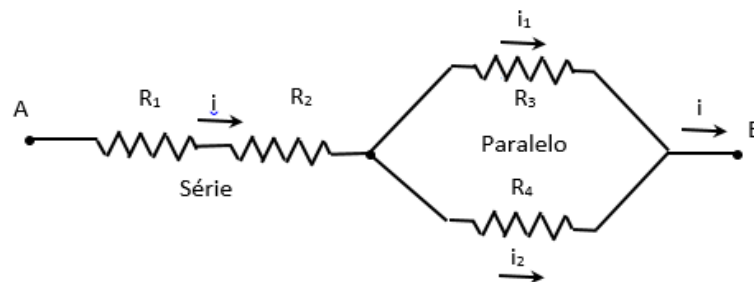
Vale destacar, que a característica fundamental dessa associação é o fato de todos os resistores serem submetidos à mesma d.d.p., por estarem ligados aos mesmos terminais do

gerador. Portanto, quando um resistor queima, ele deixa de funcionar, pois a corrente deixa de passar apenas nele.

2.6.3 Associação Mista de Resistores

Existem circuitos nos quais temos trechos com resistores associados em série (R_1 e R_2) e outros associados em paralelo (R_3 e R_4) como na Figura 18. A esses tipos de circuito nos quais temos resistores associados em série e em paralelo chamamos de associação mista. Para encontrar a resistência equivalente para esse tipos de circuito deveremos analisar caso a caso e aplicar as equações dos circuitos em série e em paralelo de acordo com a distribuição dos resistores no circuito elétrico, tendo em mente que devemos ir, gradativamente eliminando os resistores, associados em série (mesma corrente) ou em paralelo (mesma d.d.p.), até chegarmos a um único resistor (resistor equivalente).

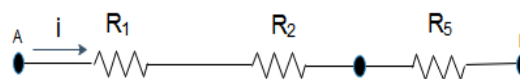
Figura 19 – Associação mista de resistores.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Resolvendo o trecho da associação em paralelo da Figura 19, tem-se o resistor R_5 , como o resistor equivalente de R_3 e R_4 , conforme a Figura 20.

Figura 20 – associação em série



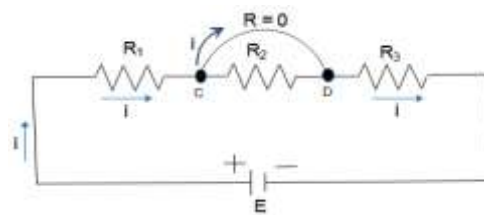
Fonte: Autoria própria, 2021.

Na Figura 20, os resistores, R_1 , R_2 e R_5 , estão em série, são percorridos pela mesma corrente, deve-se somar os resistores para encontrar o resistor equivalente da associação.

2.7 CURTO-CIRCUITO

Dois pontos **C** e **D** de um circuito elétrico estão em curto-circuito (“curto”), como na Figura 21, quando são ligados por um condutor de resistência desprezível ($R = 0$). O que significa que os dois têm o mesmo potencial. Em algumas situações, provocando-se um curto-circuito, pode eliminar um resistor do circuito, pois ele deixará de ser percorrido por corrente.

Figura 21 – Circuito em série com o resistor R_2 em curto-circuito

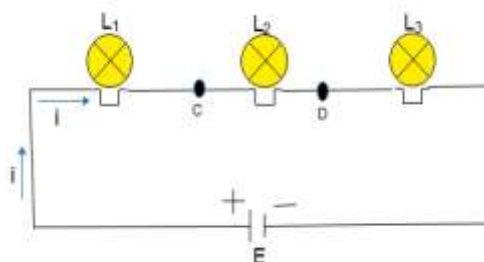


Fonte: Autoria própria, 2021.

2.7.1 Associação de Resistores com Curto-circuito

Na Figura 22, temos três lâmpadas idênticas associadas em série (L_1 , L_2 e L_3) e uma bateria E fornecendo uma d.d.p. V para o circuito. Nessa situação a d.d.p. em cada lâmpada será $V/3$ e a mesma corrente que passa na lâmpada L_1 também passa na L_2 e na L_3 .

Figura 22 – circuito com lâmpadas associadas em série alimentado por uma bateria E .

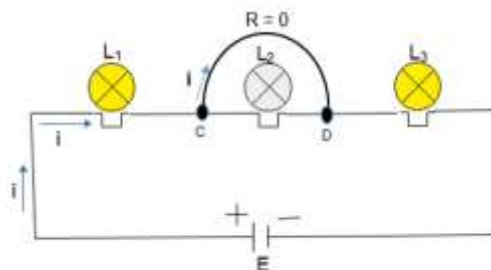


Fonte: Autoria própria, 2021.

Agora, considere a situação mostrada no circuito da Figura 21, no qual um fio de resistência desprezível foi ligado aos pontos **C** e **D** do circuito (terminais da lâmpada L_2). Dessa forma, quando a corrente chega no ponto **C** existem dois caminhos possíveis: i) de **C** para **D**, pela lâmpada L_2 (que tem uma resistência relativamente grande); ii) de **C** para **D**, pelo fio, cuja resistência é praticamente nula. O fio anulou a ddp existente entre os pontos **C** e **D**, fazendo com que a corrente seja totalmente desviada pelo fio de resistência ($R = 0$), indo para

o ponto D . Desse modo os pontos C e D passam a ter o mesmo potencial e podem ser considerados o mesmo ponto na análise do circuito, ou seja, $C = D$.

Figura 23 – Circuito ligado por um fio de resistência desprezível entre os pontos C e D .



Fonte: Autoria própria, 2021.

Na associação de lâmpadas acima, a lâmpada L_2 está em curto-circuito e não está funcionando, pois não passa corrente elétrica por ela, e o circuito será analisado como se ela não existisse. Assim a resistência equivalente do circuito diminui, pois só duas lâmpadas fazem parte do circuito, L_1 e L_3 . Consequentemente as lâmpadas L_1 e L_3 brilharão mais em virtude do aumento da d.d.p. em seus terminais.

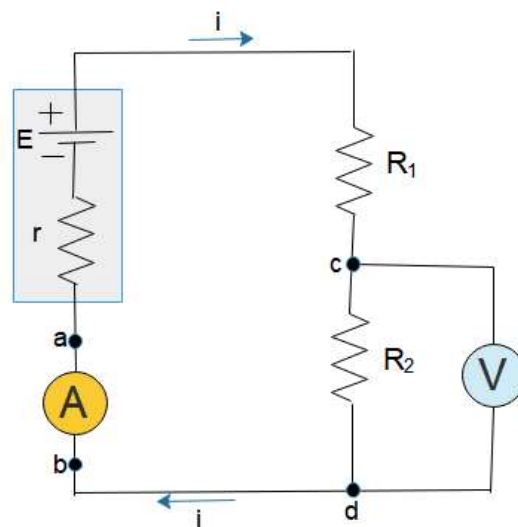
2.8 O AMPERÍMETRO E O VOLTÍMETRO

O aparelho usado para realizar medidas de corrente é chamado de amperímetro. Para medir o valor da corrente elétrica em determinado trecho de um fio, em geral devemos conectar o amperímetro em série ao circuito, para que a corrente que se deseja medir passe por ele. O amperímetro é um instrumento que também possui um circuito e, portanto, tem uma resistência R_A que deve ser muito menor que todas as outras resistências do circuito. (Na Figura 24, o amperímetro A está sendo usado para medir a corrente i). O amperímetro ideal deve possuir resistência interna nula ($R_A = 0$).

O voltímetro é o instrumento que deve usado para medir a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito. Para isso, conectamos seus terminais em paralelo com o componente cuja voltagem desejamos medir. Na Figura 24, o voltímetro V está sendo usado para medir a diferença de potencial entre os terminais de R_2 . É essencial que a resistência R_V do voltímetro seja alta para que não passe nenhuma corrente por ele. Assim, um voltímetro ideal deve ter resistência interna infinitamente grande, de forma que não permita a passagem da corrente elétrica pelo seu interior.

Existem instrumentos de medidas, que dependendo da posição da chave seletora, podem ser usados como amperímetro, voltímetro e ainda como um ohmímetro - um aparelho que permite a medida direta do valor da resistência do componente ligado entre seus terminais. Esses aparelhos multifuncionais são chamados de multímetros.

Figura 24 – Circuito de uma malha, mostrando como ligar um amperímetro (A) e um voltímetro(V).



Fonte: Autoria própria, 2021.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel é cognitiva construcionista, ou seja, postula que o ser humano aprende a partir daquilo que já sabe, procura relacionar as novas aprendizagens com aspectos relevantes da estrutura de conhecimento do indivíduo. A esse aspecto relevante na estrutura cognitiva do aprendiz é que Ausubel chama de subsunção ou conhecimento prévio. Moreira, ao comentar sobre aprendizagem significativa e a importância do conhecimento prévio, diz que:

[...] É importante reiterar que aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é *não-litera*l e *não-arbitrária*. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significados para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (Moreira, 2011, p.14).

Na promoção da aprendizagem significativa, o conhecimento prévio é a variável isolada mais importante, de forma que ele pode ser alterado na interação com a nova aprendizagem e, também, pela reformulação dos próprios conhecimentos prévios, podendo dar maior estabilidade para as novas aprendizagens. Assim, quanto mais se sabe dos conhecimentos prévios do aprendiz, maior será a possibilidade de promoção de uma aprendizagem significativa.

De acordo com (Moreira,2011), para que haja aprendizagem significativa, de fato, são necessárias duas premissas básicas, a saber: i) o material pedagógico, que pode ser uma aula, um aplicativo, um livro, um jogo, entre outros, deve ser potencialmente significativo, isto é, deve ser relacionável com conceitos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. É importante também que o aluno tenha em sua estrutura cognitiva conhecimento relevante que possa interagir com o novo material didático. Isto acaba implicando que o material pode ter significado para determinado público, mas não ter nenhum significado para outro, ou seja, os materiais de aprendizagens potencialmente significativos devem ser confeccionados de acordo com a linguagem do público-alvo.

O material de aprendizagem não será, necessariamente, significativo, podendo apenas apresentar um potencial significativo, pois, segundo ele não existe um livro, nem aula, nem problema relevante, pois, são as pessoas que atribuem significados aos materiais. Contudo, os significados atribuídos pelo estudante podem, ainda, não concordar com a construção social do material de ensino do contexto escolar.

A segunda condição é ii) que o estudante deve estar predisposto a relacionar o material de maneira consistente e não arbitrária, isso requer que o aprendiz disponha em sua mente de ideias relevantes que possam ser relacionadas com o material de aprendizagem. Observe que essa “predisposição” para relacionar material de ensino e conhecimento prévio não tem relação com motivação como interpretam alguns estudantes da teoria. Não se trata de vontade para aprender. Trata-se de predisposição cognitiva. Faz-se necessário que o aprendiz possua, em sua estrutura cognitiva, um mínimo de conhecimentos prévios para serem usados como subsunçores para os conhecimentos novos.

Essas duas condições são indispensáveis para garantir uma interação eficaz entre subsunçor e conhecimento novo. Nesse processo, o subsunçor e conhecimento novo ficam cada vez mais cheios de significados, tornam-se mais abrangentes e organizados ao longo do processo de aquisição de conhecimento, favorecendo assim novas aprendizagens.

No entanto, Ausubel coloca que a aprendizagem que mais ocorre no contexto escolar é a aprendizagem mecânica, aquela em que a nova informação é armazenada com pouca interação com os conceitos relevantes da estrutura cognitiva, privilegiando a memorização de conceitos e descompromissada com a compreensão da realidade. Segundo Moreira (2011, p.32), “é aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada, logo após”.

Não ocorre dicotomia entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica e sim um contínuo entre uma e outra. Para transformar aprendizagem mecânica em aprendizagem significativa, faz-se necessário o uso de práticas pedagógicas que dependem da “existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor, na prática”, (Moreira, 2011, p.32). A aprendizagem significativa apresenta um caráter progressivo, que envolve uma negociação de significados entre o professor e estudante, que permite a reconstrução do conhecimento, na medida que ocorre a interiorização de novos significados, podendo ser um processo bastante duradouro.

Para Gowin (1981), o processo ensino-aprendizagem é uma relação triádica que envolve professor, material pedagógico e alunos, o produto dessa relação é o compartilhamento de significados. Para ele, uma situação de ensino-aprendizagem se materializa quando aluno e professor passam a compartilhar o mesmo significado a respeito do material pedagógico, usado intencionalmente pelo professor para mudar o significado de vivência do aluno.

De acordo com Ausubel, existem as seguintes formas de aprendizagem significativa: a aprendizagem significativa subordinada, na qual os conceitos preexistentes na estrutura cognitiva estão em um nível de generalização superior ao do material a ser aprendido. Nesse processo, à medida que as novas informações vão se vinculando na estrutura cognitiva do aprendiz, vai acontecendo uma diferenciação progressiva dos conceitos.

A aprendizagem significativa superordenada, cujos os conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz apresentam um nível de generalização inferior em relação ao conceito do material a ser aprendido, mas, à medida que as novas informações, mais amplas, mais inclusivas vão se incorporando ao material preexistente, as ideias se reorganizam e ganham novo significado. Ausubel define essa recombinação de elementos como reconciliação integrativa.

A aprendizagem combinatória é o caso em que o significado é adquirido por interação, com um conhecimento mais amplo, mais inclusivo, que o aprendiz já tem em determinada área do conhecimento. Combina-se o conhecimento que o aprendiz já tem com as novas informações com o uso de analogias, mas não os subordina nem superordena.

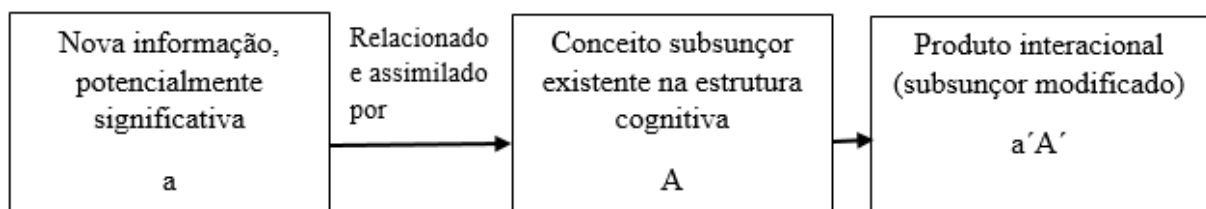
Ausubel define a aprendizagem significativa em três tipos diferentes, que são a aprendizagem representacional, a aprendizagem de conceitos e a aprendizagem proposicional. Aprendizagem representacional é aquela que envolve a atribuição de significados a determinados símbolos, passando a significar para o indivíduo aquilo que seus referentes representam, à medida que o aprendiz vai interagindo com a palavra e o conteúdo cognitivo, consegue estabelecer a relação entre a palavra e o objeto. Nesse nível, o sujeito atribui um significado para cada objeto. Não existe ainda, por exemplo, uma classe de objetos chamados “mesa”; existe, sim, o objeto com quatro pernas e tampo que usamos em casa, o objeto com quatro pernas e tampo que vi na lanchonete etc.

A aprendizagem conceitual ocorre quando o aprendiz adquire o conceito através do contato com o objeto e da interação com outras pessoas, passando a identificar regularidades, e não mais depende de um referente concreto do evento para atribuir significado a esse símbolo. Nesse caso, o indivíduo já consegue perceber regularidades em diversos objetos e atribui todos eles a uma mesma classe que define um determinado conceito. Assim, o indivíduo, agora, compreende que todos os objetos de quatro pernas com um tampo é uma mesa, e que, mesmo que nem todas estes objetos sejam iguais, eles têm características que lhe permitem definir um conceito que abarque todos eles. Em física, esse tipo de aprendizagem é o que garante ao aluno compreender conceitos como massa, tempo, deslocamento, força, torque, corrente elétrica etc.

A aprendizagem proposicional implica na combinação e relação de várias palavras, de forma a produzir uma nova proposição. Sendo a aprendizagem representacional e conceitual pré-requisito para a proposicional, sendo o resultado dessa proposição diferente da soma de significados dos conceitos e palavras nela envolvidas. Durante o processo de ensino e aprendizagem em física, será esse tipo de aprendizagem que garantirá ao aluno a capacidade de compreender leis tais quais $F_R = m \cdot a$. Esse tipo de aprendizagem permite ao discente relacionar conceitos para propor conexões entre eles.

Outro processo descrito por Ausubel para a formação dos subsunçores é a formação de conceitos, sendo esses novos conceitos adquiridos pelo processo de assimilação obliteradora, que ocorre pela interação entre um novo conhecimento com conceitos aprendidos anteriormente. Este princípio objetiva tornar mais claro o processo de aquisição e organização do conhecimento na estrutura cognitiva. A assimilação obliteradora parte da ideia de que quando uma nova informação é aprendida significativamente, supõe-se que ela se relaciona com outra ideia relevante, sendo assimilada por ela e modificando-a. Nesse processo, os dois conceitos acabam sofrendo modificações, produzindo no final o produto de interação entre eles. Moreira e Massini (2005, p. 25) representam simbolicamente o princípio da assimilação obliteradora conforme a Fig. 25.

Figura 25 - Representação simbólica do princípio da assimilação



Fonte: Autoria própria, com base em Moreira, 2021.

Sobre isso, Moreira (2011) enfatiza que a aprendizagem significativa não é aquela que o sujeito nunca esquece. Que se tratando de aprendizagem significativa o esquecimento é um processo natural. Quer dizer, há uma perda progressiva da dissociabilidade das novas informações em relação aos conhecimentos preexistentes que serviram de ancoradouros cognitivos.

Assim, conclui-se que o esquecimento representa uma perda progressiva da diferenciação entre a nova informação assimilada e o subsunçor com o qual se relacionou e cujo significado foi modificado durante o processo. Já o produto final seria um subsunçor mais estável do que o anterior, agora incluindo a nova informação modificada. Portanto, o

processo de assimilação favorece a retenção e aquisição de significados e carrega consigo um mecanismo de esquecimento de informações específicas que distinguem a nova informação das preexistentes.

Para facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel sugere que o planejamento do conteúdo a ser ensinado obedeça basicamente a dois princípios básicos: à diferenciação progressiva e à reconciliação integradora. No primeiro processo, um subsunçor mais geral, ao se submeter a nova informação, através de várias interações, vai sofrendo modificações e se tornando mais específico. Um exemplo possível seria para o conceito de “campo”. Inicialmente, o conceito significa muitas coisas e todas ao mesmo tempo. No decorrer da aprendizagem de mecânica, eletricidade, magnetismo etc., aquele conceito de campo mais geral vai se diferenciando em conceitos mais específicos como campo gravitacional, campo elétrico e campo magnético etc., respectivamente.

Observe que, ao diferenciar o conceito de “campo” (bem geral e que significa muitas coisas ao mesmo tempo) do conceito de “campo gravitacional” (o primeiro dos conceitos relacionados estudados no ensino médio), torna-se mais fácil para o aprendiz, agora, aprender o conceito de “campo elétrico”, que guarda uma semelhança imensa com o conceito de “campo gravitacional”. Assim é que “através de sucessivas interações, um dado subsunçor vai, ficando mais rico, mais refinado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas.” (MOREIRA, 2011, p.20).

O segundo processo, a reconciliação integradora (ou integrativa), que é simultâneo à diferenciação progressiva, busca elucidar incoerências e possíveis diferenças de conceitos envolvidos, procurar semelhanças em vista de integrar os significados. Este processo atua no sentido inverso da diferenciação progressiva, tendo em vista que é o processo por meio do qual o aprendiz organiza conceitos aparentemente díspares sob um mesmo conceito. Assim, por exemplo, caso o aluno não tenha passado por um processo de formação inadequado, é possível que ele compreenda em algum nível os conceitos de campo gravitacional, campo elétrico e campo magnético sem, contudo, observar que todos esses conceitos fazem parte, na verdade, de um conceito maior e mais geral: o conceito de campo. A reconciliação integradora é o processo por meio do qual o aprendiz irá observar as semelhanças, dissipar as incoerências e diferenças e integrar todos esses conceitos sob um mesmo conceito mais rico.

No estudo desenvolvido, levamos em conta que o conhecimento sobre os fenômenos físicos por parte dos alunos tem uma outra linguagem, diferente conotação científica. Dessa forma, foram criadas situações de aprendizagem que permitissem ao aluno construir o significado junto com o professor, numa tentativa de auxiliar na construção de conceitos

aceitos pela comunidade científica, utilizando, para isso, atividades experimentais problematizadas, procurando estabelecer uma conexão teoria/prática no ambiente escolar.

Nesse processo, o conhecimento prévio do aluno seria a “âncora” para a compreensão do conhecimento científico, proporcionado pela integração entre conteúdos pertinentes e atividades experimentais problematizadas. Portanto, para que se atinja a aprendizagem significativa, é necessário um encadeamento de ideias por parte do professor, que vai desde a preparação do material didático até a linguagem utilizada, além da predisposição do aluno a aprendizagem. Esses foram os fatores que direcionaram a organização e execução do estudo aqui desenvolvido.

No processo de verificação da Aprendizagem Significativa, é necessário que o estudante domine os significados de maneira clara, precisa, diferenciada e transferível as novas situações de aprendizagem. No caso de não verificação da aprendizagem, o professor deve apresentar o material pedagógico de outro modo, sempre considerando os significados aceitos no contexto escolar e permitir que os alunos refaçam as atividades de aprendizagem e que novamente devolvam os significados captados. Ausubel (1978) recomenda que a avaliação seja realizada sob uma roupagem nova e desconhecida para exigir ao máximo a transformação do conhecimento existente.

E se os alunos não possuírem subsunçores?

Para situações de aparente ausência de subsunçores, Ausubel recomenda a utilização de materiais introdutórios aos objetos centrais de conhecimento, definindo-os como organizadores prévios. Devem servir de âncora para as novas aprendizagens e levar ao desenvolvimento dos conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem. Segundo ele (1978, p. 171), “a principal função do organizador prévio é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara”. Nessa mesma linha de raciocínio, Moreira afirma, que:

Os organizadores prévios são materiais apresentados antes do próprio material a ser aprendido. Contrariamente a sumários, que ordinariamente apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, os organizadores são apresentados num nível mais alto. (MOREIRA, 2011, p. 105).

Percebe-se, com as ideias expostas, que os organizadores prévios devem ser apresentados no início dos exercícios de aprendizagem propostos. Tem como função principal relacionar aquilo que o aluno já conhece com a nova informação que possa adquirir, é um procedimento que visa criar condições para que o novo material de aprendizagem seja apresentado.

3.2 METODOLOGIAS ATIVAS

A partir da reflexão sobre o processo de ensino e aprendizagem, é possível perceber que há a necessidade de os docentes buscarem novas possibilidades didáticas e metodológicas de ensino, que foquem no protagonismo dos estudantes e favoreçam a motivação e estimulem o autogerenciamento de seu aprendizado. Segundo Berbel (2011), atitudes como oportunizar momentos de escuta aos estudantes, valorizar suas opiniões, exercitar a empatia, responder aos questionamentos, indicar o caminho a percorrer para que o próprio aluno busque solução, encorajá-los, dentre outras, são atitudes favorecedoras da motivação e da criação de um ambiente favorável à aprendizagem.

É nessa perspectiva que se situam as metodologias ativas como uma possibilidade de ativar a sua pré-disposição para o aprendizado, colocando-os no centro do processo, ideia corroborada por Moran, o qual afirma que “as metodologias ativas dão ênfase ao papel protagonista do aluno, ao seu desenvolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor” (MORAN, 2015, p.41). Com base nessa ideia, é possível inferir que, no método ativo, os estudantes, passam a ser compreendidos como sujeitos históricos e, portanto, podem assumir um papel ativo na aprendizagem, posto que seus conhecimentos e opiniões sejam valorizadas como ponto de partida para a construção da aprendizagem. Nesse percurso, há uma “migração do ‘ensinar’ para o ‘aprender’, o desvio do foco do docente para o aluno, que assume a corresponsabilidade pelo seu aprendizado” (SOUSA; IGLESIAS; PAZIN-FILHO, 2014, p.285)

Com base no exposto, é possível afirmar que, à medida que são oportunizadas práticas escolares que permitam a participação do aprendiz, nas quais ele possa interagir de forma efetiva no processo de construção do conhecimento, possibilitará o amadurecimento e desenvolvimento de sua autonomia. Um dos princípios fundamentais atrelado a essa abordagem de ensino é a edificação do aluno com um ser autônomo.

Legitimando esse entendimento, Berbel (2011) enfatiza algumas características fundamentais para o desenvolvimento e exercício da autonomia:

O engajamento do aluno em relação as novas aprendizagens, pela compreensão, pela escolha e pelo interesse, é condição essencial para ampliar suas possibilidades de exercitar a liberdade e a autonomia na tomada de decisões em diferentes momentos do processo que vivencia, preparando-se para o exercício profissional futuro. (BERBEL, 2011, p. 29).

Diante disso, podemos perceber que a prática educativa centrada em metodologias ativas favorece a interação constante entre os estudantes. A aula tradicional, na qual o professor geralmente explica tudo e os alunos ficam sentados como meros expectadores, é substituída por situações de aprendizagens que partam da realidade e do interesse do próprio educando, nas quais são privilegiados momentos em que possam questionar ou ampliar seus conhecimentos, tendo nos colegas e professores o apoio necessário para aprofundar os estudos. Tal prática proporcionará a oportunidade de uma melhor compreensão da realidade na qual está inserido, preparando-o para lidar com os desafios da vida.

Nesse perspectiva, o professor atua como um facilitador, articulando práticas escolares de seu interesse e do conhecimento de sua realidade que os levem a despertar a curiosidade, refletir sobre sua realidade, assim como construir e gerenciar sua própria aprendizagem.

Segundo Moran (2015), o professor que se utiliza das metodologias ativas tem o papel de curador e de orientador:

Curador, que escolhe o que é relevante entre tantas informação disponível e ajuda a que os alunos encontrem sentido no mosaico de materiais e atividades disponíveis. Curador, no sentido também de cuidador: ele cuida de cada um, dá apoio, acolhe, estimula, valoriza, orienta e inspira. Orienta a classe, os grupos e a cada aluno. Ele tem que ser competente intelectualmente, afetivamente e gerencialmente (gestor de aprendizagens múltiplas e complexas). (MORAN, 2015, p. 24).

Diante do exposto, num cenário de metodologias ativas, o professor deve assumir uma postura investigativa de sua prática pedagógica, refletindo sobre ela, a fim de reconhecer as lacunas e propor soluções, assim como ter um olhar para o aluno e seus questionamentos, ajudando-os a distinguir o que é essencial no percurso.

Mais do que isso, oportunizar momentos de escuta, valorizar suas opiniões, encorajá-los, dentre outras. De acordo com DOLAN; COLLINS (2015), estudos revelam que quando o professor fala menos, orienta mais e o aluno participa de forma ativa, a aprendizagem é mais significativa.

Com base no explicitado, é possível afirmar que quando as situações de aprendizagem são planejadas, utilizando-se as metodologias ativas como base, pensando a construção dos

novos conhecimentos a partir de temas de seu interesse e dos conhecimentos que o discente já dispõe e que foquem a interação entre os sujeitos (professor/aluno, aluno/aluno, professor/professor), poderão contribuir de forma significativa para a motivação e o desenvolvimento da autonomia do estudante.

É possível perceber, através das perspectivas expostas, que existe a necessidade de se conhecer metodologias e estratégias pedagógicas que sejam capazes de estabelecer uma conexão entre os saberes escolares e os saberes do cotidiano, expandindo o ambiente de aprendizagem dentro e fora da sala de aula. Além de propor situações de aprendizagens desafiadoras, que surjam a partir de suas necessidades e interesses, permitindo sua participação e intervenção ao longo processo, nas quais a aprendizagem se torne satisfatória e prazerosa. Essa postura ativa é coerente com aquela que se espera do aluno(a) para gerir a própria vida, e, por essa razão, tais estratégias foram escolhidas como recurso metodológico para guiar nossa pesquisa.

3.3 MAPA CONCEITUAL

Em 1972 Joseph D. Novak idealizou uma estratégia pedagógica para representar graficamente o processo de transformação psicológica dos indivíduos como forma de avaliar seus conhecimentos. Isso se deu em função de ter realizado uma pesquisa para investigar se houvera aprendizagem significativa sobre o conteúdo de ciências e ter encontrado dificuldade para interpretar as respostas de muitos estudantes (NOVAK, MUSONDA, 1991 apud NOVAK, CAÑAS, 2010). Deste modo, surgiram o que hoje denominamos de Mapas Conceituais (MC).

Para Moreira (2011),

Os mapas conceituais podem ser usados para mostrar relações significativas entre conceitos ensinados em uma única aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro. São representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitam a aprendizagem dessas estruturas. Entretanto, diferentemente de outros materiais didáticos, mapas conceituais não são autoinstrutivos: devem ser explicados pelo professor. Além disso, embora possam ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo, é preferível usá-los quando os alunos já têm certa familiaridade com o assunto, de modo que sejam potencialmente significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos (MOREIRA, 2011, p. 17).

Nesse viés, Novak e Gowin (1996) reforçam a necessidade de se trabalhar com atividades prévias que auxiliem os alunos na construção de seus mapas conceituais. Essas

atividades teriam como finalidade promover a distinção entre conceitos e palavras de ligação que conectam os conceitos.

De acordo com Moreira (2011), poderia se pensar em mapas conceituais de várias dimensões, mas os bidimensionais seriam os que ofereceriam uma maior vantagem do ponto de vista instrucional. Ainda segundo o autor, não existem modelos pré-definidos para a confecção de um mapa conceitual, desde que se evidencie em sua construção as relações e hierarquias entre os conceitos. Moreira enfatiza que um possível modelo de mapa seria aquele em que os “conceitos mais gerais, mais inclusivos, estivessem no topo da hierarquia e os mais específicos, menos inclusivos estivessem na base; os que não fossem nem muito gerais, ou inclusivos, nem muito específicos, naturalmente, ficariam na parte intermediária do mapa” (Moreira, 2011, p.105).

A construção de mapas conceituais propicia uma organização conceitual na estrutura cognitiva do indivíduo, tanto por diferenciação progressiva como por reconciliação integrativa, já citados. Ressaltar que se deve evitar que eles fiquem muito complexos, ou que pareça algo pronto e acabado.

Segundo o autor, no momento que o professor apresentar ao estudante um mapa conceitual como o ideal ou no momento que é exigido um mapa correto estará promovendo a aprendizagem mecânica em detrimento da significativa (MOREIRA, 2011). Para o autor, o professor, ao ensinar determinada temática, tem a intenção de fazer com que o discente adquira os significados de conceitos aceitos no contexto escolar, ressalta como importante procurar explicações que evidenciem a aprendizagem significativa.

3.4 AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DA FÍSICA

Encontramos vestígios de atividades experimentais relacionadas com o ensino de ciências naturais já no Brasil Colônia (nos colégios jesuíticos).

Durante os meses do verão, na última hora da tarde, um extraordinário professor observava e descrevia a geografia do céu para seus alunos que faziam mapas e previsões dos movimentos estelares. [...] Não obstante, embora estranhos à metodologia científica, os jesuítas, nas suas aulas de astronomia ao ar livre, à tardinha, intuitivamente, ensinavam modesta ciência, mas bem mais ciência (no sentido experimental) do que os muitos professores ulteriores que não se desligam do giz e do quadro-negro (ALMEIDA JÚNIOR, 1979, p. 46).

Já no final do século XVIII, a Alemanha cria uma nova proposta de ensino mais científica que literária e que repercute no Brasil. Nessa época, encontramos preocupações

sistemáticas com a experimentação em sala de aula no Brasil, apesar de que, apenas de forma demonstrativa.

Essa influência alemã na escola brasileira trouxe um apreciável desenvolvimento aos estudos científicos evidenciando, no caso da Física, a necessidade de experiências e demonstrações práticas dos princípios estudados. [...] o ensino de física deu um grande passo na direção de uma metodologia científica legítima, mas ainda incompleta. [...] os experimentos eram demonstrativos, ilustrativos da teoria, manipulados pelo professor, [...] sem a participação direta do aluno (ALMEIDA JÚNIOR, 1979, p. 46)

Aparentemente, as atividades experimentais sempre estiveram presentes, senão no cotidiano escolar, ao menos na compreensão que os professores tinham de sua importância como contribuição para o ensino de ciências em geral e do ensino de Física em particular. Os professores de Física veem, nesse tipo de atividade, uma forma de motivar os alunos a participarem efetivamente do processo de aprendizagem e a aproximarem os conteúdos de sua realidade, já que, na maioria das vezes, eles não gostam da disciplina, mas se envolvem com maior facilidade a partir de atividades experimentais, seja no laboratório, seja em sala de aula. “A aprendizagem em sala de aula, a partir dessa perspectiva, é algo que requer atividades práticas bem elaboradas que desafiem concepções prévias do aprendiz, encorajando-o a reorganizar suas teorias pessoais” (MORTIMER, 1992. p. 31).

As atividades experimentais desenvolvidas em conjunto com outras práticas pedagógicas vão desempenhar um papel fundamental para a compreensão e enriquecimento dos conceitos científicos, propiciando ao aluno uma visão ampla acerca dos referidos conhecimentos.

Neste sentido, Amaral (1997) destaca que são benefícios da experimentação,

[...] ajudar a compreender as possibilidades e os limites do raciocínio e procedimento científico, bem como suas relações com outras formas de conhecimento; criar situações que agucem os conflitos cognitivos no aluno, colocando em questão suas formas prévias de compreensão dos fenômenos estudados; representar; sempre que possível, uma extensão dos estudos ambientais quando se mostrarem esgotadas as possibilidades de compreensão de um fenômeno em suas manifestações naturais, constituindo-se em uma ponte entre o estudo e o conhecimento formal (AMARAL, 1997 p. 14).

Hodson (1994) aponta aquelas que são as principais justificativas que os professores encontram para o uso de experimentação no ensino de física, a saber:

- 1 – para motivar mediante a estimulação do interesse e da diversão;
- 2 – para ensinar as técnicas de laboratório;
- 3 – para intensificar a aprendizagem dos conhecimentos científicos;

4 – para proporcionar uma ideia sobre o método científico e desenvolver habilidades em sua utilização;

5 - Para desenvolver determinadas atitudes científicas, tais como a consideração com as ideias e sugestões de outras pessoas, a objetividade e a boa disposição para não emitir juízos pessoais apressados (HODSON, 1994, p. 300)

Vale salientar que as atividades experimentais permitem uma possibilidade de diálogo que se estabelece entre professores-alunos, alunos-alunos, estabelecendo possibilidades para a construção de um conhecimento formal, solidificado a partir dos saberes populares compartilhados, socializados e apreendidos no decorrer do processo de aquisição do conhecimento.

Ainda para Risoto (2003),

Boas atividades experimentais se fundamentam na solução de problemas, envolvendo questões da realidade dos alunos, que possam ser submetidos a conflito cognitivos. [...] O ensino de Ciências, integrando teoria e prática, poderá proporcionar uma visão das Ciências como uma atividade complexa, construída socialmente, em que não existe um método universal para resolução de todos os problemas, mas uma atividade dinâmica, interativa, uma constante interação de pensamento e ação. (RISOTO, 2003, p.208).

Nesse viés, as atividades experimentais se tornam meios capazes de tornar as aulas diferenciadas e atraentes, o que as tornam um processo mais dinâmico e prazeroso na busca de solução para as situações problema, a partir da contextualização de saberes científicos voltados para a compreensão da realidade cotidiana.

No contexto das discussões acerca da importância das atividades experimentais para a dinamização do processo de aprendizagem do aluno, esse estudo se delinea a partir de uma metodologia facilitadora do processo de ensino e aprendizagem de física, que traz a atividade experimental problematizada (AEP) como proposta de trabalho a partir de um problema de natureza teórica, que busca por soluções para o problema.

A estratégia didático-pedagógica objetiva o uso de meios (experimentos) para que os alunos desenvolvam e utilizem conhecimentos que possam auxiliar na solução do problema, além de contribuir para o desenvolvimento de sua autoaprendizagem. No entanto, o objetivo do uso da referida metodologia é possibilitar aos alunos a condição de pensar, debater, justificar suas ideias e utilizar tais conhecimentos em novas situações de aprendizagem. (AZEVEDO, 2009).

Vale ressaltar que, na citada proposta pedagógica, o papel a ser desempenhado pelo professor é de fundamental importância para a efetivação dos resultados que se esperam no decorrer do estudo, haja vista, requerer deste profissional não fornecer respostas prontas, mas responder sempre uma pergunta propondo novo questionamento, com propósito de levar o

aluno a formular e reformular o seu próprio pensamento, tornando-se progressivamente responsável pelo gerenciamento de sua aprendizagem (CARVALHO; VANNUCCHI; BARROS, 2007).

Nesse viés, o professor torna-se um questionador, abrindo precedentes para as auto-respostas dos alunos, embora estando esse profissional comprometido com a condução das perguntas e a proposta dos desafios a partir do conhecimento prévio do aluno, com vistas à construção da aprendizagem dos educandos, focada no relacionamento da teoria e prática e utilização destes nas possíveis soluções de problemas do cotidiano.

3.5 APORTES TEÓRICOS E METODOLÓGICOS CONSTRUTIVOS DA AEP

A construção e desenvolvimento de uma Atividade Experimental Problematicada (AEP), conhecida como estratégia pedagógica para o ensino experimental, requer de atenção específica no que se refere ao planejamento e desenvolvimento de sua proposta que parte de dois eixos, ou seja, o de natureza teórica e o de natureza metodológica, que embora sejam específicos, encontram-se relacionados e inseparáveis (Quadro 01).

Quadro 01 – Síntese dos elementos denotativos da AEP: Teóricos e Metodológicos

Eixos	
TEÓRICO – o planejar	METODOLÓGICO – o executar
a. Proposição do problema b. Objetivo experimental c. Diretrizes metodológicas	i. Discussão prévia ii. Organização iii. Retorno ao grupo de trabalho iv. Socialização v. Sistematização

Fonte: Silva; Moura, 2018.

A AEP propõe-se a uma experimentação que tem como base a demarcação de um problema de natureza teórica, de forma que a partir deste se desenvolverá uma proposta que contempla ações experimentais, com vista na busca por uma possível solução para o referido problema. Contudo, na atividade experimental problematizada, identifica-se na teoria um problema e suas possíveis respostas ou soluções que ora foram originadas se desenvolvem na atividade experimental, isto é, em seus elementos teórico-metodológicos.

Figura 26 - Eixo teórico e seus articuladores.



Fonte: Autoria própria, 2021.

a. Problema(s) proposto(s) (PP)

O problema proposto como ponto de partida da AEP, requer a proposição de uma rota de solução, diferenciando-se de uma questão ou de uma pergunta, as quais se satisfazem com uma resposta, certo ou errado. Trata-se de uma situação que exige do(a) aluno(a) um grau de complexidade maior, no qual se privilegiam os processos para a sua solução, é incentivado o uso de rotas experimentais para a coleta de informações que, quando interpretadas e compreendidas, poderão levar a uma possível solução (SILVA; MOURA, 2018).

b. Objetivo experimental (OE)

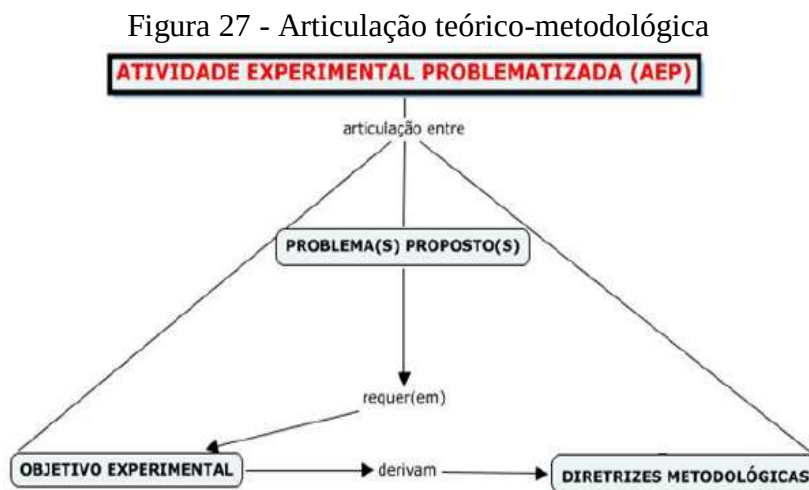
A partir da demarcação de um problema de conhecimento do aluno, propõe-se a construção de um objetivo geral amplo para se construir as propostas de atividades práticas, que poderão levar ou não a solução do problema proposto. Esse eixo experimental torna-se responsável por conduzir a principal ação a ser desenvolvida, derivando-se em uma diretriz metodológica (SILVA; MOURA, 2018).

c. Diretrizes metodológicas (DM)

Tratam-se de um guia de ações práticas oriundas do objetivo experimental. Têm a função de orientar os passos a serem seguidos. Não devem ser vistas como limitadoras da experimentação, mas como uma etapa fundamental para o encabeçamento das primeiras ações práticas. Possibilitam a compreensão do objetivo proposto e incentivam o diálogo entre os membros do grupo de trabalho antes de executarem suas ações, fatores essenciais para a organização das ideias individuais e para a tomada de decisão coletiva (SILVA; MOURA, 2018).

No planejamento e execução desse eixo, propõe-se uma articulação entre o objetivo experimental e as diretrizes metodológicas, a partir do momento que o problema é identificado e se propõe uma investigação com intuito de encontrar uma possível solução, de preferência que esteja na realidade cotidiana do estudante.

De acordo com Silva, Moura e Del Pino (p. 183, 2017), as atividades experimentais problematizadas estão articuladas segundo o mapa conceitual a seguir:



Fonte: Silva; Moura e Del Pino, 2017.

Percebe-se que a estrutura teórico-metodológica para a construção de uma AEP, começa com a proposição de um problema, preferivelmente relacionável à realidade do estudante. Esse problema precisa de um objetivo experimental, do qual serão definidas as ações norteadoras para os trabalhos experimentais, que serão as diretrizes metodológicas.

3.5.1 Eixo Metodológico – Sequência Organizadora do Trabalho

O planejamento de estratégias metodológicas capazes de oferecer suporte aos trabalhos pedagógicos em sua dimensão metodológica deve evitar comparações com práticas educativas rotineiras. Nessa perspectiva, é necessário ao docente "saber que ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para sua própria produção ou a sua construção" (FREIRE, 2016, p. 47).

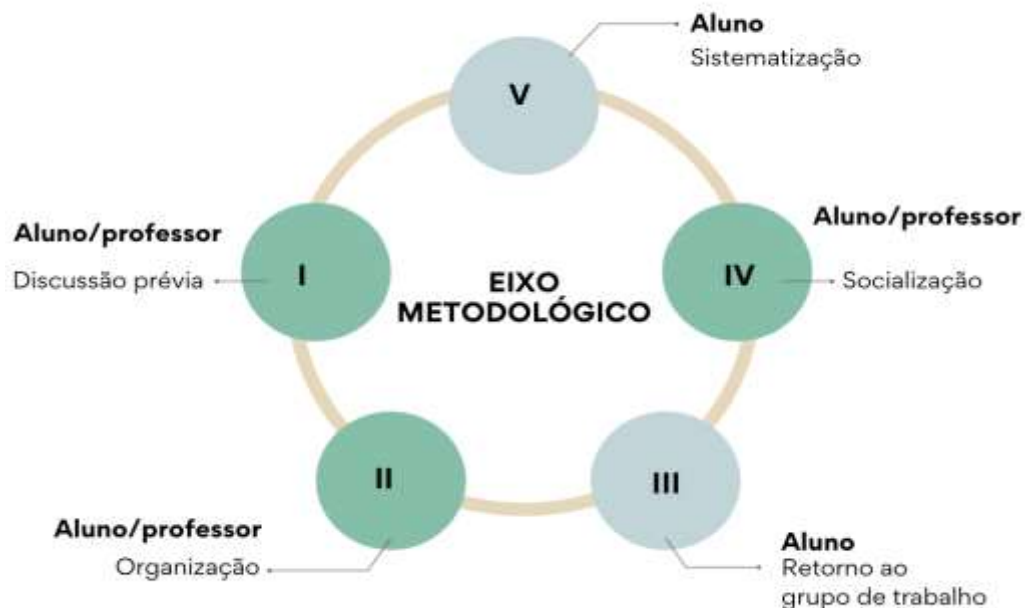
O professor tem a necessidade de elaborar práticas pedagógicas que possam estabelecer uma relação entre os saberes escolares e os saberes do cotidiano, oferecendo condições para que os educandos e docentes possam dialogar, cada um em seu tempo, o que o torna primordial para a elaboração de uma estratégia didática eficiente.

Dentre as várias possibilidades de elaboração de planos de ensino com centralidade metodológica no sujeito que aprende, fazendo um encadeamento da experimentação em ciências, não é possível definir um modelo único, mas não resta dúvida de que uma estratégia didática eficiente precisa apresentar uma relação coerente entre os elementos necessários ao processo de ensino-aprendizagem. (GANDIM, 1994, GIL 2012, ANASTACIOU e ALVES 2009).

Nessa perspectiva, o desenvolvimento do eixo metodológico de uma atividade experimental, nos moldes de uma AEP, dar-se a partir de uma sequência didática constituída de cinco momentos, ou seja, uma discussão introdutória do problema a partir de alunos e professores, consolidando-se em produto final que se apresenta organizado e estruturado pelo educando.

Vale salientar que cada fase é dinâmica e ajustável aos propósitos dos sujeitos envolvidos no estudo, bem como as ações propostas, fazendo-se necessária a análise crítica a partir do momento de sua elaboração até seu estágio final (Fig. 28).

Figura 28 – Eixo metodológico e seus momentos.



Fonte: Autoria própria, 2021

I - Discussão prévia

Tem por finalidade identificar os saberes prévios detidos pelos educandos acerca da temática a ser explorada a partir de um diálogo introdutório. Nesse viés, compete ao professor

a escolha do objeto ou material didático que propicie aos alunos as condições necessárias para a construção de novos conhecimentos, redimensionando o processo de aprendizagem dos envolvidos.

Contudo, o conhecimento prévio do aluno é um determinante crucial no processo de construção da aprendizagem, nos moldes da teoria da aprendizagem significativa (Ausubel, 2003), de modo que, a partir do conhecimento prévio, constrói-se uma ponte para novas temáticas, consolidando-se assim, o acesso a novos conhecimentos científicos.

II - Organização

Em um estudo experimental, nos moldes da AEP, faz-se necessário uma organização que, em geral, por conta de sua natureza metodológica, consiste em apresentar o problema teórico, e a partir deste, propõe-se um objetivo experimental e, conseqüentemente, a definição das orientações metodológicas.

Desse modo, a construção de uma proposta coletiva para a implementação do trabalho experimental na área física se estrutura na discussão inicial no coletivo da sala de aula ganhando maior atenção e aprimoramento do conhecimento a partir da distribuição do referido coletivo de alunos em pequenos grupos que têm a finalidade de lidar com as experiências, construir autos-conhecimentos por meio das discussões geradas entre seus colegas, culminando com a execução das atividades experimentais, com registros e informações no seu diário de bordo.

III - Retorno ao grupo de trabalho

Após a consumação da experimentação, os alunos retornam ao grupo de trabalho para discussão e organização dos dados registrados (coletados) da atividade experimental. Nesse momento, passam a desenvolver (usar) estratégias cognitivas para compreensão dos dados coletados na experimentação, seguida pela interpretação conjunta e dialogada, com um olhar crítico, observador e investigador, de modo que se aproprie de possíveis soluções para os problemas levantados no início da atividade.

IV - Socialização

Trata-se de um ambiente coletivo que tem como propósito, favorecer o espaço para o debate, a troca de experiência, além de proporcionar amplas discussões acerca do experimento vivenciado nos diferentes grupos de estudos, trazendo para a socialização elementos que possibilitem soluções ao problema proposto.

V - Sistematização

Diz respeito a uma estratégia pedagógica que tem como objetivo oportunizar ao aluno um momento de individualidade, ou seja, instante em que o educando usará para organizar suas interpretações e conclusões acerca do estudo realizado, podendo ser este definido pelo educador a forma ou método adotado para verificar o aprendizado obtido no decorrer do processo de experimento e sua possível relatividade com o problema a ser solucionado.

Vale ressaltar que as cinco ações anteriormente citadas tornam-se fundamentais para a construção de uma proposta pedagógica com sustentação em AEP, subsidiada por aprendizagem significativa. Ainda podem ser associados como fatores relevantes no referido processo de sistematização, a capacidade de adequação do educando aos objetos de aprendizagem, o perfil do educador e as potencialidades presentes em cada aluno.

3.6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COMO BASE PARA AEP

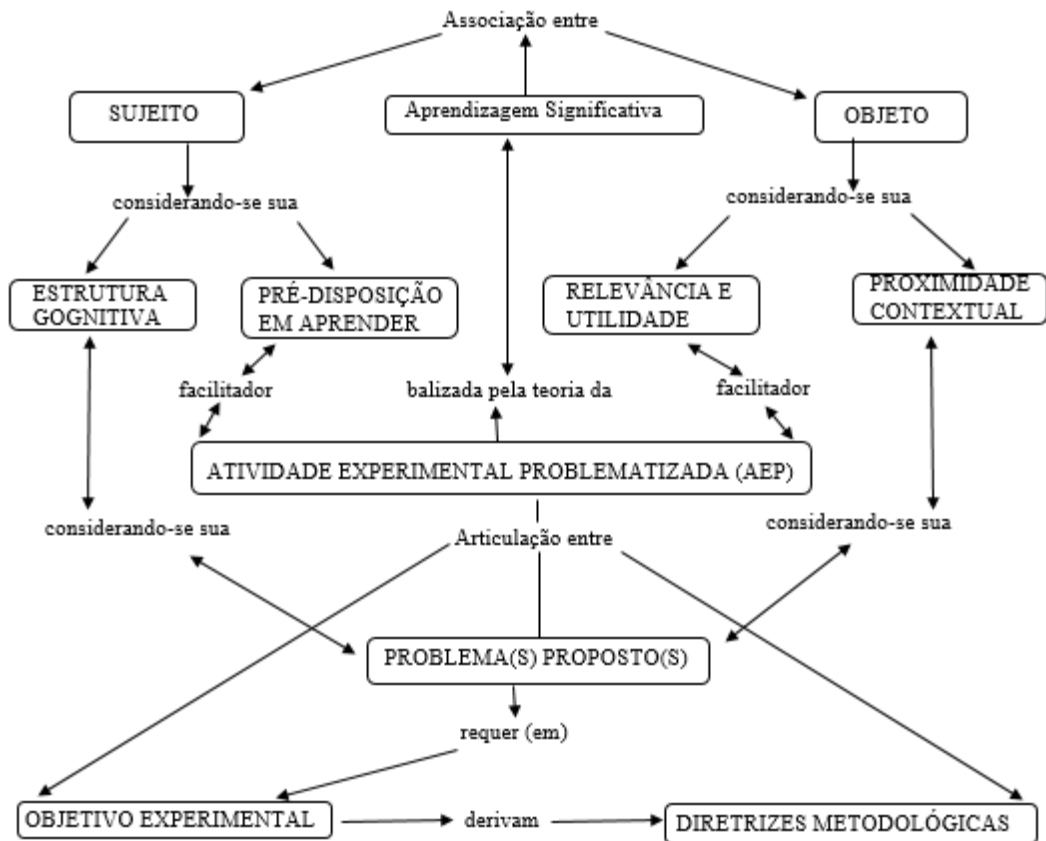
Como mencionado anterior, na aprendizagem significativa, os processos de ensino-aprendizagem devem promover uma associação entre o conhecimento do aprendiz e os novos conhecimentos, cabendo ao professor a escolha do material escolar potencialmente significativo para o aluno.

Para Ausubel (1978), existem dois fatores a se considerar: a própria natureza do material e a estrutura cognitiva do ser que aprende. Contudo, a aprendizagem significativa acontece, a partir do desejo de aprender do aluno. Assim, o ensino significativo é resultado do interesse do sujeito que se propõe a aprender. Nesse viés, a AEP torna-se uma proposta pedagógica que ativa a aprendizagem dos estudantes a partir da valorização de seu conhecimento prévio e através do uso de recursos metodológicos que despertam nestes o interesse por assuntos científicos.

A Aprendizagem Significativa estabelece uma conexão com a AEP tornando-se um elemento potencializador da pré-disposição do aprender, dando sentido ao material experimental proposto a partir das necessidades levantadas pelo professor. Dessa forma, a

conexão apresentada sintetiza a relação entre o sujeito e o objeto na aprendizagem significativa, conforme a figura a seguir: (SILVA, MOURA e DEL PINO, p. 187, 2017).

Figura 29 – Associação entre Aprendizagem Significativa e AEP



Fonte: Silva, Moura e Del Pino, 2017.

4 METODOLOGIA E O PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, apresentamos uma descrição do percurso da pesquisa, dos materiais e métodos utilizados, bem como do produto educacional desenvolvido e validado neste trabalho. Os detalhes da aplicação do produto serão apresentados no capítulo seguinte.

4.1 A ESCOLA E O PÚBLICO ALVO

A Escola de Ensino Médio Francisco Jaguaribe (Fig. 30), que está localizada na Rua Coronel Raimundo Francisco, 1135, na cidade de Jaguaruana - CE, foi criada no decorrer da gestão do então governador Manoel de Castro Filho, através do decreto nº 14.417 de 14/05/1981.

Figura 30 - Fachada da Escola de Ensino Médio Francisco Jaguaribe.



Fonte: Acervo do autor, 2019.

Ao longo de sua história, foi passando por transformações em todos os campos. Assim, no ano de 2021, pode-se verificar em sua estrutura a existência de oito salas de aula, um centro de multímeios, um laboratório de informática, um laboratório de ciências, um pátio com palco, uma quadra poliesportiva entre outros equipamentos.

Atualmente atende um público que compreende o Ensino Médio Regular e a Educação de Jovens e Adultos (no turno noturno), contemplando um total de 469, alunos distribuídos em doze turmas, funcionando nos turnos matutino e noturno, com sete turmas no turno matutino e cinco no noturno. Sendo quatro turmas de 1ª série, três de 2ª série, três de 3ª série e

duas de EJA mais qualificação profissional. A partir de agosto de 2021, a escola mudou sua nomenclatura de escola de ensino regular para escola de tempo integral (EEMTI), inicialmente com as turmas de 1ª série, passando de cinco horas de aula para nove horas de aula diariamente. Nessa nova configuração, os estudantes vão passar de uma carga horária semanal de 25 horas-aula para 45 horas-aula.

A escolha desta escola para aplicação do produto educacional ocorreu por dois motivos: o primeiro pelo fato de que sou professor de Física da instituição desde 2004; o segundo, por conta da ausência de material na escola para realização de práticas do tipo aqui propostas e do laboratório de física (ver Fig. 31) ser uma sala adaptada inviável para a realização de atividades práticas e experimentais em virtude do fato de que comporta no máximo quatorze alunos, ao passo que temos turmas bastante numerosas.

Devido à necessidade, pensamos em desenvolver um produto que viabilizasse o desenvolvimento das atividades experimentais dentro da própria sala de aula, considerando o uso apropriado destas atividades de fundamental importância para a motivação, interação e um melhor entendimento dos discentes sobre os temas vistos de forma teórica.

Figura 31: Foto do Laboratório Educacional de Ciências (LEC).



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Além da aplicação do produto, realizamos um trabalho de pesquisa para a sua validação. Este trabalho se baseia em uma abordagem quase-experimental². Utilizamos o

² De acordo com Moreira (2011), uma pesquisa só pode ser classificada como *experimental* quando a escolha dos participantes é feita de forma aleatória. Não foi nosso caso. Nossa amostra foi escolhida por conveniência dentre as turmas da escola.

delineamento de pesquisa do tipo 2, como descrito por Moreira (2011). Este delineamento consiste na observação do mesmo grupo antes e depois de uma intervenção.

Fizemos o convite as duas turmas de 3ª série. Vale salientar que, desde maio de 2020 em função da pandemia da COVID-19, essas duas turmas passaram a ter aulas juntas (no mesmo horário), uma vez por semana, mediante o uso do aplicativo *Google Meet*. Para os estudantes que não podiam assistir as aulas pelo o *Google Meet*, seja por falta de material adequado (aparelhos, internet) seja por falta de condições de acesso, eram providenciados portfólios de aprendizagem com conteúdos direcionados. Mesmo a escola realizando a busca ativa (procura pelos estudantes ausentes), seja através de mensagens, ligações ou contato com algum familiar, os estudantes até prometiam que iam retornar, mas sempre tínhamos o grupo dos estudantes que participavam das aulas e outro grupo que não participava das aulas, fossem elas de forma remota ou realizando as atividades de forma impressa. No momento da pesquisa, dos 87 alunos matriculados nas turmas de 3ª série no turno matutino, contamos com uma média de 40 estudantes participando das aulas pelo *Google Meet*.

A partir de 16 de agosto de 2021, as escolas foram autorizadas a reabrir com restrições. O decreto vigente nº 34.103 do Governo do Ceará, de 12 de junho de 2021, permitia atividades presenciais com 50% da capacidade das turmas, desde que respeitadas as orientações de distanciamento previstas no protocolo setorial nº 18 do Governo do Ceará, de atividades educacionais, e oferecimento do ensino híbrido ou remoto para que os pais e responsáveis pudessem escolher entre os dois. De acordo com o decreto anteriormente citado, a adesão ao ensino presencial dependia dos estudantes e dos professores, já que os professores ainda não tinham tomado a segunda dose da vacina.

Portanto, não podiam ser convocados para as aulas presenciais, sendo o retorno nesse momento feito por adesão. Na escola pesquisada, essa retomada aconteceu a partir de primeiro de setembro, com parte dos estudantes na escola, assistindo uma hora-aula de física presencial e mais uma hora-aula remota com os alunos que não aderiram ao retorno presencial³.

Diante do panorama descrito, foi realizado um convite aos estudantes das duas turmas. Fizemos ligações para os alunos que estavam participando assiduamente das aulas até o momento, com intuito de trazê-los de volta para a escola de forma presencial, convidando-os

³ Por conta do contexto pandêmico, o retorno das aulas presenciais se deu de forma gradativa. Inicialmente ficou opcional ao aluno seu retorno, por conta do espaço físico das salas de aula que só permitiam 12 a 14 alunos por sala, levando em consideração o distanciamento previsto nos documentos já citados anteriormente que norteiam o retorno ao ensino presencial nas escolas. Portanto, respeitando os limites da carga horária de cada professor, a carga horária de cada disciplina foi dividida ao meio, contemplando assim ambos grupos de alunos, e no tocante à Física, ficou semanalmente 1h/aula presencial e 1h/aula remota.

para participar da sequência didática, que ocorreria no contraturno. Posteriormente, foi criado um grupo de *WhatsApp* para uma maior interação entre pesquisadores e sujeitos da pesquisa da turma experimental. Neste grupo, foram inicialmente inseridos os pesquisadores e 12 alunos. Primeiramente, ocorreram encontros remotos no intuito de realizar os acordos de dias e horários mais viáveis para os encontros presenciais que ocorreram no contraturno. O número de alunos participantes foi baseado no número de voluntários levando em consideração o protocolo anteriormente citado, o qual delibera sobre as normas sanitárias para a realização de atividades educacionais.

4.2 O PERCURSO METODOLÓGICO

O percurso metodológico com a turma experimental consistiu em sete encontros, descritos com algum detalhe adiante. Para a coleta de dados, foram usados pré e pós-testes conceituais elaborados pelo professor, mapas conceituais produzidos pelos alunos a partir de fichas fornecidas pelo professor, respostas dos alunos às questões propostas nas listas fornecidas pelo professor e às questões dos textos fornecidos antes das aulas.

O pré-teste, o pós-teste e os mapas conceituais (pré e pós, também) são fontes de dados quantitativos (pré e pós-teste) e qualitativos (mapas conceituais) para a análise da evolução geral da aprendizagem conceitual dos alunos. As suas respostas às questões dos materiais para casa (as listas e os textos) ajudam o professor, não só a perceber se há ou não evolução da aprendizagem, mas também a compreender como ela se dá.

Em um primeiro encontro com a turma experimental, foi feita a aplicação do pré-teste conceitual. Neste mesmo encontro, houve uma explanação e exposição de exemplos do que são mapas conceituais. Ao fim, o professor forneceu fichas aos alunos com conceitos de eletrodinâmica que seriam trabalhados ao longo da sequência didática (além de fichas em branco, caso o aluno ache necessário) e pediu aos discentes que construíssem seus próprios mapas conceituais. O mesmo pré-teste também foi aplicado à turma controle antes de iniciarem o conteúdo de que trata a sequência didática.

Feito isso, a partir daí, o professor passou a reunir-se semanalmente com a turma (em sala de aula) para a aplicação da sequência didática desenvolvida. O desenvolvimento de toda a sequência didática compreendeu cinco semanas (com encontros semanais de 2 aulas de 50 min cada). Ambas as turmas tiveram aulas com o mesmo professor, mas conduzidas por metodologias de ensino distintas.

A instituição disponibilizou todos os meios necessários para realização das atividades planejadas. Contamos também com o apoio do professor responsável pelo laboratório de informática e do núcleo gestor da escola. No final da implementação da sequência didática, o professor solicitou aos alunos da turma que respondessem ao pós-teste conceitual (constituído das mesmas questões do pré-teste) e que fizessem um novo mapa conceitual a partir das mesmas fichas fornecidas no primeiro encontro.

A análise dos dados quantitativos dos pré e pós-teste foi feita por meio do cálculo do ganho de Hake g^4 , calculado como:

$$g = \frac{(\% \text{ pós} - \% \text{ pré})}{(100\% - \% \text{ pré})}$$

Onde

$\% \text{pós}$ mede o percentual de acerto do aluno no pós-teste

$\% \text{pré}$ mede o percentual de acerto do aluno no pré-teste

A análise dos dados qualitativos foi feita por meio dos mapas conceituais avaliando a riqueza das conexões que o aluno fez entre os conceitos, bem como com ajuda da avaliação que os discentes fizeram da própria sequência didática.

4.3 BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto consiste de uma sequência didática que contemplará cinco encontros de 100 min ao longo de cinco semanas, compostas por aulas dialogadas teóricas e experimental utilizando o Kit Maleta Elétrica (fabricada com materiais acessíveis ou reutilizáveis), objetos de aprendizagem com simulações de circuitos (PhET), lista de exercícios, atividade complementar, roteiro de aprendizagem ativa, quadro branco e pincel.

Dentre outros, destaca-se o objetivo de inserir conceitos fundamentais da eletrodinâmica para alunos da 3ª série do ensino médio, da Escola de Ensino Médio Francisco Jaguaribe, em Jaguaruana – CE.

Estávamos interessados em vários conceitos no que se refere à eletrodinâmica, destacamos:

- Diferença de potencial
- Corrente elétrica

⁴ O ganho de Hake (g) definido por (HAKE, 1998). Trata-se do ganho consolidado. Este parâmetro mede o quanto o aluno aprendeu do que faltava aprender.

- Resistência elétrica e leis de Ohm
- Potência elétrica
- Efeito Joule
- Circuitos elétricos
- Associação de resistores: série, paralela, mista
- Potenciômetro
- Curto-circuito
- Medidas elétricas

Em conjunto com esses conceitos fundamentais, foram trabalhados outros, dentre eles:

- Efeitos da corrente elétrica
- Condutores e isolantes
- Lâmpada incandescente
- Lei dos nós
- Fusíveis
- Choque elétrico e suas consequências
- Aterramento residencial
- O quilowatt-hora (kWh)

Para esta sequência didática foram propostas seis atividades experimentais (descritas detalhadamente no produto educacional), sendo elas:

- Atividade Experimental 1 - Condutores e isolantes
- Atividade Experimental 2 - Circuitos com associação de resistores em série
- Atividade Experimental 3 - Circuitos com associação de resistores em paralelo
- Atividade Experimental 4 - Circuitos em associados em série em curto-circuito
- Atividade Experimental 5 – Potenciômetro
- Atividade Experimental 6 - Medidas elétricas em circuito: voltímetro e amperímetro

4.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA: A DESCRIÇÃO DOS ENCONTROS DE 100 MIN, UMA VEZ POR SEMANA.

Na semana anterior a cada encontro, será disponibilizado para o aluno um roteiro de aprendizagem ativa (com textos, questões com indagações feitas ao longo do texto e *links* de

videoaulas), correspondente ao conteúdo da próxima aula. É necessário que o aluno devolva para o professor antes do encontro referente àquele conteúdo as questões com as indagações feitas ao longo do texto com suas contribuições, através do Google Formulário. Deseja-se, assim, elucidar os conhecimentos prévios dos alunos, a fim de explorar os seus subsunçores e criar condições para ligar o novo conhecimento com algo que ele já conhece. Os materiais de apoio serão disponibilizados através da plataforma virtual *Google Classroom (Google Sala de Aula)*. Para os estudantes sem internet ou aplicativo, será disponibilizado o mesmo material impresso.

4.4.1 Encontro 01: Aula Com o Aparato e Atividade Experimental 1

Na semana anterior ao primeiro encontro, deve-se disponibilizar para os alunos o Roteiro de Aprendizagem Ativa 1 (ANEXO A). Antes do primeiro encontro, em data pré-estabelecida pelo professor, os alunos devem devolver o Roteiro de Aprendizagem Ativa respondido. Inicia-se a aula com um *slide* elaborado pelo professor. Deve-se discutir os conceitos de portadores de cargas elétricas, corrente elétrica, voltagem, relação entre voltagem e corrente, sentidos da corrente, além da definição da grandeza física corrente elétrica e suas unidades de medida. Discute os efeitos da corrente elétrica em equipamentos presentes no cotidiano do aluno como: lâmpada incandescente, lâmpada fluorescente, ventilador e torradeira. Leitura e interpretação das informações contidas em um carregador de celular.

Em seguida, apresentar a maleta elétrica e os componentes que fazem parte dela, num diálogo aberto com o grupo, permitindo que eles emitam suas opiniões e dúvidas sobre os conteúdos. Na sequência, discutir os principais componentes utilizados na construção de um circuito elétrico simples, tais como fontes, fios, interruptores, lâmpadas e fusíveis. E logo após, realizar atividade experimental 1 (APÊNDICE A1), numa tentativa de tornar o conteúdo menos abstrato, relacionando o conteúdo da disciplina com o conhecimento que ele já possui.

Por fim, uma lista de exercícios para casa 1, elaborada pelo professor (APÊNDICE A2), cujo o foco é abordar os conceitos em situações do cotidiano do aluno, numa tentativa de levar o aluno a fazer uma conexão do novo conhecimento com situações da vida diária. Como suporte para o próximo encontro, foi disponibilizado um Roteiro de Aprendizagem Ativa 2 (ANEXO B).

4.4.2 Encontro 02: Aula dialogada 1 e Experimental- Resistência Elétrica, Leis de Ohm e Potência Elétrica

Inicia-se a aula no laboratório de informática, com slides elaborados pelo professor, a partir de um roteiro adaptado do GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, em torno da observação de lâmpadas incandescentes de potências diferentes. Em seguida, discute o conceito de resistência elétrica utilizando a atividade experimental da aula anterior, colocando três pedaços de fios de mesmo tamanho e bitolas (espessura do fio) diferentes e um pedaço de resistência de chuveiro elétrico para ser testado no circuito. A fim de refinar ainda mais os conceitos, será utilizado uma simulação computacional PhET, disponível no endereço eletrônico https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics. Na sequência, dividem-se os alunos em duplas para manipular as simulações nos computadores, permitindo que os estudantes façam uma análise das relações entre tensão, corrente e resistência elétrica (Lei de Ohm). Assim como fazer uma relação dos fatores que determinam a resistividade de um material (resistência de um fio), anotando suas conclusões em torno do experimento. Discutir como calcular o consumo de energia de aparelhos elétricos, numa tentativa de explorar o que ele pensa, para implementar os novos conhecimentos, suavizando a lacuna existente entre a Física ensinada no âmbito escolar e a Física presente no dia a dia do aluno. Concentrando os esforços nos conceitos:

- ✓ Resistência elétrica e resistores;
- ✓ Lei de Ohm;
- ✓ Resistividade;
- ✓ Efeito Joule;
- ✓ Potência elétrica;
- ✓ Quilowatt-hora.

Por fim, uma lista de exercícios para casa 2 (APÊNDICE A3) e uma atividade complementar (ANEXO C), cujo o foco são questões conceituais e algumas questões com cálculos simples, a partir de situações do cotidiano do discente. Deve ser disponibilizado o roteiro de aprendizagem ativa 3 (ANEXO D), para o próximo encontro.

4.4.3 Encontro 03: Aula Expositiva 2 e Simulação Computacional PhET

Aula dialogada com slides elaborados pelo professor, sobre circuitos com diferentes associações, questões para discussão dos conceitos abordados e apresentação e orientações de

como utilizar a simulação computacional PhET(CA+CC), disponível gratuitamente na internet através do site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics (acessado em 04/05/2020). Deve-se permitir aos estudantes a possibilidade de visualizar e interagir com simulações dos fenômenos físicos que ocorrem no interior da matéria. Nesta aula, conheceremos as simulações computacionais PhET para circuitos CA e CC, assim como a exposição de alguns temas:

- ✓ Circuitos elétricos com associação de resistores em série.
- ✓ Circuitos elétricos com associação de resistores em paralelo.
- ✓ Circuitos elétricos com associação mista de resistores.
- ✓ Circuitos elétricos associados em série em curto-circuito.

Por fim, serão divididos em duplas para construir três circuitos (de livre escolha) baseados nos conceitos abordados na aula expositiva, utilizando a simulação computacional PhET e reproduzir esses circuitos numa folha A4.

Antes do encerramento da aula, a turma será dividida em oito equipes, com até cinco estudantes, para o próximo encontro, sendo que quatro das equipes ficarão no laboratório de informática realizando guia de atividade computacional PhET, e o restante das equipes na sala, realizando atividade experimental com a maleta elétrica. Como forma de avaliar como os estudantes estavam interagindo com os conceitos discutidos em sala, será disponibilizado uma atividade para casa 1 (APÊNDICE A4).

4.4.4 Encontro 04: Roteiro Experimental – Atividades Experimentais 2, 3 e 4

Antes de iniciar a aula, organizar a sala (formando uma espécie de minibancada com quatro carteiras) de maneira que proporcione aos alunos manipularem e fazerem suas considerações acerca do experimento em interação com os seus colegas e com o professor. Na sequência, colocar quatro equipes no laboratório de informática para realizar o guia de atividades PhET (APÊNDICE A5), sendo permitido a interação entre elas, quando julgar necessário. O restante das equipes ficará na sala e receberá a maleta elétrica, para realização das atividades experimentais 2, 3 e 4 (APÊNDICES A6, A7 e A8, respectivamente), sendo estas atividades propostas para as equipes como forma de desafios ou tarefas.

Cabe ao professor a função de garantir a atmosfera ideal para que haja o envolvimento e reconhecer os momentos em que precisará interferir de alguma maneira para que as discussões não se percam, assim como garantir o momento de socialização das atividades.

Nesta aula, os principais conceitos abordados serão corrente elétrica, tensão, potência elétrica, resistência elétrica, associação de resistores e resistores em curto-circuito. Na segunda aula, acontece uma troca, os alunos que estavam no laboratório vêm para sala e os que estavam na sala vão para o laboratório realizar a atividade do simulador PhET.

Após a aplicação do experimento, é essencial a realização de uma avaliação para se ter um *feedback* sobre a utilização do experimento em sala de aula. Foi proposto uma lista complementar com os principais conceitos abordados nas atividades (APÊNDICE A9). Deve-se disponibilizar o roteiro de aprendizagem ativa 4 (ANEXO E), para o próximo encontro.

4.4.5 Encontro 05: Aula Expositiva e Roteiro Experimental – Atividades Experimentais 5 e 6

No encontro cinco, aula expositiva com slides montado pelo professor e realização de atividades experimentais 5 e 6 (APÊNDICES A10 e A11), através da manipulação e interação dos estudantes com o aparato, sob orientação do professor, momento em que, através do diálogo entre professor e aluno, possa surgir a negociação de novos significados. São abordados os seguintes conceitos:

- ✓ Potenciômetro e suas aplicações
- ✓ Instrumentos de medidas (amperímetro e voltímetro)
- ✓ Medidas de corrente elétrica e tensão em circuitos elétricos

Como forma de verificar o aprendizado, foi sugerido uma atividade para casa 2 (APÊNDICE A12). Por fim, foi sugerido a cada aluno que fizesse um relato da sequência didática, colocando suas impressões ou sugestões. Podem citar também alguns pontos importantes do seu aprendizado. Não sendo necessária a identificação do discente, esta atividade deveria ser entregue na próxima aula.

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, apresenta-se uma descrição detalhada da implementação da sequência didática proposta no produto educacional na turma descrita na seção 4.1 bem como os resultados dos testes avaliativos, destacando algumas interações e respostas relevantes.

5.1 ENCONTRO 01 – PRÉ-TESTE E MAPA CONCEITUAL PRÉVIO

Antes da aplicação da sequência didática propriamente dita, ocorreu um encontro com os estudantes que aderiram a essa pesquisa com o intuito de apresentar a ação, deixando claro aos participantes a metodologia de ensino a qual eles iriam ser submetidos, os objetivos, as atividades a serem realizadas, os recursos a serem utilizados e a duração dos encontros, assim como uma breve apresentação do simulador PhET⁵ e da maleta elétrica e seus componentes. Cada aluno recebeu o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) para assinar (Anexo A). Em seguida, foi explicado o que é um mapa conceitual, sua função, procedimento para a construção de um mapa conceitual e como eles podem ser usados como forma de avaliação. Após a exposição, foi solicitado aos discentes a construção de um mapa conceitual com os principais conceitos da eletrodinâmica, foram disponibilizadas tarjetas com os principais conceitos (Apêndice C). Estas foram projetadas com o *datashow* e, em seguida, foi disponibilizada e entregue uma folha A4 a cada estudante para a construção dos mapas.

Na sequência, realizou-se um pré-teste (Apêndice B) com problemas construídos de acordo com os conceitos a serem abordados em eletrodinâmica, que seriam desenvolvidos na sequência didática. As questões foram construídas, deixando claro o objetivo dos questionamentos. Dessa maneira, desejou-se uma compreensão a respeito de qual base se conseguiria conceber novos conhecimentos de eletrodinâmica. E, a partir desta concepção, abordar os conceitos físicos relacionando-os com situações do cotidiano do aluno, potencializando assim, o significado do material de aula da sequência didática para o aluno.

Ao final da aula, foi disponibilizado para o aluno o roteiro de aprendizagem ativa 1 de forma impressa, para que devolvessem as questões com as indagações antes do primeiro encontro da sequência didática. As questões deviam ser respondidas por meio de um formulário no *Google Forms*. Ao fim de cada encontro, o *link* do questionário era

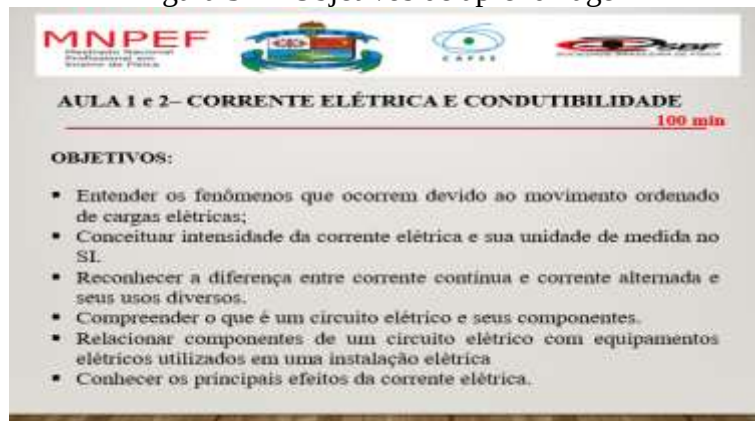
⁵ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc

disponibilizado no grupo de *WhatsApp* da turma, e deveria ser devolvido até no máximo 2 dias antes da próxima aula, para que o pesquisador pudesse realizar as devidas análises. Neste momento, era também disponibilizado o *link* da videoaula do roteiro de aprendizagem ativa.

5.2 ENCONTRO 02 (PRIMEIRO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA): AULA EXPOSITIVA DIALOGADA E ATIVIDADE EXPERIMENTAL 1, EM 09 DE SETEMBRO DE 2021.

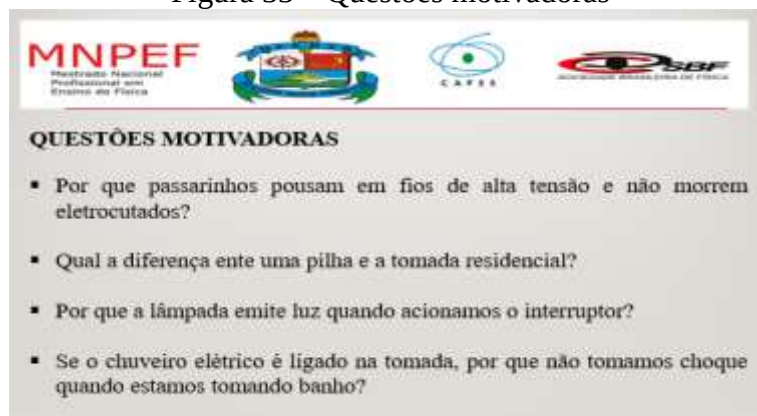
Iniciamos o primeiro encontro da sequência didática dando as boas-vindas a todos. Em seguida, apresentamos os objetivos de aprendizagem (Fig. 32) e, na sequência, as questões motivadoras (Fig. 33) para serem respondidas ao final da aula:

Figura 32 – Objetivos de aprendizagem



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 33 – Questões motivadoras



Fonte: Autoria própria, 2021.

Após a apresentação das questões motivadoras, continuamos a aula expositiva e dialogada com um *slide* elaborado pelo professor e utilização do quadro branco e pincel, em que foram discutidos os conceitos de portadores de cargas elétricas, corrente elétrica, voltagem, relação entre voltagem e corrente, sentidos da corrente, além da definição da grandeza física, corrente elétrica e suas unidades de medida. Pensando na organização do

tempo pedagógico, anteriormente a aula, foi disponibilizado, no grupo de *WhatsApp* da turma, um vídeo falando dos efeitos da corrente elétrica, disponível no endereço eletrônico: <https://youtu.be/l3OCOM8oT08>, acessado em 20/08/2021. A partir do vídeo sugerido, foi feita uma discussão sobre os efeitos da corrente elétrica no corpo humano. Na sequência, estendemos a discussão para os equipamentos presentes no cotidiano do aluno como: lâmpada incandescente, lâmpada fluorescente, ventilador e torradeira. Em seguida fizemos uma leitura e interpretação das informações contidas em um carregador de celular e *notebook* (Fig. 34).

Figura 34: Leitura e interpretação de informações de carregadores



Fonte: Autoria própria, 2021.

Continuamos a aula, fazendo uma discussão sobre o que é um circuito elétrico e sobre os elementos que compõem o circuito (utilizamos uma fonte de tensão variável (0 – 12V), 1 lâmpada (5W, 12V e fios). Na ocasião, ressaltamos que quando o circuito estiver ligado, o brilho das lâmpadas pode ser usado como um indicador qualitativo do valor da corrente que atravessa o circuito: quanto maior o brilho da lâmpada, maior é a corrente, e que alterando a diferença de potencial, alteramos a corrente da lâmpada. Na sequência, discutimos sobre o circuito de uma lanterna e sobre o circuito residencial (circuito de uma casa). O intuito era suscitar a concepção prévia dos estudantes e observar se eles conseguiam fazer a relação do novo conteúdo com algumas situações do seu cotidiano. Mostramos e discutimos como fazer a representação simbólica de um circuito e seus componentes.

Dando sequência a aula, dividimos os estudantes em grupos, com até três participantes e distribuímos uma maleta elétrica para cada equipe e três questões (Fig. 35) em forma de desafio para ser respondida com o auxílio da maleta elétrica.

Figura 35 – Slide com as questões do desafio.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 36 – Alunos montando circuito, desafio 1 e desafio 2.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

A ideia aqui era ver a compreensão dos estudantes frente aos conteúdos abordados, assim como favorecer uma melhor interação com os colegas de equipe para resolução do desafio e interação com a maleta elétrica.

O primeiro ponto que consideramos bastante positivo nesta atividade foi o interesse e a vontade em participar, em responder os desafios com a maleta elétrica, como observado na Fig. 36. Durante a realização da atividade, foi observado eles bastante motivados e tentando apontar explicações, no sentido de tentar mostrar para os colegas como solucionar os desafios propostos. Quando observávamos alguns equívocos na montagem, fazíamos alguns questionamentos no sentido de que refletissem sobre sua resposta e que tentassem apontar uma justificativa coerente.

Para o desafio 3, atividade experimental 1 (APÊNDICE A1), foi fornecida uma lista (Tabela 2) com os elementos que deviam ser testados para ser respondida antes e depois da atividade experimental.

Tabela 2. Modelo de tabela para análise dos materiais condutores e isolantes

Marque, para os elementos representados abaixo, como você os classificaria, como bons condutores, maus condutores ou material isolante.		
LEGENDA Bom Condutor = BC Mau Condutor = MC Isolante = I	Antes do teste	Depois do teste
Material		
Papel alumínio		
Grafite		
Água com sal		
Água com açúcar		
Detergente neutro		
Óleo		
Maça		
Borracha		
Água com café		
Clipe de metal		
Bombril		
Limão		
Batatinha		
Total de acertos:		

Fonte: Autoria própria, 2021.

Por meio da montagem proposta no desafio 3, pôde-se avaliar a condutividade dos materiais ligando-os aos terminais do cabo conector do circuito montado na maleta elétrica. De forma qualitativa, o estudante observará que materiais bons condutores permitirão a passagem da corrente elétrica, produzindo um brilho acentuado na lâmpada, enquanto materiais maus condutores dificultarão a passagem da corrente elétrica (dissipação da energia principalmente na forma de calor), fazendo a lâmpada brilhar, porém com uma intensidade menor, mostrando que algumas características do material (resistência do elemento) irão reduzir a passagem da corrente elétrica. Por fim, materiais isolantes não permitirão a passagem da corrente elétrica, o que implica no não acendimento da lâmpada.

Figura 37a – (a) Testando o grafite; (b) Testando o papel alumínio.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Percebemos que os estudantes se envolveram bastante com a atividade, tentando colocar suas opiniões para solucionar os desafios propostos. Após o desafio experimental, houve uma discussão dos dados experimentais adquiridos por cada grupo no desafio 3. Como a maioria dos estudantes havia respondido o roteiro de aprendizagem ativa 1, conseguiram contribuir de forma mais produtiva nas discussões. Feito isso, retornamos para as questões motivadoras propostas no início da aula, para observar qual o nível de compreensão dos estudantes acerca das questões. Na ocasião, apresentaram dificuldade para justificar a última pergunta. Aproveitamos o momento para fazer uma discussão em torno do fio terra e, posteriormente, complementar as explicações em torno do chuveiro elétrico.

Finalizamos a aula propondo uma lista de exercícios para casa 1, montada pelo professor (APÊNDICE A2), onde o foco era abordar os conceitos em situações do cotidiano do aluno, numa tentativa de levá-lo a fazer uma conexão do novo conhecimento com situações da vida diária. Como suporte para o próximo encontro, foi disponibilizado um roteiro de aprendizagem ativa 2 (ANEXO B).

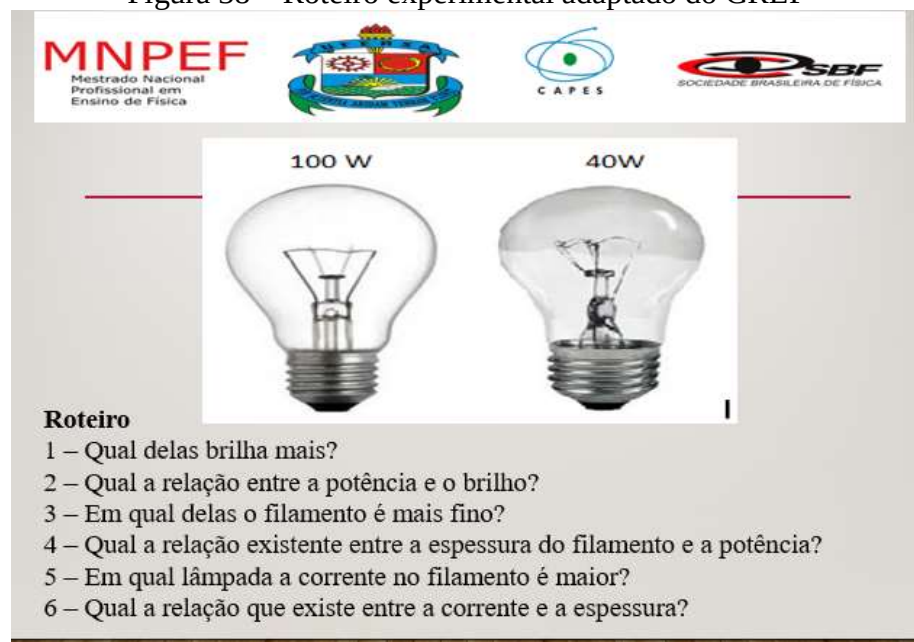
5.3 ENCONTRO 03 (SEGUNDO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA): AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA 2, EXPERIMENTAL E SIMULAÇÃO PHET, EM 16 DE SETEMBRO DE 2021.

O encontro 3 foi realizado na sala de aula e no laboratório educacional de informática (LEI). Iniciamos o encontro dialogando com os estudantes acerca dos assuntos abordados na aula anterior. Em seguida, com um *slide* e o *datashow*, apresentamos os objetivos de aprendizagem do encontro. Com intuito de incitar os estudantes a refletirem sobre os

conceitos que seriam abordados na aula, colocamos duas questões motivadoras para serem respondidas no final da aula: Você sabe de onde provém o calor fornecido por aparelhos como o chuveiro, torradeira, ferro elétrico e secadora elétrica? Lâmpada de 100, de 60, de 25... Afinal o que é que as lâmpadas têm para se diferenciarem umas das outras?

Na sequência, utilizamos um roteiro adaptado do GREF, em torno da observação de lâmpadas incandescentes de potências diferentes (Fig.38). Os questionamentos mostraram-se relevantes, pois permitiram a abertura de um diálogo entre professor e aluno, inclusive entre os próprios alunos, gerando conflitos cognitivos e auxiliando o processo de formação de conceitos. Durante as discussões, percebemos que alguns estudantes não estavam fazendo as relações adequadas entre os parâmetros comprimento, bitola, brilho, resistência e potência. Aproveitamos as discussões para fazer as intervenções necessárias no sentido de promover uma melhor compreensão dos conceitos em questão.

Figura 38 – Roteiro experimental adaptado do GREF



Roteiro

- 1 – Qual delas brilha mais?
- 2 – Qual a relação entre a potência e o brilho?
- 3 – Em qual delas o filamento é mais fino?
- 4 – Qual a relação existente entre a espessura do filamento e a potência?
- 5 – Em qual lâmpada a corrente no filamento é maior?
- 6 – Qual a relação que existe entre a corrente e a espessura?

Fonte: Autoria própria, 2021.

Feito a discussão do roteiro, continuamos a aula, utilizando um fogareiro elétrico (Fig. 39a e Fig.39b) para trabalhar os conceitos de transformação de energia, resistores, resistência, resistividade e efeito joule.

Figura 39a e 39b – Professor explicando a transformação de energia elétrica em energia térmica



(a)

(b)

Fonte: Acervo do autor, 2021.

Na sequência, continuamos com um *slide* apresentando e discutindo os conceitos de leis de Ohm, potência elétrica, energia elétrica e suas respectivas unidades. Na ocasião, ressaltamos que o kW é unidade de potência e kWh, de energia. Em seguida, utilizando a maleta elétrica, montamos um circuito simples com uma lâmpada e um cabo conector (Fig. 40a e Fig.40b), que permitia que uma resistência de chuveiro elétrico fosse colocada entre as extremidades do cabo conector em diferentes posições para que os estudantes observassem o que acontecia com a luminosidade da lâmpada à medida que o comprimento da resistência ia sendo alterado. A ideia era observar se eles conseguiam fazer uma relação da atividade com a segunda lei de Ohm. Destaca-se o trecho de uma conversa com os alunos sobre o experimento:

Aluno 1: *professor, legal quando eu aumento o tamanho da resistência a luminosidade da lâmpada diminui;*

Professor: *porque quando você aumenta o comprimento da resistência a luminosidade da lâmpada diminui?*

Aluno 2: *por causa da resistência, professor.*

Professor: *o que acontece com a resistência quando você aumenta o comprimento?*

Aluno 1: *ela dificulta a passagem da corrente;*

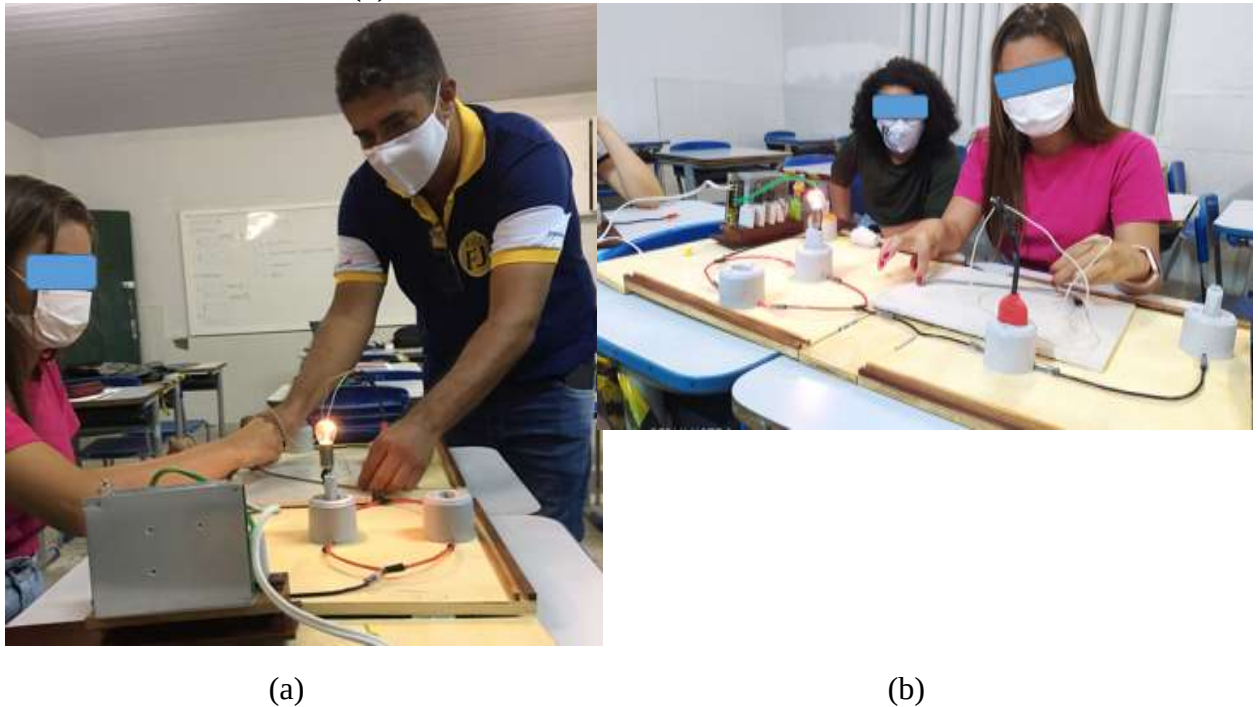
Aluno 2: *aumentando o comprimento, aumenta a resistência;*

Aluno 3: *então, quando eu aumento a resistência vai passar menos corrente;*

Aluno 4: *se vai passar menos corrente, a lâmpada vai brilhar menos.*

Na sequência solicitamos aos estudantes fizessem uma relação da segunda lei de Ohm com o experimento.

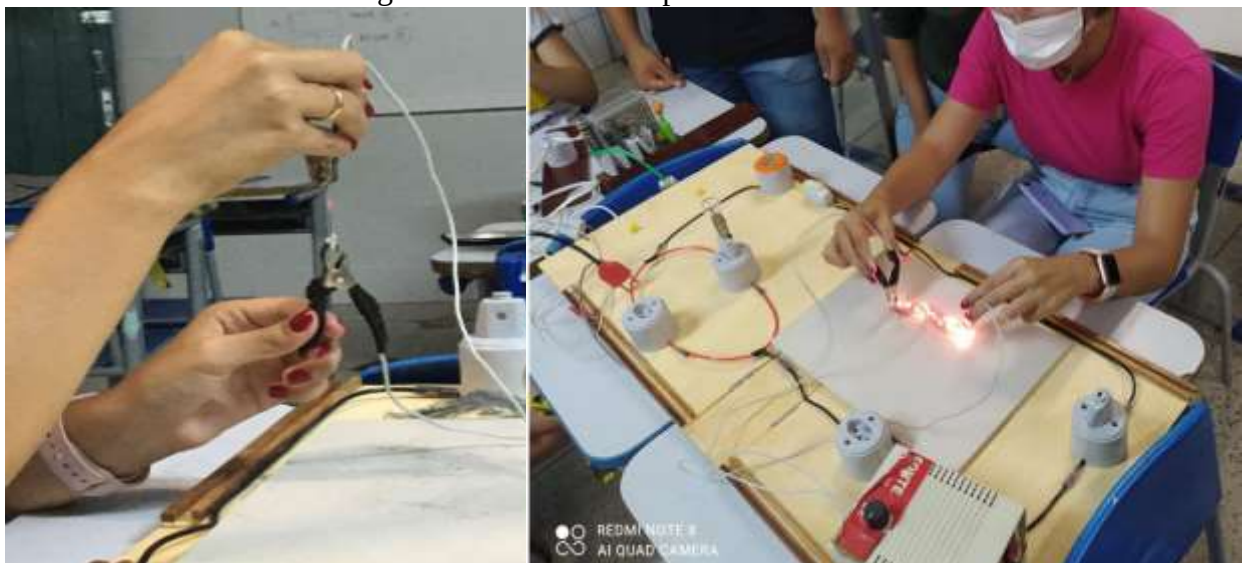
Figura 40a – (a) Montando um circuito para testar a resistência de um chuveiro elétrico;(b) Alunos testando a resistência de um chuveiro



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Continuamos a aula, realizando duas atividades experimentais, para discutirmos sobre o efeito Joule. Montamos um circuito, utilizando uma fonte de tensão variável (0-12 V), esponja de aço, papel alumínio, grafite e resistência de chuveiro elétrico. O material a ser testado deveria ser colocado entre as extremidades do fio condutor, fechando o circuito (Fig. 41). Os alunos se mostraram bastante motivados durante a realização da atividade.

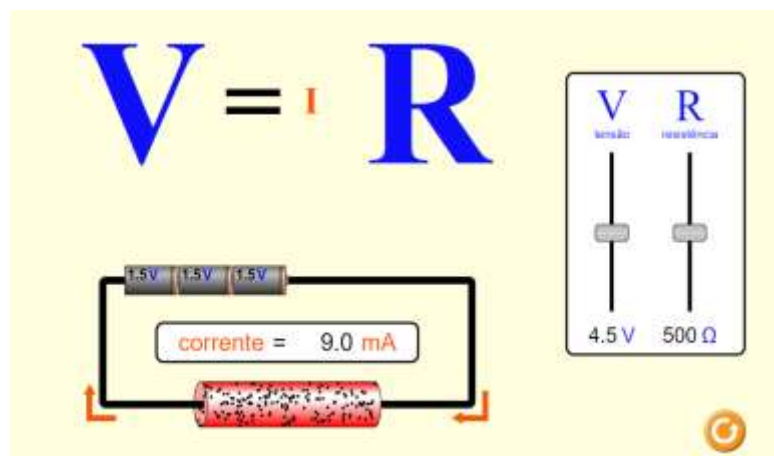
Figura 41– Atividade experimental efeito Joule.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

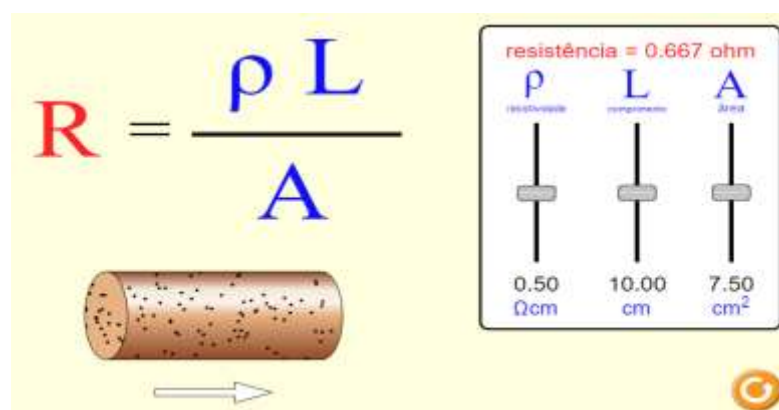
Na sequência, resolvemos três questões do apêndice A3, para fixar os novos conceitos estudados. Faltando cerca de 30 min para a aula encerrar, deslocamo-nos para o laboratório de informática. Pensando na otimização do tempo pedagógico, o ambiente foi previamente organizado, com computadores ligados e as simulações que seriam utilizadas colocadas numa pasta na área de trabalho. A fim de refinar ainda mais os conceitos, utilizamos as simulações computacionais PhET, como as das Figuras 42, 43 e 44, disponíveis nos endereços eletrônicos abaixo:

Figura 42 - Lei de OHM



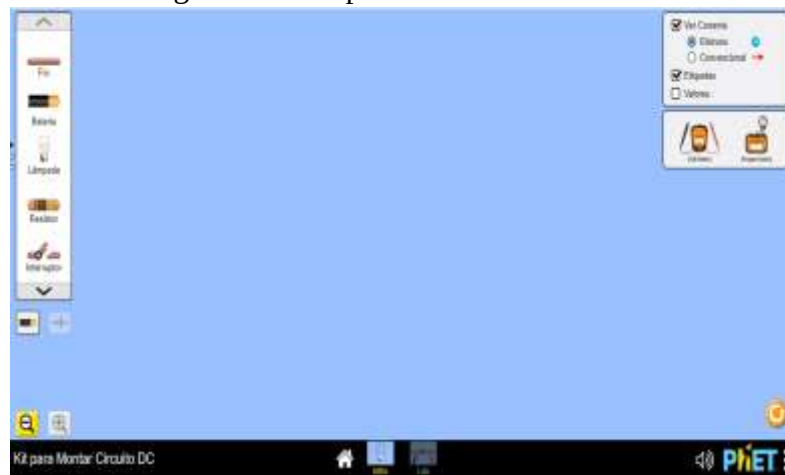
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/ohms-law

Figura 43 - Resistência em um fio



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html

Figura 44 - Kit para montar circuito DC



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc

Na sequência, os alunos manipularam as simulações nos computadores (Fig. 45), o que lhes proporcionou a possibilidade de uma análise das relações entre tensão, corrente e resistência elétrica (Lei de Ohm), Fig. 46, bem como fazer uma relação dos fatores que determinam a resistência de um fio, anotando suas conclusões em torno do experimento.

Figura 45 – Professor orientando os estudantes.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 46 – Estudante usando o simulador da 1ª lei de Ohm.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Em seguida, colocamos duas questões (Fig. 47) como desafio para eles: 1) construir um circuito, utilizando, fios, uma lâmpada e uma fonte; 2) adicionar ao circuito construído um resistor, ou criar outro, se for o caso, adicionando um resistor, e anotar suas conclusões. Eles não apresentaram dificuldade para construir os circuitos propostos. Depois de montado o circuito, solicitamos que substituíssem a fonte de voltagem DC por uma fonte AC e relatassem o que acontecia com o movimento dos portadores de cargas livres. Eis algumas falas dos alunos:

Aluno 1: Professor, quando fonte é a bateria os elétrons se movimentam em uma única direção;

Aluno 3: quando coloco essa bateria que tem o AC, os elétrons ficam pra lá e pra cá.

Professor: O que significa a fonte de voltagem AC?

Aluno 3: Que a fonte de tensão é alternada, como você explicou na primeira aula.

Figura 47 – Estudantes usando o simulador para construir circuito.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Feito essa discussão, voltamos às questões motivadoras, para ver as compreensões deles sobre os conceitos abordados. Como os conceitos necessários para responder as essas questões foram bastante debatidos durante as atividades desenvolvidas na aula, não apresentaram dificuldade para responder às questões.

Vale salientar que as respostas dos discentes ao roteiro de aprendizagem 2, foram fundamentais para o transcorrer da aula. Por fim, uma lista de exercícios para casa 2 (APÊNDICE A3) e uma atividade complementar (ANEXO C), cujo o foco eram questões conceituais e algumas questões com cálculos simples, a partir de situações do cotidiano do discente. Foi disponibilizado o roteiro de aprendizagem ativa 3 (ANEXO D) para o próximo encontro.

5.4 ENCONTRO 04 (TERCEIRO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA): AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA 3, EM 23 DE SETEMBRO DE 2021.

O encontro 4 foi realizado na sala de aula, o encontro iniciou-se tirando algumas dúvidas referente as questões propostas no Apêndice A3. Em seguida, foram apresentados os objetivos de aprendizagem, (ver figura 48), da aula e três questões motivadoras, (Figura 49).

Figura 48 – Objetivos de aprendizagem.

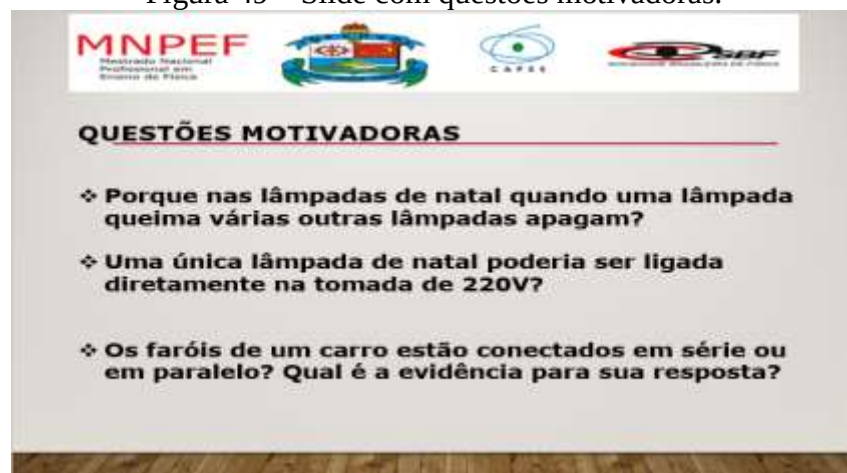


The slide features logos for MNPEF (Ministério Nacional Profissional em Física), CAPES, and SBF (Sociedade Brasileira de Física) at the top. The title is 'AULA 7 e 8 – Associação de Resistores e Simulação Computacional – PhET' with a duration of '100 min'. Below the title, the section 'OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM:' is followed by three bullet points:

- Projetar e analisar circuitos elétricos simples com ligações em série, paralelo e mista
- Calcular a resistência equivalente de um circuito elétrico.
- Aplicar as relações entre as grandezas Voltagem, Resistência, Potência e Corrente Elétrica na resolução de situações-problema envolvendo circuitos elétricos

Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 49 – Slide com questões motivadoras.



The slide features the same logos as Figure 48. The title is 'QUESTÕES MOTIVADORAS'. Below the title, there are three questions marked with diamond symbols:

- ❖ Porque nas lâmpadas de natal quando uma lâmpada queima várias outras lâmpadas apagam?
- ❖ Uma única lâmpada de natal poderia ser ligada diretamente na tomada de 220V?
- ❖ Os faróis de um carro estão conectados em série ou em paralelo? Qual é a evidência para sua resposta?

Fonte: Autoria própria, 2021.

Na sequência, incitamos os estudantes a refletirem por que em determinado tipo de circuito, tipo o pisca-pisca de Natal, quando uma lâmpada queima as outras lâmpadas deixam de funcionar e no circuito de uma casa, quando uma lâmpada queima, as outras continuam funcionando. Também foram usadas como exemplo as lâmpadas da sala de aula. Na ocasião,

somente seis das oito lâmpadas da sala estavam funcionando. Feito essa discussão, continuamos a aula expositiva dialogada alternando entre *slide* elaborado pelo professor e a lousa, para mostrar os diferentes tipos de associações e suas características, (Fig. 50, 51 e 52). Nessa aula foram abordados os seguintes conteúdos:

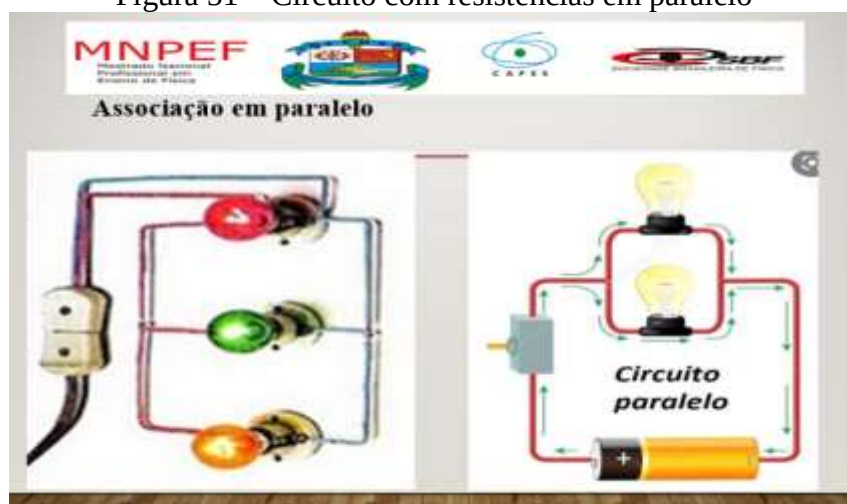
- ✓ Circuitos elétricos com associação de resistores em série;
- ✓ Circuitos elétricos com associação de resistores em paralelo;
- ✓ Circuitos elétricos com associação mista de resistores.
- ✓ Circuitos elétricos com resistores em série em curto-circuito.

Figura 50 – Circuito com resistências em série.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 51 – Circuito com resistências em paralelo



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 52 – Professor explicando as características dos circuitos com resistências em paralelo.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Na sequência, resolvemos as questões 03, 04, 09 e 12 do Apêndice A4. Essas questões permitiam ao estudante fazer uma revisão conceitual do novo conteúdo, assim como a aplicação em situações do seu cotidiano, como forma de dar sentido aos conceitos estudados.

Antes da aula finalizar, foi feita uma discussão em torno das questões motivadoras. Eis algumas respostas dos alunos/as para as questões 01 e 02:

Aluno 1 “[...] A energia que vem pelo fio quando chega na lâmpada queimada não consegue passar”;

Aluno 2 “[...] professor, é como se o fio estivesse quebrado e a corrente não conseguisse passar”; Aluno 3 “[...] se você ligar só uma lâmpada, ela vai receber muita energia e vai queimar”.

Após esse primeiro momento, os discentes apresentaram algumas respostas para a questão 03, eis algumas respostas:

Aluno 4 “[...] professor, eu acho que os faróis estão ligados em paralelo, porque quando um queima o outro fica acesso”;

Aluno 5 “[...] professor, quando um farol queima o outro continua ligado, então é uma ligação em paralelo, se fosse em série o outro não acendia”.

No discurso dos alunos 1 e 2, observamos que eles usam o termo energia para se referir a corrente, já os alunos 04 e 05 não apresentaram dificuldade. Aproveitamos as respostas dos estudantes para fazer algumas intervenções complementando suas respostas, no sentido de transformar seus conceitos espontâneos em conceito formal.

Finalizamos a aula, propondo aos estudantes a resolução das questões não resolvidas do Apêndice A4 como atividade para casa.

5.5 ENCONTRO 05 (QUARTO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA): ATIVIDADES EXPERIMENTAIS 2 E 3 – CIRCUITO COM ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE/PARALELO, EM 30 DE SETEMBRO DE 2021.

O encontro 5 foi realizado na sala de aula (ver Fig. 53). Iniciamos o encontro fazendo uma breve discussão sobre os assuntos tratados na aula anterior e tirando a dúvida de duas questões da lista de atividades proposta para casa. Na sequência, os estudantes foram divididos em grupos com até quatro componentes por grupo, para realização das atividades experimentais com a maleta elétrica. Entregamos um roteiro experimental para cada equipe. Esse roteiro apresentava a seguinte estrutura: conceitos estudados, objetivo de aprendizagem, questões motivadoras e atividade prática. Foram desenvolvidas nessa aula as atividades experimentais dos Apêndices A6 e A7.

Figura 53 – Organização da sala para realização da atividade experimental



Fonte: Acervo do autor, 2021.

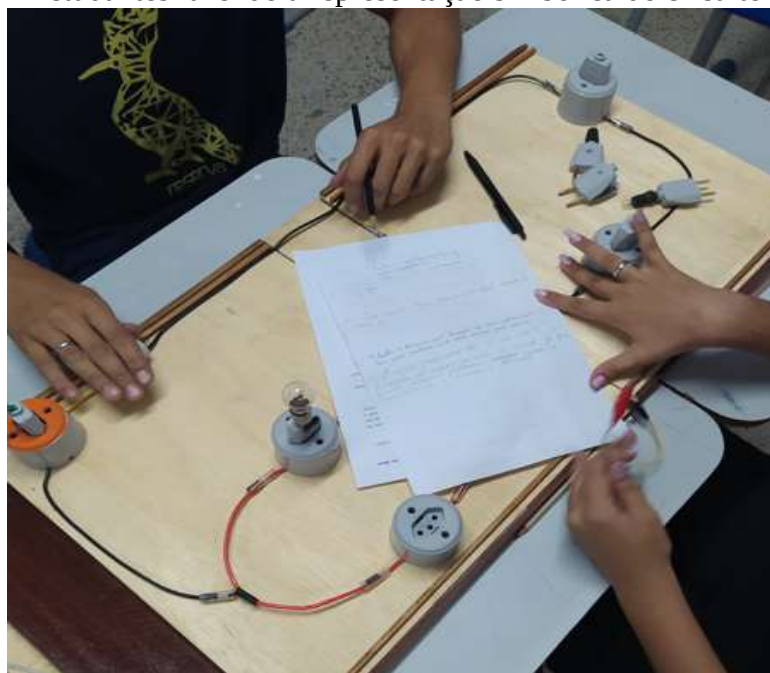
O roteiro experimental apresentava quatro momentos a saber: 1º momento: leitura dos objetivos de aprendizagem e questões motivadoras por alunos e professor; 2º momento: leitura e discussão da atividade experimental dentro de cada grupo, de modo que sejam levados a pensar na resposta e fazer uma previsão (Fig. 54 e Fig. 55); 3º momento: mão na massa, realizar a atividade com maleta e consolidar os conceitos físicos envolvidos (Fig. 56); e 4º momento: socialização, tendo como objetivo, gerar uma discussão e debate em torno dos conceitos abordados).

Figura 54 – Alunos dialogando e argumentando sobre a prática dentro do grupo.



Fonte: Acervo do autor, 2021

Figura 55 – Estudantes fazendo a representação simbólica do circuito idealizado.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 56– Alunos realizando a atividade na maleta elétrica.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Após receber o roteiro, cada grupo inicialmente tinha que fazer uma leitura da prática dentro do grupo e dialogar com os participantes as possíveis possibilidades, fazendo o registro numa folha A4 disponibilizada pelo professor. No segundo momento o grupo ia interagir com a maleta elétrica a respeito do que tinham discutido previamente. Em seguida, sortearmos um dos grupos para que socializasse sua prática com o restante da sala. À medida que o grupo escolhido ia fazendo suas considerações sobre a prática, os outros grupos tinham liberdade para colocar suas contribuições quando julgassem necessário. O professor atuava como mediador das discussões entre os grupos, como forma de garantir que elas não perdessem o foco. Foi um momento de muita interação entre eles e o professor. Surgiram outros questionamentos e, quando necessário, fazíamos as devidas orientações (*feedback*).

Figura 57 – Professor orientando os estudantes.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Na atividade experimental do Apêndice A6, pensando no desenvolvimento de sua autonomia e participação ativa, os estudantes foram desafiados a montar circuitos com associação em série, permitindo que eles utilizassem os conteúdos visto em sala, para montar seus próprios modelos de circuito e procurar apresentar uma explicação qualitativa à situação real apresentada, e com isso aumentar sua compreensão conceitual sobre o assunto. Durante as discussões nos grupos, tiveram a oportunidade de confrontar suas crenças e ideias com a realidade física. A ideia é que entre esses confrontos, os conceitos físicos tivessem o mesmo significado do contexto escolar.

Na realização da atividade, foi observado que eles não encontraram dificuldade para montar o circuito na maleta. Vejamos algumas respostas dos alunos para os questionamentos propostos na atividade com duas lâmpadas em série de mesma potências:

Aluno1: “[...] Eu acho que a energia que vem da fonte vai ser dividida para as duas e vão brilhar menos”;

Aluno 2: “[...] A tensão da fonte é 12V, vai ser dividida pelas duas, como elas tem a mesma potência, eu acho que o brilho vai ser reduzido à metade”;

Aluno 3: “[...] Professor, como as potências são iguais, o brilho vai ser dividido para as duas”.

No discurso do aluno 1, nota-se uma confusão entre os conceitos de energia e tensão, ele os inverte; já os alunos 2 e 3 não tiveram dificuldade de entender que a tensão era dividida em partes iguais entre as duas. No momento, fizemos as intervenções necessárias no sentido de complementar suas respostas.

Eis algumas respostas dos alunos para circuitos em série com duas lâmpadas de potências diferentes:

Aluno 5: “[...] A maior vai puxar mais energia”;

Aluno 3: “[...] As duas vão receber a mesma corrente, como a de maior potência precisa de mais energia vai brilhar menos”;

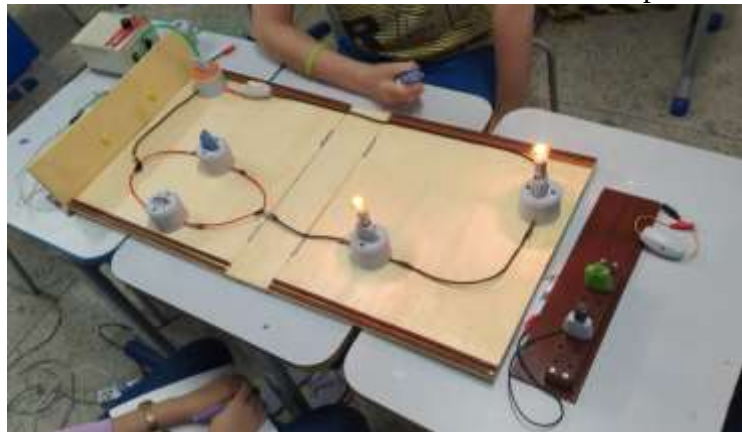
Aluno 4: “[...] professor, a lâmpada de maior potência vai brilhar mais”;

Aluno 6: “[...] Professor, eu acho que quem brilha mais é a de maior potência, pois puxa mais energia”.

No discurso dos alunos 3, 5 e 6, nota-se que eles utilizam, novamente, o conceito de “energia” para se referir à corrente elétrica e que, em nenhum momento, mencionaram a diferença de potencial (ddp) em sua explicação. O fato de atribuírem maior luminosidade à lâmpada de maior potência deve estar condicionado às experiências do cotidiano, em que, em geral, as ligações são em paralelo.

Pela análise dos discursos, fica evidente que, nesse tipo de configuração, tiveram dificuldade de entender que nesse tipo de associação a lâmpada de maior resistência apresenta uma luminosidade (brilho) maior. A partir do momento que montaram o arranjo, logo perceberam que a lâmpada de maior potência apresentava menor luminosidade. Na ocasião, sugerimos que uma das equipes apresentasse uma justificativa como forma de perceber qual a sua compreensão sobre o assunto.

Figura 58 – Alunos montando um circuito com duas lâmpadas em série.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Continuamos a aula com a atividade experimental do Apêndice A7, na qual os estudantes foram desafiados a montar circuitos em paralelos com duas (Fig.59) e com três lâmpadas. Foi observado que eles não tiveram dificuldade para montar. Durante a atividade, estavam sempre atentos querendo participar das discussões.

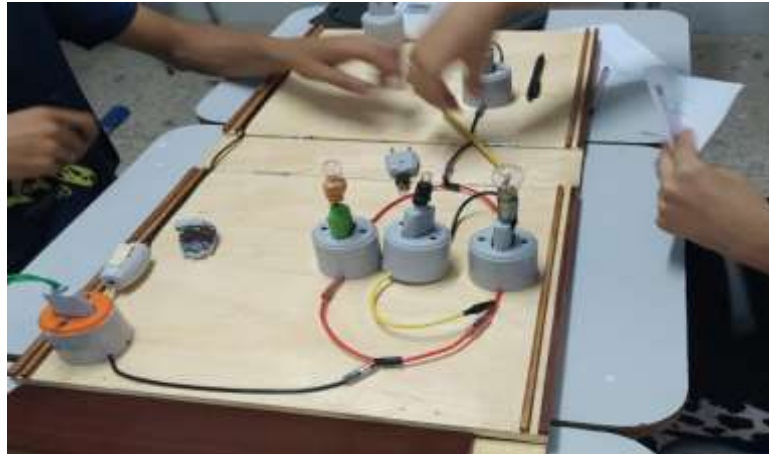
Figura 59 – Alunos montando um circuito com duas lâmpadas de potências nominais diferentes, em paralelo.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

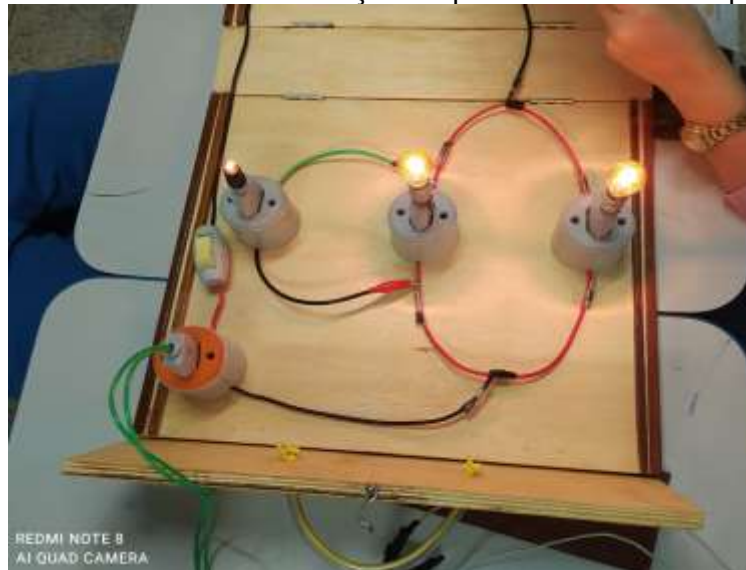
Um fato curioso é que quando foram solicitados a construir o circuito com três lâmpadas (Fig. 60 e Fig. 61) em paralelo (o terceiro suporte era móvel, eles que iam escolher onde colocar), idealizaram um modelo diferente do que tinha sido projetado na construção do circuito. Isso prova que eles usaram seus próprios modelos.

Figura 60 – Alunos montando associação em paralelo com três lâmpadas de potências diferentes



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 61 – Alunos montando associação em paralelo com três lâmpadas



Fonte: Acervo do autor, 2021.

O que aconteceu nessa atividade mostra que eles já conseguiram, progressivamente, diferenciar associações em série e associações em paralelo. As atividades desenvolvidas até aqui permitiram que eles já conseguissem perceber as particularidades de cada um desses tipos de associações (diferenciação progressiva). Ao mesmo tempo, eles são capazes de reconciliar, de forma integradora, várias possibilidades de circuitos em paralelo. Os alunos entendem que há características comuns a todos os circuitos em paralelo. Mas, nem por isso,

eu preciso adotar uma maneira rígida de representá-los ou de construí-los (reconciliação integradora).

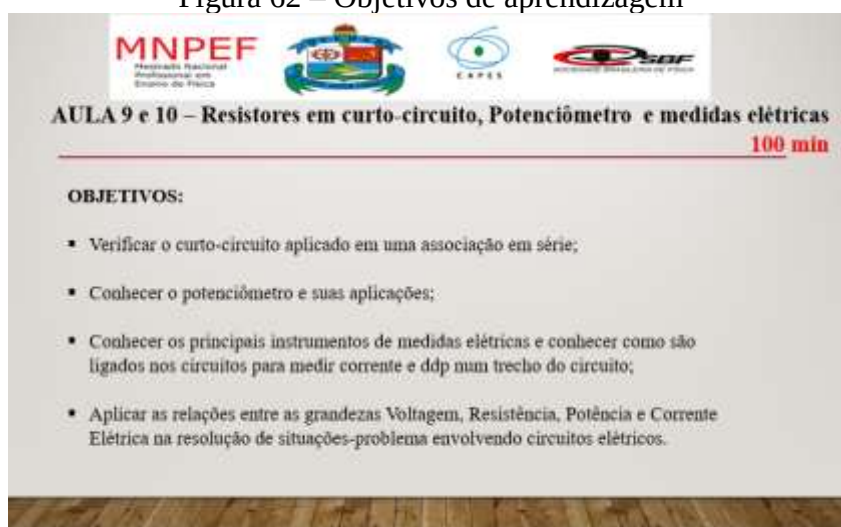
No momento de socialização da atividade, aproveitamos para fazer alguns questionamentos: relação de potência com a resistência, deixando claro que nesse tipo de associação, quando uma grandeza aumenta, a outra diminui; relação da corrente com a resistência das lâmpadas. Foi feita uma discussão, ressaltando a relação da resistência com o brilho das lâmpadas nos circuitos em série e nos circuitos em paralelo.

Neste encontro, não tivemos tempo para discutir as questões motivadoras, em função das interações e troca de informações geradas com as atividades experimentais. Finaliza-se o encontro propondo uma atividade complementar, Apêndice A9, só com questões do ENEM envolvendo os conceitos abordados. Por fim, foi disponibilizado o roteiro de aprendizagem para o próximo encontro.

5.6 ENCONTRO 06 (QUINTO ENCONTRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA): AULA EXPOSITIVA E ATIVIDADE EXPERIMENTAIS 4, 5 E 6 – REOSTATO E MEDIDAS ELÉTRICAS, EM 07 DE OUTUBRO DE 2021.

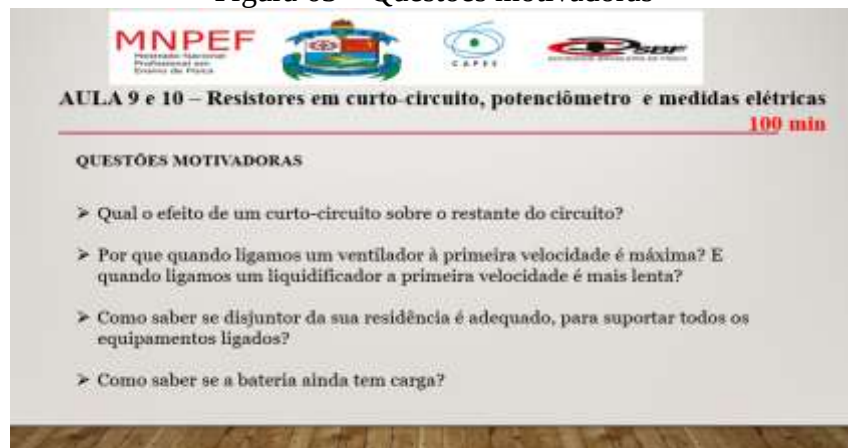
O encontro 6 foi realizado na sala de aula, com *slide* elaborado pelo professor, quadro branco, pincel e atividade experimental. Começamos o encontro apresentando os objetivos de aprendizagem (Fig. 62), na sequência apresentamos as questões motivadoras (Fig. 63) para serem respondidas antes do final da aula.

Figura 62 – Objetivos de aprendizagem



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 63 – Questões motivadoras



Fonte: Autoria própria, 2021.

Em seguida, começamos uma discussão sobre: Potenciômetro, o que é, para que serve, tipos, aplicações e como funciona. Feito essa discussão, continuamos a aula explicando o que é um amperímetro e um voltímetro, sua representação simbólica e como devem ser ligados no trecho do circuito que se deseja realizar medidas de corrente e tensão. Na sequência, resolvemos as questões 1, 5 e 6 do Apêndice A12. Pelo nível de interação nos questionamentos durante a aula e pelas respostas apresentadas na resolução das questões acima, em que tinham que apresentar a justificativa para a alternativa errada, percebemos que eles não tiveram dificuldade de compreensão em relação aos novos conhecimentos.

Para otimizar o tempo pedagógico, foi disponibilizado no grupo de *WhatsApp* da turma, anteriormente à aula, um vídeo de como utilizar o multímetro disponível no endereço eletrônico: <https://youtu.be/xUYan9Nzj6E>. A partir do vídeo sugerido, foi feita uma discussão de como utilizar o multímetro para realizar medidas de corrente contínua, tensão (pilhas, baterias) e tensão da rede elétrica (tomada). Na ocasião, apresentamos o alicate amperímetro e o detector de tensão (Fig. 64).

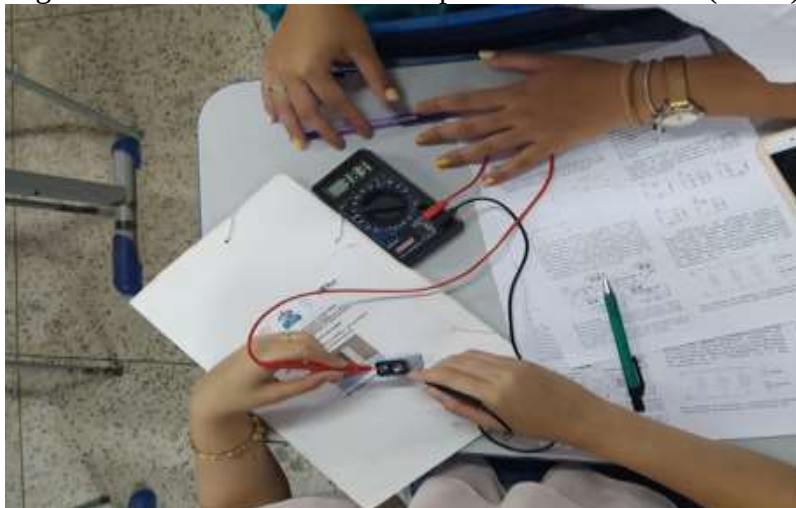
Figura 64 – Instrumentos de medida elétrica



Fonte: Autoria própria, 2021.

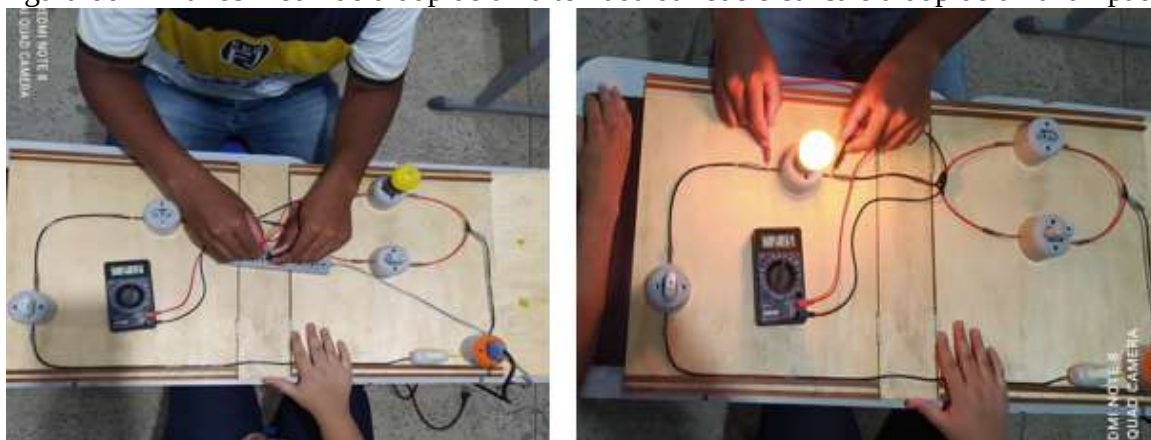
Na sequência, utilizamos o multímetro para realizar medidas da tensão de uma bateria (9 V) e da tensão de uma tomada da rede elétrica. Aproveitamos para ressaltar os cuidados que devem ser tomados para realizar medidas em 220 V (Fig.65 e Fig. 66).

Figura 65 – Alunos medindo a ddp de uma bateria 9V (usada)



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 66 – Alunos medindo a ddp de uma tomada da rede elétrica e a ddp de uma lâmpada



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Na sequência, continuamos a aula com as atividades experimentais dos Apêndice A8, A10 e A11. Para realização desta atividade, foram formados grupos com até três participantes. Na atividade experimental do Apêndice A8, eles foram desafiados a construir circuitos em série com lâmpadas de diferentes potências e observar o efeito do curto-circuito sobre a lâmpada curto-circuitada e sobre o restante da associação.

A atividade proporcionou diálogo e troca de informações entre os discentes e entre estes e o professor. Eis algumas respostas dos alunos:

Aluno 1 “[...] professor, a corrente não vai passar na lâmpada que tem o cabo”;

Aluno 2 “[...] ela vai passar pelo fio, a lâmpada oferece uma dificuldade, então, ela procura o caminho mais fácil”;

Aluno 3 “[...] professor, quando faço o curto na lâmpada, a outra fica mais forte”;

Aluno 4 “[...] quando colocamos uma lâmpada em curto, as outras passam a brilhar mais”.

Para cada resposta dada por eles, procurava responder com um questionamento que os fizessem refletir sobre suas respostas. Pela Fig.67 e Fig. 68, podemos observar que as equipes idealizaram circuitos diferentes para responder aos desafios.

Figura 67 – Alunos montando circuito com duas lâmpadas em série, sendo uma delas curto-circuitada



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 68 – Alunos montando circuito em série, com uma lâmpada curto-circuitada



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Na realização da segunda atividade experimental (Apêndice A10), começamos orientando sobre os cuidados que os estudantes deveriam ter ao manusear a maleta elétrica para realizar esta atividade, já que a prática foi desenvolvida sob uma tensão de 220V. Alertamos para o perigo do choque elétrico, já discutido no encontro 01. Foram desafiados a montar um circuito utilizando 1 potenciômetro, 1 lâmpada de 15 W e a fonte de tensão de 220V. Estávamos interessados em observar como eles ligariam o potenciômetro no circuito e

se perceberiam que conforme é ajustado, de forma a aumentar a resistência, o brilho das lâmpadas diminui e vice-versa.

Durante a montagem, foi observado que as equipes idealizaram modelos de circuitos diferentes para responder ao desafio proposto (Figuras 69 e 70). Eis algumas respostas dos alunos:

Aluno 1: “[...] *Professor, quando giro o botão a lâmpada diminui a luminosidade*”;

Aluno 2: “[...] *professor, eu acho que aumenta a resistência, aí a lâmpada brilha menos*”.

Aluno 3: “[...] *Então, dentro dessa caixinha deve ter tipo um cordão (fio), igual da experiência com a resistência do chuveiro*”.

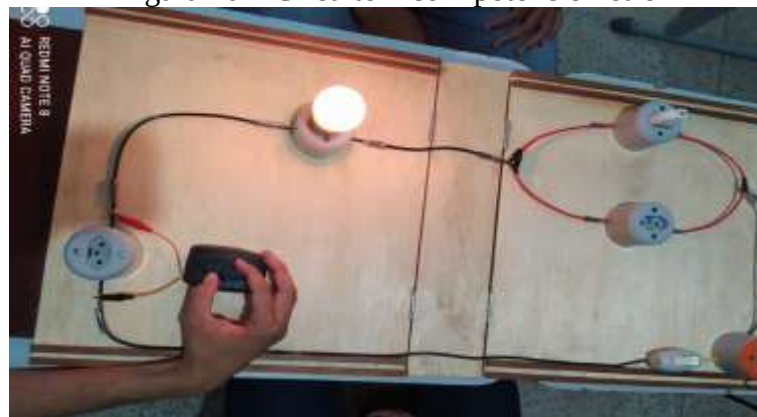
Na sequência, questionamos se eles conseguiriam fazer uma relação do potenciômetro com a segunda lei de Ohm, assim como se reconheceram o potenciômetro em aparelho do seu cotidiano. Foi observado que as equipes usaram posições diferentes na maleta para os encaixes do potenciômetro e da lâmpada no circuito (Figuras 69 e 70). Na sequência, foi solicitado que cada equipe escolhesse um equipamento do cotidiano que faz uso deste dispositivo e, se possível, explicasse o funcionamento do potenciômetro neste dispositivo.

Figura 69 – Circuito 1 montado com o potenciômetro



Fonte: Acervo do autor, 2021.

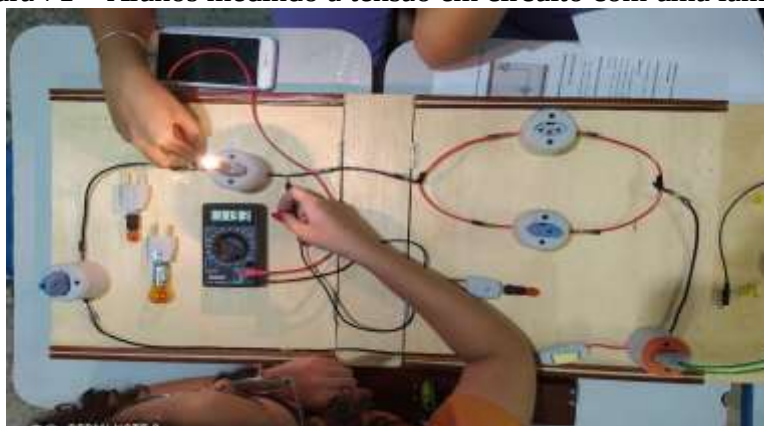
Figura 70 – Circuito 2 com potenciômetro



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Continuamos a aula com a atividade experimental do Apêndice A11. Nessa atividade, os estudantes foram desafiados a construir circuitos em série e circuitos em paralelo com lâmpadas de potências nominais iguais e de potências nominais diferentes e realizarem a medida da tensão nas lâmpadas (Figuras 71, 72 e 73).

Figura 71 – Alunos medindo a tensão em circuito com uma lâmpada



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 72 – Medindo a tensão do circuito em série com duas lâmpadas de potências diferentes.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 73 – Alunos realizando a medida da tensão num circuito em paralelo.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Durante a realização da atividade, percebemos a concepção dos alunos sobre o conteúdo, uma vez que a maleta elétrica permitia a construção de circuitos idealizados por eles e assim, mostrar para os colegas e professor como estava construindo significado sobre o que ele está aprendendo. A aula prosseguiu com a socialização da prática. Uma estudante relatou que a equipe dela pôde comprovar que na associação com duas lâmpadas em série de potências diferentes, a lâmpada de menor potência tem tensão maior, já a de maior potência tinha tensão menor, e que essa informação tinha ajudado a compreender por que a lâmpada de maior potência tinha menor luminosidade quando associada em série e que tinha comprovado, através das medidas realizadas com o multímetro, que, quando estavam associadas em paralelo, apresentavam a mesma medida de tensão, tanto as lâmpadas de potências iguais como as lâmpadas de potências diferentes.

Este é um momento interessante para traçar uns comentários. Os alunos acabaram de demonstrar que conseguiram reconciliar e trabalhar de forma simultânea com as equações que regem esse assunto ($U = Ri$, $P = Ri^2$, $P = Ui$, etc.). Dá para perceber que eles, simultaneamente, são capazes de diferenciar os conceitos tensão, corrente, resistência e potência ao mesmo tempo que conseguem vê-los de forma integrada como parte de um todo necessário para a explicação dos fenômenos observados.

Como forma de verificar o aprendizado, foi sugerido, uma atividade para casa 2 (Apêndice A12). Por fim, foi sugerido a cada aluno que fizesse uma avaliação da sequência didática disponível no endereço: <https://forms.gle/Z97Gr835MtCiLRAd7>. O link foi disponibilizado no grupo de *WhatsApp* da turma. Não sendo necessária a identificação do discente, esta atividade devia ser respondida até a próxima aula.

5.7 ENCONTRO 07: MAPA CONCEITUAL FINAL E PÓS-TESTE, EM 14 DE OUTUBRO DE 2021.

No encontro 07, após a finalização da sequência didática, procedemos com a coleta de mais dados para avaliar a metodologia. Solicitamos aos alunos que fizessem um mapa conceitual com os principais conceitos da eletrodinâmica. Para essa atividade, foi disponibilizada uma folha A4 com os conceitos dentro de tarjetas (Apêndice C) e uma folha A4 em branco para que os estudantes fizessem seu mapa conceitual. O tempo para a execução da atividade foi de 40 min. A ideia era que eles conseguissem ficar tranquilos para tentar realizar a atividade. À medida que os estudantes iam terminando o mapa conceitual, recebiam o pós-teste (Apêndice F), Fig. 74.

Mapa conceitual final e pós-teste têm o objetivo de buscar evidências de aprendizagem significativa e avaliar o aprendizado do aluno, através da aplicação do produto educacional. O teste foi realizado de forma individual, sem consulta a material didático e com um tempo previsto de 50 min.

Figura 74 – Alunos realizando o pós-teste.

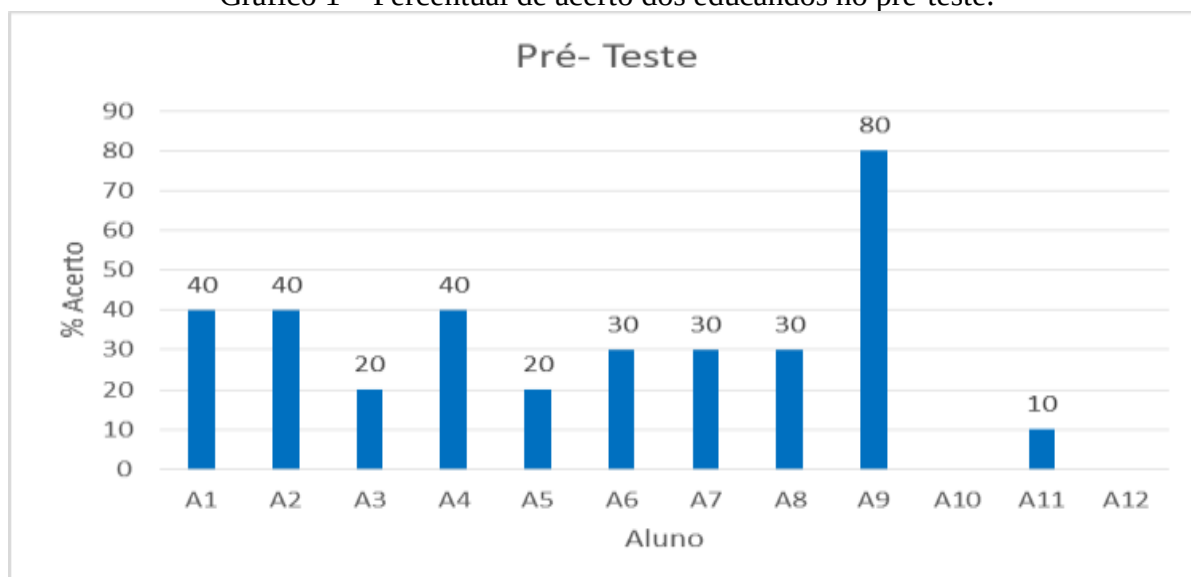


Fonte: Acervo do autor, 2021.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação quantitativa, construída a partir dos resultados de Pré-teste conceitual e Pós-teste conceitual (Apêndices B e D), é constituída de 10 questões de múltipla escolha, nas quais exploramos os conceitos de diferença de potencial, corrente elétrica, resistência elétrica, leis de Ohm, potência elétrica, circuitos elétricos, associações (série, paralelo, mista), curto-circuito e medida elétricas (amperímetro, voltímetro). As questões conceituais estavam relacionadas diretamente com os conteúdos abordados durante a intervenção e, dessa maneira, também foi possível observar se os educandos haviam conseguido fazer uma relação dos conteúdos com situações da sua realidade. O Gráfico 1 mostra o percentual de acerto dos discentes no pré-teste e o Gráfico 2, no pós-teste.

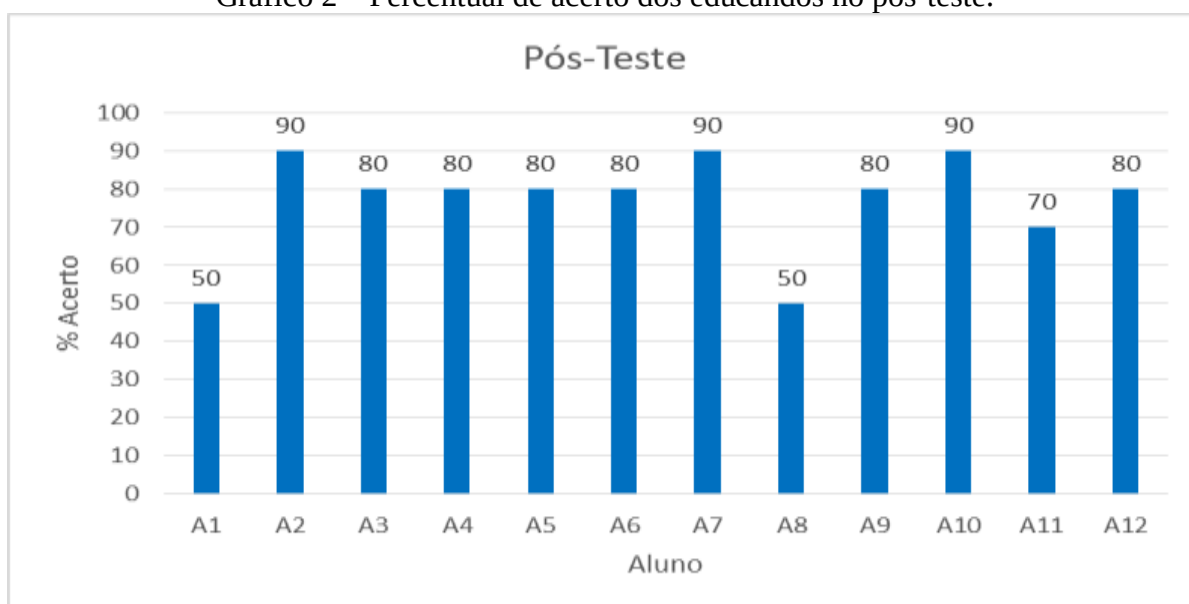
Gráfico 1 – Percentual de acerto dos educandos no pré-teste.



Fonte: Elaboração própria, 2021

A discussão dos resultados foi feita comparando-se os resultados obtidos no pré-teste e pós-teste por meio do ganho conceitual, calculado pelo parâmetro ganho de *Hake*, de cada aluno(a) participante da pesquisa. A partir dos resultados do pré-teste (Gráfico 1), observamos que: 1 aluno teve percentual de acerto de 10%, 2 alunos de 0%, 2 de 20%, 3 de 30%, 3 de 40% e um aluno teve um percentual de acerto de 80%, ficando o maior percentual de acerto entre 30-40%. A média de acertos da turma foi de 28,3%. Também foi observado que as questões que envolviam os conceitos de portadores de carga, diferença de potencial, resistência elétrica, características das associações em série e instrumentos de medida, foram as questões que apresentaram o menor números de acertos.

Gráfico 2 – Percentual de acerto dos educandos no pós-teste.

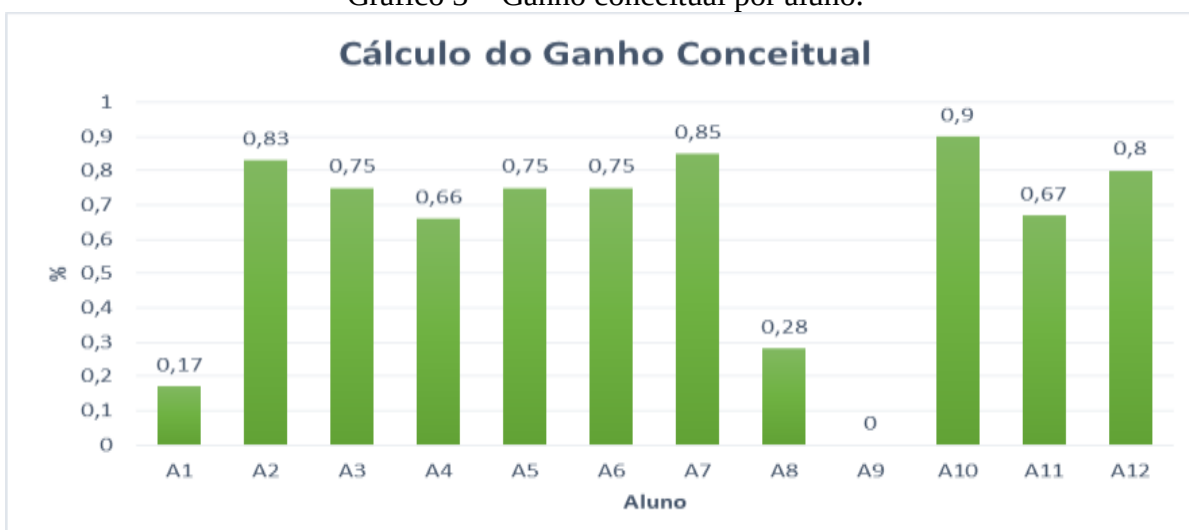


Fonte: Elaboração própria, 2021

Fazendo a análise do Pós-teste (contamos com a participação de 12 alunos), nota-se que o percentual de acertos das questões aumentou significativamente, como observado no gráfico 2. A partir dos resultados, observamos que: 2 alunos tiveram o percentual de acertos de 50%, 1 de 70%, 6 de 80% e 3 de 90 %. É importante observar que a média de acertos da turma, no pós-teste, ficou em 76,7% - um aumento significativo em termos de média.

No Gráfico 3, os dados dos Gráficos 1 e 2 foram condensados, e geramos uma análise por meio do cálculo do ganho de Hake (g). A literatura atribui os seguintes conceitos de acordo com o ganho calculado: “alto ganho”, para alunos com $g \geq 0,7$; “médio ganho”, para alunos com $0,7 > g \geq 0,3$; e “baixo ganho”, para alunos com $g < 0,3$.

Gráfico 3 – Ganho conceitual por aluno.



Fonte: Elaboração própria, 2021

Fazendo uma análise dos nossos resultados com o ganho de Hake, temos: 2 alunos com “baixo ganho”; 3 alunos com “médio ganho” e 7 alunos com “alto ganho”, ou seja, os alunos, em sua maioria, ficaram na faixa de alto ganho. Considerando que eles não haviam sido avisados sobre o teste, acreditamos que este aumento representa um ganho de aprendizagem, o que ficou guardado com os alunos após as aulas.

O parâmetro ganho de Hake é importantíssimo para que possamos determinar para que tipo de público nossa sequência didática mostrou-se mais potencialmente significativa. Observe, nos gráficos 1 e 3, que o aluno A9, que obteve excelente desempenho no pré-teste (80% de acertos), obteve um ganho zero. Isso não significa que o aluno regrediu. Significa, tão somente, que o discente permaneceu, mesmo após o processo instrucional pelo qual passou, com o mesmo nível de conhecimento que possuía antes. Por outro lado, note que os alunos A10 e A12, que obtiveram resultado zero no pré-teste, obtiveram ganho 0,9 e 0,8, respectivamente.

Esses dados são indicativos de que a sequência didática teve maior significado e impacto para alguns alunos que, inicialmente, estavam desprovidos de conhecimentos prévios ou, se os possuíam, eram em desacordo com os conhecimentos cientificamente aceitos. Em contrapartida, para aqueles alunos que já tinham alguma compreensão prévia do assunto, a sequência didática, aparentemente, mostrou-se ineficaz.

Acrescentamos que esse ganho e partilha de conhecimento também foi observado na condução das atividades propostas em sala de aula, através da sua participação e interação com as atividades propostas na pesquisa, principalmente quando os conteúdos escolares eram ligados a situações relacionada à vida do aluno.

Não podemos afirmar com certeza a causa deste resultado, mas, por hipótese, atribuímos este resultado ao fato de a turma na qual aplicamos a sequência didática proposta na pesquisa ter demonstrado interesse, gostar de interagir, debater ideias e estarem sempre motivados para realizar as atividades. Por isso, acreditamos que, de uma forma geral, os métodos aplicados interferem nas suas atitudes e no seu comportamento diante da disciplina.

Essas mudanças apontam para a necessidade de o professor trabalhar com metodologias de ensino que propiciem ao aluno apresentar um comportamento mais ativo no seu processo de aprendizagem, sendo o aluno o responsável por interagir com o conhecimento de forma que possibilite o desenvolvimento de sua autonomia.

Podemos inferir por esses dados que as questões que tinham os conceitos que geraram debate em sala de aula, através das atividades experimentais, simulações computacionais PhET e do diálogo com os colegas, foram as questões que os estudantes apresentaram um

maior percentual de acertos. Para nós, isso evidencia a importância de o aluno ter a “predisposição para aprender de forma significativa” para o seu processo de ensino-aprendizagem, tal como Ausubel enfatiza.

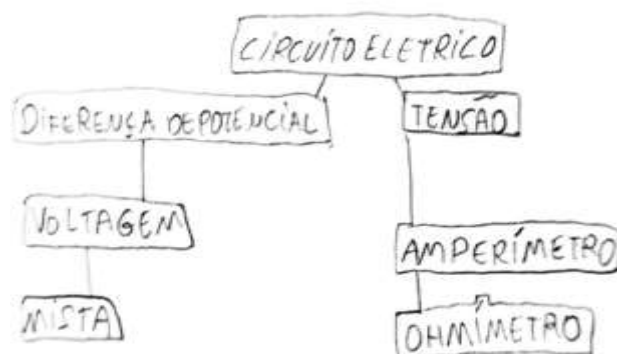
6.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS

Nesta sessão, iremos fazer uma análise dos detalhes dos mapas conceituais (pré e pós) produzidos pelos discentes. Como já mencionamos anteriormente, o objetivo dos mapas conceituais é o de verificar a emergência (ou a ausência dela) de uma aprendizagem conceitual significativa nos termos propostos por Ausubel, Novak e Moreira.

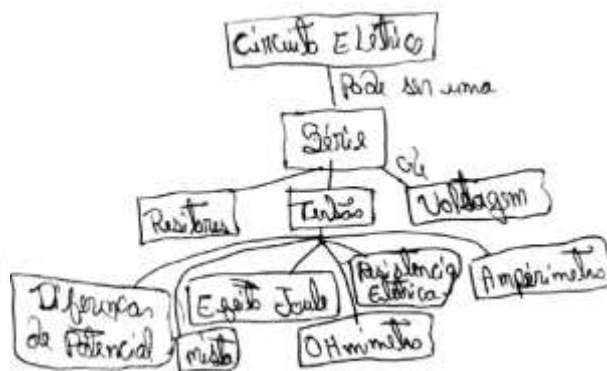
Para nossa discussão, selecionamos sete pares de mapas pré e pós (cada par é de autoria do mesmo aluno antes e depois da instrução). A análise será empreendida a partir do conjunto dos mapas onde tentaremos analisar as presenças ou ausências de critérios que caracterizem ou não uma aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados.

Figura 75 – Pré-mapas conceituais

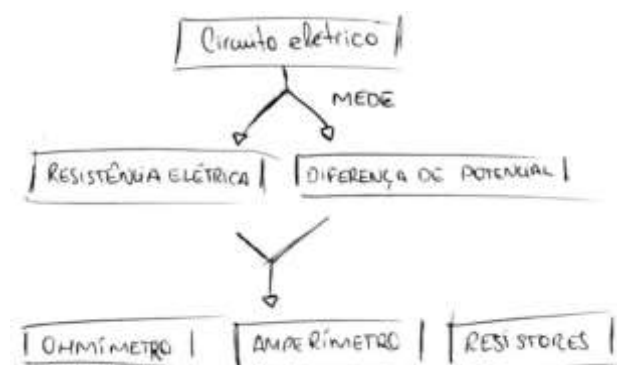
A1



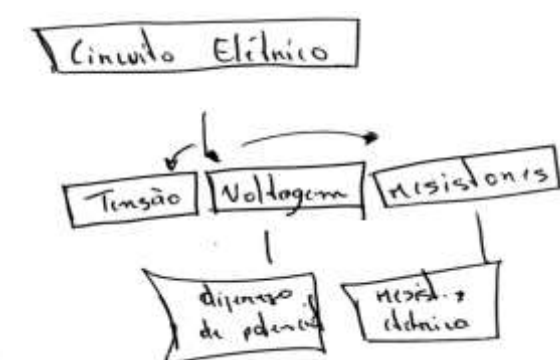
A5



A6



A10



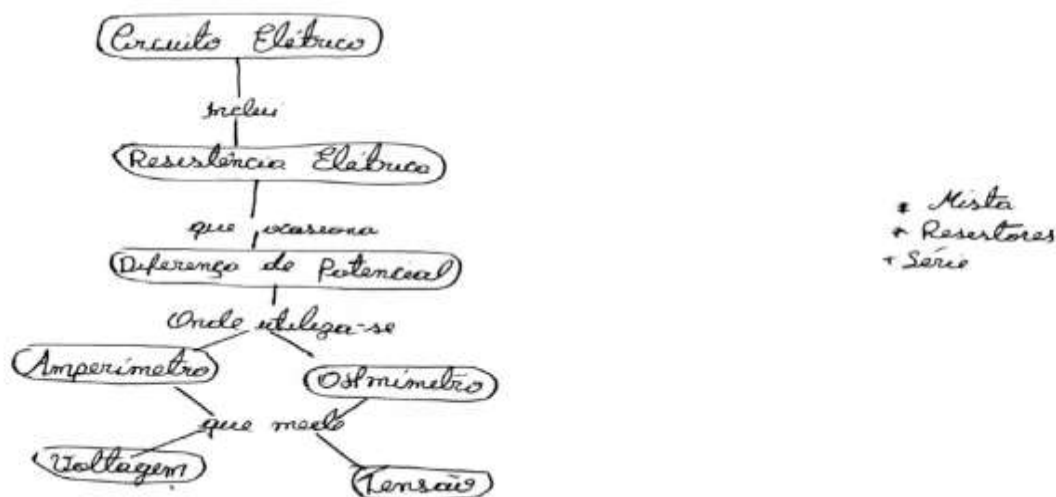
A9



A11



A8



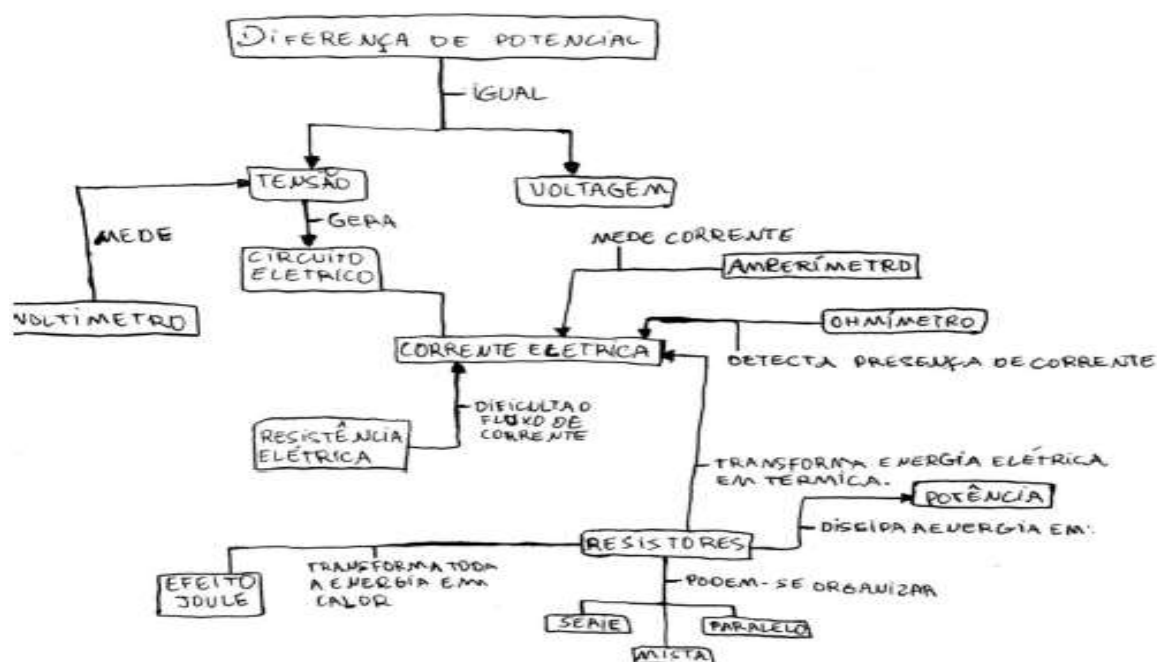
Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

A Figura 75 apresenta sete dos mapas conceituais produzidos pelos discentes antes do processo de instrução com a nossa sequência didática. Como se pode ver na figura, há uma completa ausência de relação adequada entre os conceitos. Essa ausência se manifesta principalmente por dois aspectos: i) as próprias conexões que os alunos fazem entre conceitos que, em algumas situações, é sem sentido. Por exemplo, quando o Aluno 01 relaciona *voltagem* com *mista*; *tensão* com *amperímetro*; quando o Aluno 09 relaciona *efeito Joule* com *tensão* (relação também feita pelo Aluno 05); quando o Aluno 08 relaciona *amperímetro* com *voltagem* e *ohmímetro* com *tensão* (relação também feita pelo Aluno 06); e ii) pela falta de explicitação do tipo de conexão adequada entre os conceitos disponíveis. Quer dizer, os alunos parecem supor uma relação entre os conceitos (como já vimos, muitas vezes equivocadas), mas sem saber que tipo de relação é essa que se estabelece aí. Assim, embora o

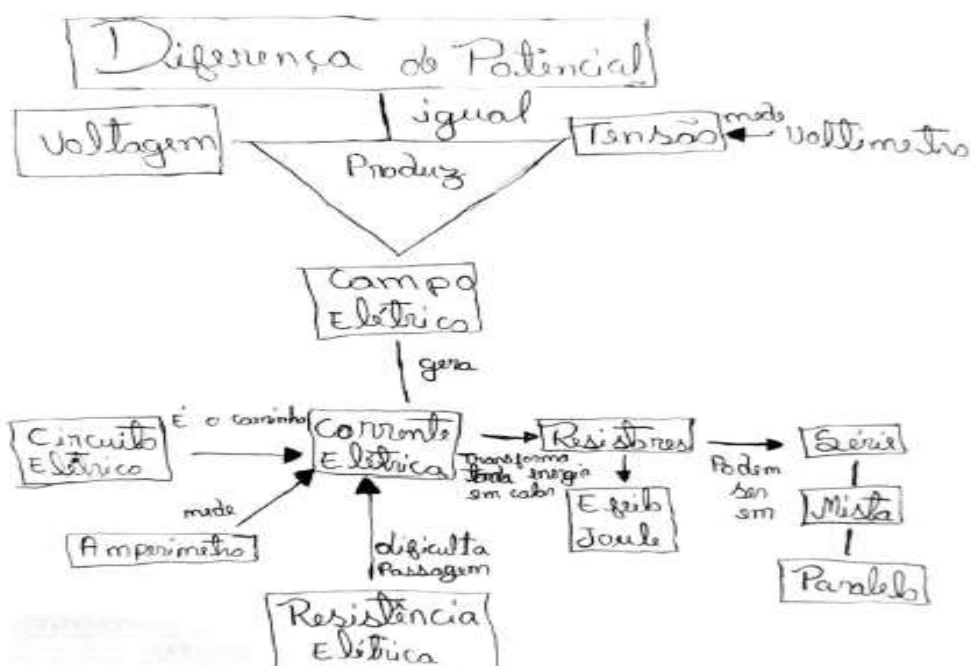
aluno 01 relacione *tensão* com *diferença de potencial*, ele não deixa claro qual o tipo de relação que existe aqui. Da mesma forma, percebe-se problema semelhante nos mapas conceituais produzidos pelos outros seis discentes, em maior ou menor latência.

Figura 76 – Pós-mapas conceituais

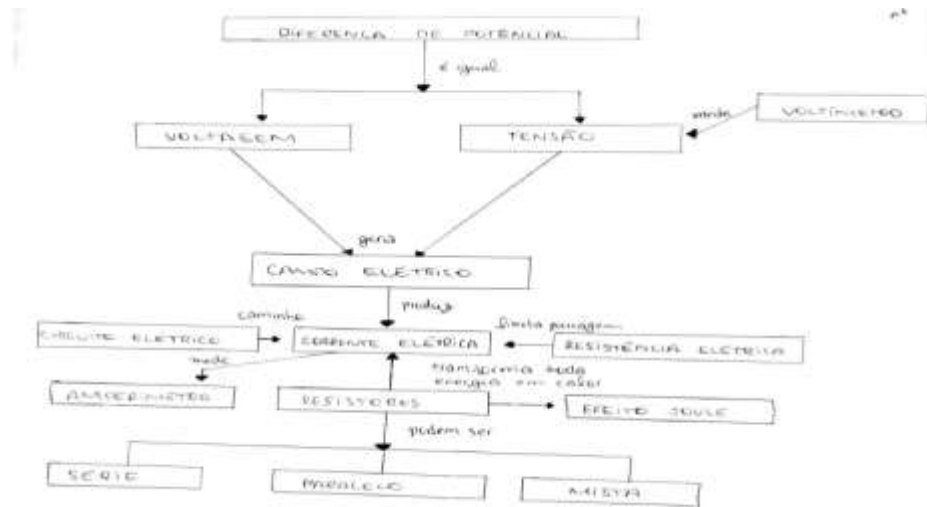
A1



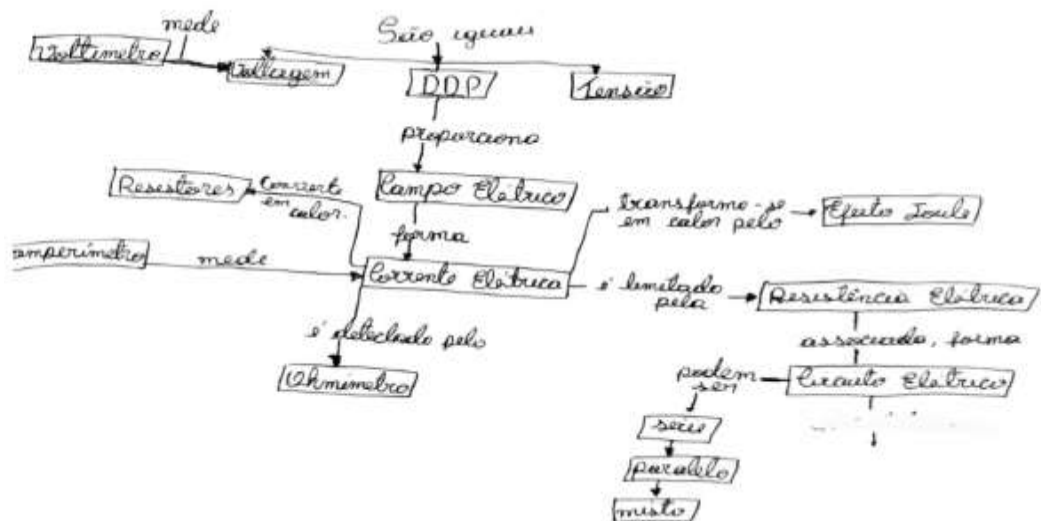
A5



A6



A8



A9

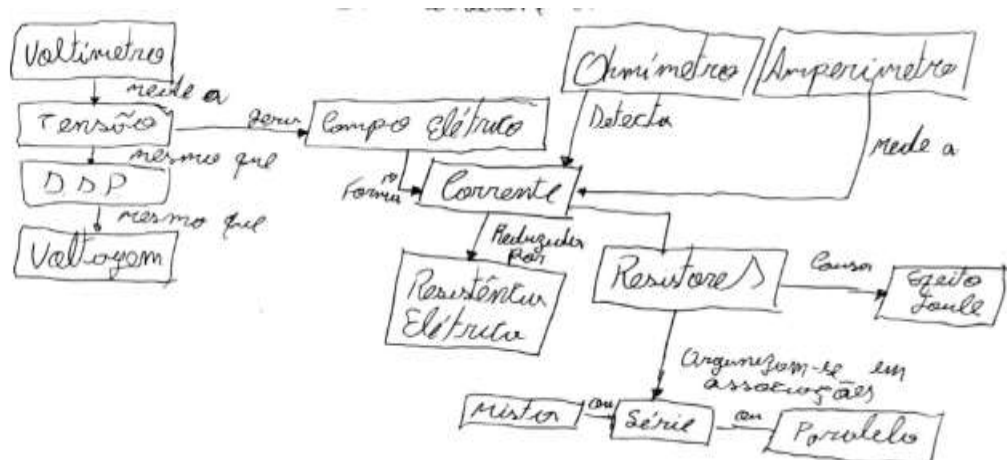
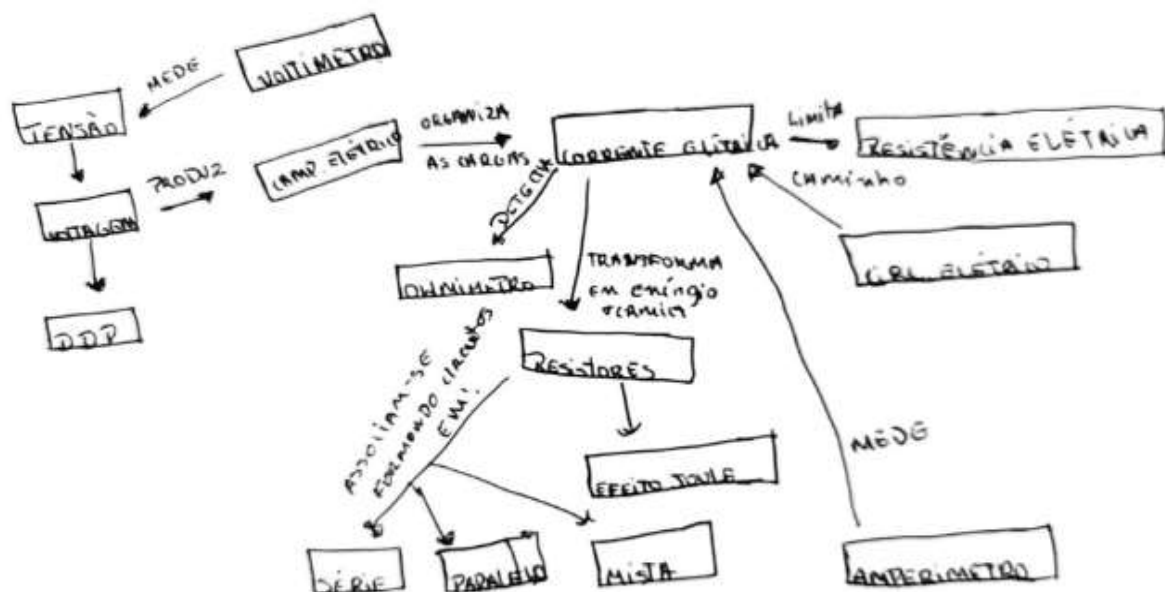
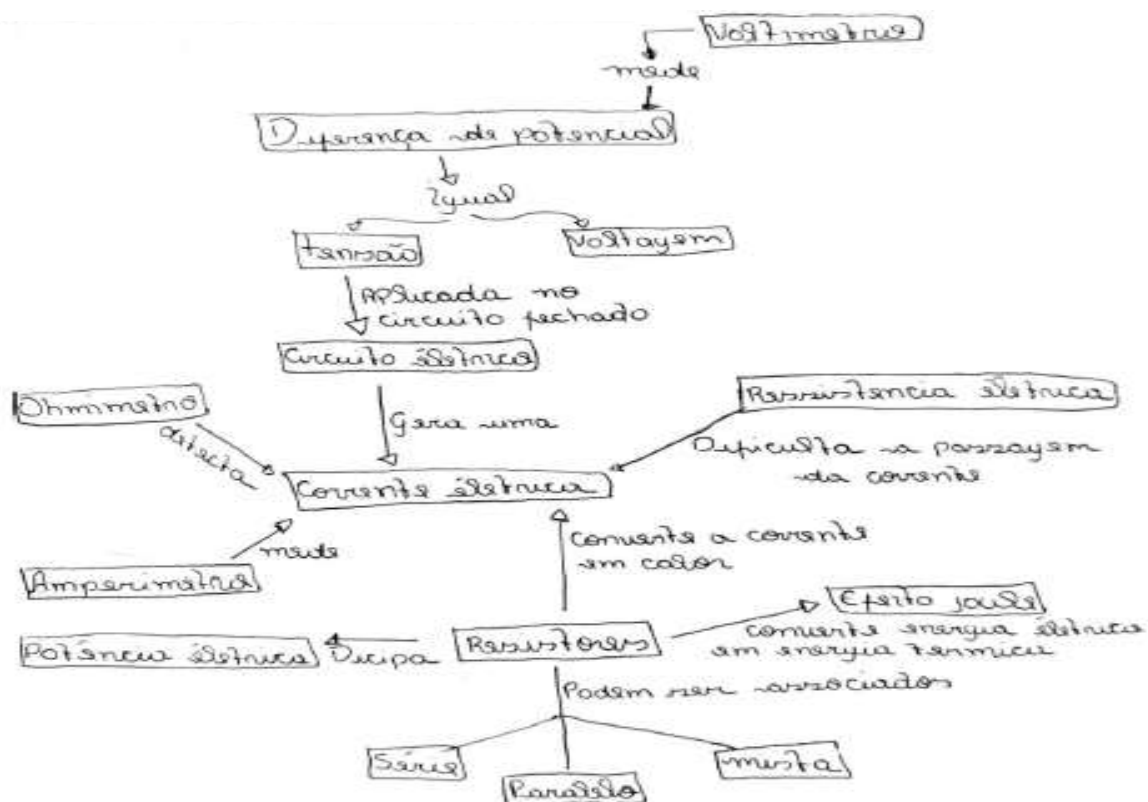


Figura 77 – Pós-mapas conceituais.

A10



A11



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Por outro lado, como se depreende das Figuras 76 e 77 – que apresentam os sete mapas conceituais produzidos pelos discentes após o processo de instrução com nossa

sequência didática, há um enriquecimento significativo na rede de significados que os alunos possuem no que diz respeito aos conceitos trabalhados ao longo do processo.

O processo de reconciliação integrativa (ou integradora) aconteceu de forma eficiente, pelo que se pode verificar da integração e agrupamento que os alunos fazem de conceitos como *diferença de potencial*, *tensão* e *voltagem*, agora agrupados sobre um mesmo significado; processo semelhante acontece também no que diz respeito aos conceitos relacionados aos dispositivos para medir em circuitos elétricos: *amperímetro*, *ohmímetro* e *voltímetro*. O que antes era um conjunto de palavras indistintas para os discentes, agora se agrupam sobre o mesmo significado de equipamentos para medidas elétricas no circuito.

Da mesma forma, acontece também a reconciliação integrativa dos conceitos de *associação mista*, *associação em série* e *associação em paralelo*, a partir do que os alunos começam a compreender que, embora distintos, representam formas de se associar resistores.

Simultaneamente, como previsto por Ausubel, e tão importante quanto, acontece o processo de diferenciação progressiva dos conceitos. Motivo pelo qual, embora os discentes associem *amperímetro*, *voltímetro* e *ohmímetro* sobre o mesmo significado de medidores para o circuito, ainda são capazes de diferenciá-los e compreender que medem coisas diferentes. Da mesma forma, no que diz respeito aos conceitos relacionados às formas de associação.

Além disso tudo, o enriquecimento mencionado no começo dessa discussão fica latente quando verificamos que os dois principais motivos de erros mencionados nos pré-mapas conceituais foram quase que totalmente eliminados nos pós-mapas conceituais. Quer dizer, além de estabelecerem conexões mais adequadas entre os conceitos disponíveis, os discentes foram capazes de estabelecer qual o tipo de relação que existe entre eles. Por exemplo: aluno 01 – *diferença de potencial* é igual *tensão* é igual *voltagem*; *amperímetro* mede *corrente elétrica* cuja intensidade é dificultada pela *resistência elétrica*; aluno 09 – *tensão* é igual *voltagem* é igual *diferença de potencial* que gera *campo elétrico* que forma *corrente elétrica* que é reduzida pela *resistência elétrica*.

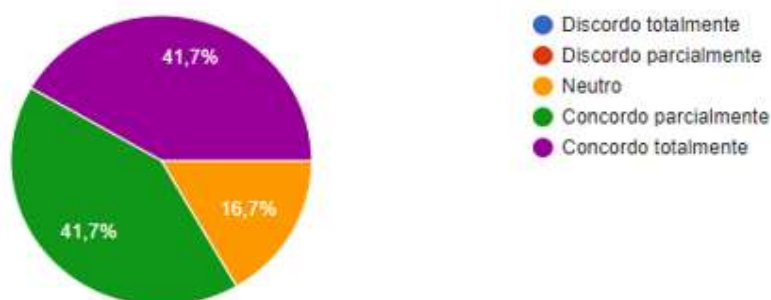
Não é difícil ver conexões tão ricas nos demais mapas conceituais das Figuras 61a e 61b. Todos estes resultados e, principalmente, a notável diferença entre os pré-mapas conceituais e os pós-mapas conceituais, apontam no sentido de que temos evidências para afirmar que o processo instrucional empreendido por meio de nossa sequência didática, como já pode ser observado de forma quantitativa na análise dos pré e pós-testes, foi potencialmente significativa para a maior parte dos discentes que participaram do processo.

6.2 QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste tópico dedicamo-nos a fazer uma leitura da visão/opinião dos estudantes acerca da sequência didática proposta na pesquisa. Para responder a esses questionamentos aplicou-se uma escala de atitudes do tipo Escala de Likert (Apêndice E). Os itens eram referentes às atitudes ou opiniões dos estudantes em relação à elementos constitutivos da sequência didática, a saber, textos, videoaulas, atividades experimentais com a maleta elétrica, atividades experimentais simuladas com os aplicativos do PhET, a proposta de interação com os colegas e demais atividades. Neste instrumento avaliativo foram propostas nove afirmações importantes que tinham relação direta com a estratégia didática utilizada, a respeito das quais os(as) alunos(as) deveriam se posicionar, assinalando a alternativa que melhor representasse seu sentimento a respeito do assunto abordado entre as opções: Discordo totalmente, Discordo parcialmente, Neutro, Concordo parcialmente e Concordo totalmente. Como o instrumento tem o objetivo de municiar o pesquisador sobre as atitudes e interesse dos estudantes, foram calculados os percentuais de alunos(as) que assinalaram cada uma das alternativas para a mesma afirmação, buscando informação sobre o nível de satisfação dos discentes quanto à sequência didática trabalhada.

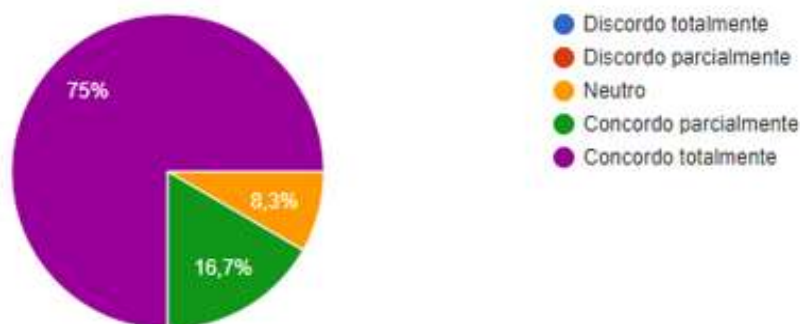
As afirmações 01,02 e 03 estavam relacionadas ao roteiro de aprendizagem ativa e tinham o objetivo de avaliar a clareza e linguagem do material, contribuição do roteiro para o aprendizado e a contribuição das videoaulas para compreensão dos textos. Para a afirmação 01 83,4% dos estudantes responderam entre concordam parcialmente e concordam totalmente; na afirmação 02, a grande maioria 91,7% responderam que concordam totalmente ou concordam parcialmente; para a afirmação 03, um total de 83,3% dos alunos responderam que concordam totalmente ou concordam parcialmente. Destaque-se, também, a completa ausência de avaliação negativa por parte dos discentes.

Figura 78 – Afirmação 01: Os textos do roteiro de aprendizagem ativa são claros e em linguagem acessível.



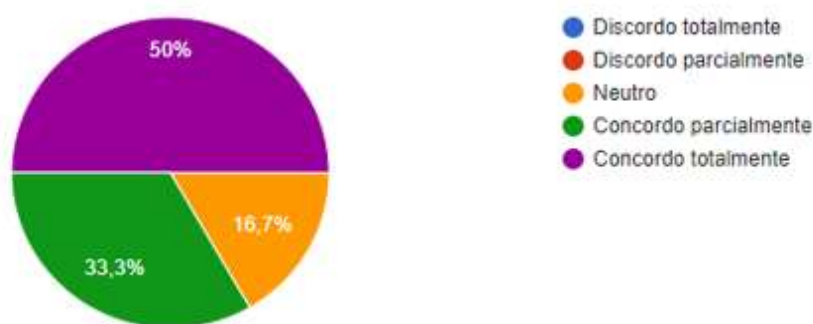
Fonte: Autoria Própria,(2021).

Figura 79 – Afirmação 02: Os textos do roteiro de aprendizagem ativa contribuem de forma significativa para o meu aprendizado.



Fonte: Autoria Própria,(2021).

Figura 80 – Afirmação 03: As videoaulas do roteiro de aprendizagem ativa são muito importantes para complementar a minha compreensão dos textos.

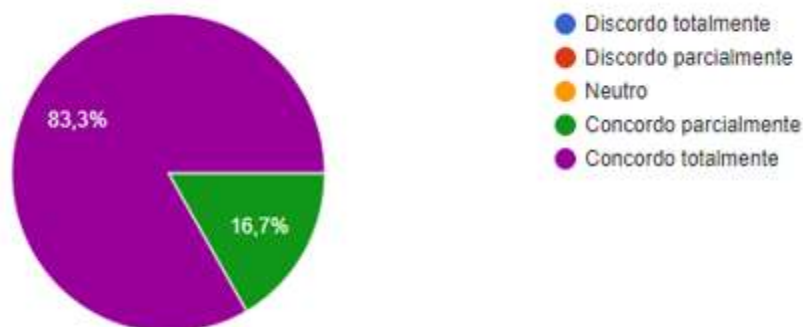


Fonte: Autoria Própria,(2021).

Diante da resposta dos estudantes, percebemos que se mostraram favoráveis à ideia do roteiro de aprendizagem ativa. Essa avaliação é importante e interessante, haja vista que a proposta era, de fato, algo novo para eles, exigia muito da sua autonomia e que um aluno chegou a relatar que em algumas aulas da sequência achou o roteiro um pouco grande. O que podemos verificar destes primeiros dados é que os alunos receberam positivamente e mantiveram o entusiasmo com essa proposta de apropriação dos conteúdos antes dos momentos de aulas.

Na afirmação 04 estávamos interessados em avaliar até que ponto as atividades experimentais realizadas com a maleta tinham, na percepção dos próprios alunos, contribuído para despertar o seu interesse e motivação. Como se pode observar da Figura 81, 100% dos estudantes avaliaram de forma positiva – concordam totalmente ou concordam parcialmente) – esse item da sequência didática. Novamente, nenhuma avaliação negativa foi registrada.

Figura 81 – Afirmação 04: As atividades experimentais realizadas com a maleta elétrica em sala contribuíram de forma significativa para o meu aprendizado.

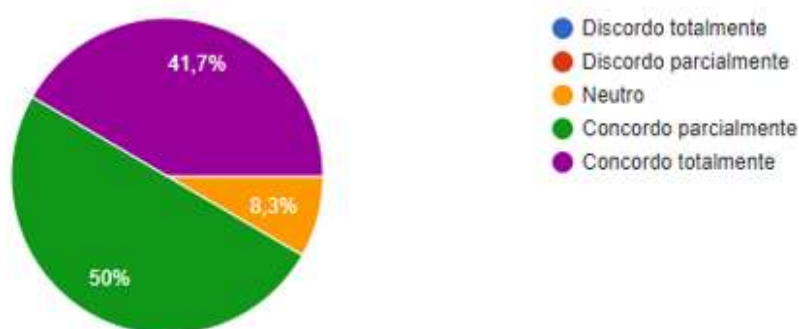


Fonte: Autoria Própria,(2021).

Esses valores revelam que todos os participantes da pesquisa aprovam e vêm nesse tipo de atividade um gatilho para despertar o interesse e a motivação e, consequentemente, o aprendizado.

Para o desenvolvimento da sequência didática foram planejadas duas atividades computacionais PhET e queríamos saber se, da perspectiva dos alunos, elas haviam contribuído para a compreensão dos conceitos estudados em sala. Como se depreende da leitura do gráfico abaixo (Figura 82, referente à afirmação 05 da escala de atitudes), 50% responderam que concordam parcialmente e 41,7% concordam totalmente. Novamente, não verificamos nenhuma manifestação negativa por parte dos alunos.

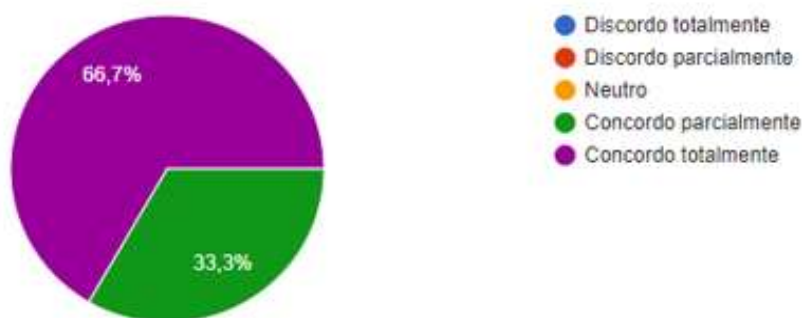
Figura 82 – Afirmação 05: As simulações computacionais PhET contribuíram de forma significativa para o meu aprendizado.



Fonte: Autoria Própria,(2021).

Podemos inferir por esses dados que os estudantes compreendem que esse tipo de atividade é de grande importância para sua aprendizagem.

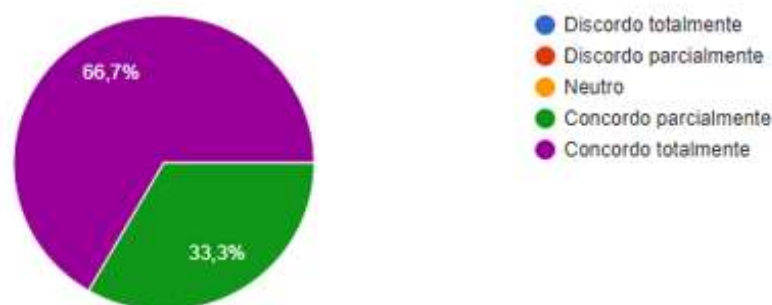
Figura 83 – Afirmação 06: O diálogo com os colegas durante as atividades experimentais com a maleta elétrica (em sala de aula) me fez perceber detalhes do conteúdo que eu ainda não havia notado.



Fonte: Autoria Própria,(2021).

Na afirmação 06 objetivamos sondar se o diálogo com os colegas durante os momentos de interação na realização das atividades experimentais propostas, haviam contribuído para a percepção de detalhes que eles ainda não tinham percebido individualmente. Verificamos que para 100% (entre concordo totalmente e concordo parcialmente) dos estudantes, o momento de interação favoreceu de alguma forma a construção de conceitos que, sem a negociação com os colegas, não haveria acontecido. A partir dos resultados, podemos afirmar que o material pedagógico confeccionado para a sequência didática, juntamente com a troca de conhecimento entre os alunos, possibilitou que estes atentassem para algumas situações de aprendizagem que sem a ajuda do colega não seria possível.

Figura 84 – Afirmação 07: As atividades propostas para casa e complementares contribuíram de forma significativa para o meu aprendizado.

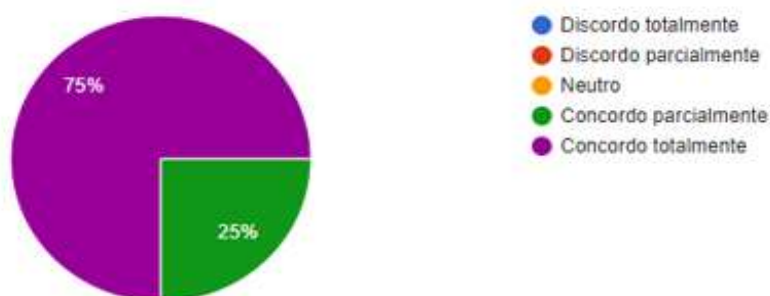


Fonte: Autoria Própria,(2021).

Na afirmação 07, estávamos interessados em sondar se, do ponto de vista dos alunos, as atividades propostas para casa/complementares, tinham contribuído ou não para o seu processo de aprendizagem. Novamente, 100% dos discentes responderam afirmativamente. Diante dos dados obtidos podemos observar que os estudantes viram nas atividades uma possibilidade para auxiliar o seu aprendizado e ampliar os seus conhecimentos, haja vista, que

as questões propostas permitiam fazer uma revisão conceitual, ver como aquele conteúdo poderia ser abordado em situações do cotidiano e como ele era cobrado nas avaliações externas (ENEM).

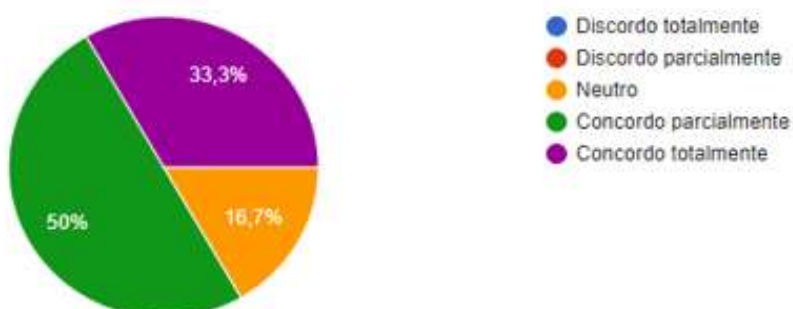
Figura 85 – Afirmação 08: A forma como as aulas da sequência foram organizadas, isto é, com aula expositiva e dialogada, simulações computacionais PhET, atividades experimentais e atividades para casa – permitem que eu aproveite o máximo possível do meu potencial e me propiciam o máximo de aprendizagem.



Fonte: Autoria Própria,(2021).

Na afirmação 08, estávamos interessados em compreender a concepção dos estudantes sobre a organização das aulas propostas na sequência e se a forma como foram organizadas contribui para despertar o seu potencial e promover o máximo de aprendizagem. A totalidade dos estudantes (entre concordo totalmente e concordo parcialmente), acreditam que a forma como ela foi organizada contribuíram para atender suas potencialidades e proporcionaram situações favoráveis a aprendizagem. Muito provavelmente, essa avaliação positiva por parte dos discentes tem relação direta com o caráter de personalização que se tenta com a sequência didática, fornecendo ao aluno, em alguns momentos, material para que ele trabalhe ao seu tempo, enquanto em outros momentos, solicita dele a participação colaborativa com seus colegas ajudando ou sendo ajudado.

Figura 86 – Afirmação 09: A rotatividade de atividades, isto é, a constante variação das atividades durante uma aula é importante, tendo em vista que não consigo manter o foco por muito tempo em uma mesma atividade.



Fonte: Autoria Própria,(2021).

Na afirmação 09, estávamos interessados em sondar se a rotação de atividades durante a aula contribuía para que se mantivessem focados durante a aula. Aqui, mais uma vez, percebemos uma avaliação essencialmente positiva dos discentes (33,3% concordam totalmente e 50% concordam parcialmente). A partir dos resultados podemos verificar que os alunos(as) que participaram da pesquisa acreditam, em sua maioria, que a rotação de atividades utilizada em sala de aula contribui de forma significativa para que ficassem focados na aula. As respostas dos alunos vão ao encontro ao que foi observado nas aulas, através de sua participação e interação nas atividades propostas. Essa avaliação positiva é uma manifestação da característica dinâmica dos jovens de nossas salas de aulas. Ela reafirma a necessidade de proporcionarmos uma aula rica em atividades variadas a fim de que os alunos não se entediem realizando atividades longas e monótonas.

Afirmação 10: Faça seus comentários sobre a metodologia que foi adotada ao longo da sequência didática.

Na afirmação 10, que era dissertativa, os alunos tiveram a oportunidade de realizar uma autoavaliação e descrever alguns dos momentos que foram mais marcantes para eles durante a aplicação da sequência didática. Abaixo, seguem algumas transcrições retiradas das respostas dos discentes:

Aluno 1: A metodologia foi excelente, o conteúdo foi trabalhado de forma clara e didática, chamando a atenção dos alunos.

Aluno 2: Muito dinâmica e isso é bom, o diálogo entre os outros estudantes também contribui muito para o entendimento geral

Aluno 3: A metodologia foi ótima a ponto de eu poder compreender mais sobre o conteúdo abordado

Aluno 4: Uma ótima metodologia, bem diversificada, interessante e dinâmica, assim chamando mais atenção do aluno.

Aluno 5: A metodologia usada foi muito interessante pois ajudou a chamar a atenção e fez com que fosse mais fácil aprender.

Aluno 6: A maneira como as aulas foram planejadas foi bem interessante, pois consegue envolver os estudantes, quando percebemos a aula tem ter terminado. Gostei muito das atividades com a maleta, elas permitem que os estudantes conversem dentro do grupo sobre o conteúdo e coloque o seu ponto vista. As atividades propostas para casa são bem interessantes, permitem fazer uma relação do assunto abordado em sala com situações do cotidiano do aluno e como ele é cobrado no ENEM.

Aluno 7: A metodologia utilizada foi muito legal, pois permitia que os estudantes colocassem suas ideias sobre o conteúdo e a participação constante nas aulas. Gostei muito das discussões em torno das atividades dentro do grupo e no momento da apresentação. As atividades para casa eram bem interessantes, pois mostravam como aquele conteúdo era cobrado no ENEM e fazia ligação com algumas situações do dia-a-dia do aluno, o professor usou algumas imagem nas questões de situação do cotidiano do aluno.

Aluno 8: Uma metodologia muito boa, chamativa para os aluno, com material de simulação, atividades interativas, ajudaram a concretizar o conteúdo passado nas aulas.

Aluno 9: Metodologia muito interessante, permite que os alunos coloquem suas opiniões sobre o que pensam e a interação com os colegas. As atividades experimentais e o diálogo com os colegas ajudaram muito na compreensão do conteúdo. As atividades para casa ajudavam na compreensão dos conceitos e a entender como aquele assunto era cobrado no ENEM.

Aluno 10: Não tenho muito a comentar, contudo foi uma experiência muito boa e dinâmica além de despertar a curiosidade.

Aluno 11: A metodologia utiliza foi bem interessante, pois permite que o aluno coloque suas ideias e converse com os colegas sobre o assunto. Achei que em algumas aulas tinham muita atividades.

Aluno 12: Achei legal, as diferentes atividades durante a aula faz com que o aluno não perca o foco. Desse jeito a aula passa muito rápido e é bem mais fácil de aprender.

Diante das respostas dos alunos, verificamos que os discentes que participaram da pesquisa acreditam, em sua maioria, que o cronograma da sequência didática e as metodologias utilizadas em sala de aula influenciaram direta e positivamente na sua motivação e no seu processo de aprendizagem.

Enfim, o produto educacional proposto nesta pesquisa mostrou-se potencialmente significativo para o desenvolvimento da aprendizagem do aluno, podendo servir de molde para a construção de sequências didáticas a serem utilizada com outros conteúdos, pois favorece aspectos relevantes do processo de ensino-aprendizagem. O que chamou mais atenção nesse trabalho, foi a capacidade dos estudantes para solucionar problemas em um novo contexto com diferentes graus de dificuldade e da proposição de soluções, quando estes estão relacionados ao seu cotidiano.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Física contemporâneo convive com o desafio permanente de promover uma aprendizagem significativa, em que o aluno possa correlacionar os conteúdos ensinados em sala de aula com situações do seu cotidiano. Nesse contexto, contribui, também, para a permanência dessa dificuldade, o fato de não serem implementadas, por alguns professores, abordagens mais interativas e contextualizadas do conteúdo, o que acaba gerando uma insatisfação e desinteresse por parte do discente, pois este não consegue perceber o significado ou a validade do que estuda, resultando em uma aprendizagem fragmentada e descontextualizada.

Por outro lado, as atividades experimentais, quando utilizadas adequadamente, foram citadas, por vários pesquisadores como uma proposta para suavizar esse quadro e preencher as lacunas não supridas pela metodologia de ensino tradicional, visto que, estas, quando organizadas a partir do conhecimento prévio do aluno e integrando situações cotidianas ao contexto da aula, tendem a favorecer o aprendizado de conceitos novos.

Com a instrução do produto educacional, foi possível acompanhar a evolução conceitual dos educandos no que diz respeito aos conceitos fundamentais da eletrodinâmica ministrados na 3ª série do ensino médio, na qual as simulações computacionais PhET, as atividades experimentais com o kit maleta elétrica, juntamente com o diálogo e a troca de informações, mostraram-se como uma estratégia didática eficiente para a motivação e para ativar a predisposição de aprender do estudante, instigando o aluno a pensar a Física não apenas do ponto de vista teórico, mas também como algo a ser vivenciado no seu dia a dia.

É importante considerar que as atividades experimentais em si não esgotam o universo de possibilidades para o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem da Física. A contribuição desta abordagem pedagógica está em apresentar aos docentes uma alternativa que contempla uma metodologia em que o estudante é estimulado a interagir com os conteúdos da Física numa perspectiva de desenvolvimento conceitual. Obviamente, apesar dos bons resultados obtidos, esta proposta deverá ser continuamente avaliada, adaptada ou até mesmo modificada a fim de que cumpra os seus objetivos.

O desenvolvimento desse trabalho exigiu, em alguns momentos, a revisão da metodologia de execução em função de fatos como a questão dos estudantes terem ficado um bom tempo fora da sala de aula por conta da pandemia da COVID-19. É importante destacar que, mesmo com o cenário desfavorável aos encontros presenciais, os estudantes sempre se mostraram disponíveis para interagir com as atividades propostas, principalmente as

atividades experimentais, nas quais podiam trocar informações e socializar as dúvidas e os novos saberes construídos.

A importância do olhar vigilante, por parte do professor, sobre a metodologia evidencia um dos pontos essenciais na implementação de aulas mais produtivas no sentido da aprendizagem significativa. É preciso oportunizar a reavaliação da abordagem sempre que necessário, focando o princípio de que o estudante se posicione como sujeito do processo da aprendizagem e no qual o professor de Física mantenha o papel de mediador e motivador, evitando direcionar a aula para o modelo tradicional, em que o professor é um palestrante, e o livro didático o único material de suporte. Em suma, não adianta ter os recursos se a metodologia não é ajustada ao contexto dos estudantes.

Entendemos que nosso produto educacional tem potencial para motivar outros profissionais a vivenciar o uso de atividades experimentais no ensino de Física. Nesse sentido, pretendemos fazer parceria com a Secretaria Municipal de Educação de Jaguaruana-CE, para compartilhar nossa prática com os professores de ciências do 9º ano (na semana pedagógica de 2022). A ideia é que os professores sejam motivados para fazer uso dessa abordagem já a partir do 9º ano. Ainda se pretende produzir um artigo completo a fim de que seja publicado em revistas da área com dados do trabalho.

Importa destacar que o que obtivemos não tem poder de generalização, tendo em vista que se trata de um estudo de caso. Entretanto, no sentido de trazer maior generalidade aos resultados aqui obtidos, pretendemos, como perspectiva de trabalho futuro, posteriormente à formação que será proposta aos professores do ensino fundamental da cidade de Jaguaruana-CE, acompanhar o desenvolvimento de atividades experimentais problematizadas por aqueles professores que se propuserem a assim fazer. A partir desse acompanhamento, pretendemos gerar dados que nos permitam fazer uma análise mais precisa dos resultados que já obtivemos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, João Baptista de. A evolução do ensino de física no Brasil. **Revista de Ensino de Física**, v. 1, n. 2, p. 45-58, 1979.
- AMARAL, I. A. Conhecimento formal, experimental e estudo ambiental. **Ciência e ensino**, Campinas, nº .3, dez. 1997.
- ANASTASIOU, L.; ALVES, L. P. **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. 8. Ed. Joinville: UNIVILLE, 2009.
- AUSUBEL, D. P.; Novak, J. D.; HANESIAN, H.; **Educational Psychology**: a cognitive view. 2nd Ed. Nova York, Holt Rinehart and Winston, 1978.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- BERBEL, Neusi. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia do estudantes**. Seminário: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.
- BRASIL. Ministério da educação. Secretária de Educação Básica. **PCN+ ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2002.
- CARVALHO, A.M.P. VANNUCCHI, A. I. e BARROS, M. A. **Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 2007.
- DOLAN, E. L.; COLLINS, J. P. We must teach more effectively: here are four ways to get started. **Molecular Biology of the Cell**, v. 26, n. 12, 2015. Disponível em: <<http://www.molbiolcell.org/content/26/12/2151.full>>. Acesso em: 2 maio 2019.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2002.
- FREIRE; PAULO. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 54.ed. Rio de Janeiro – RJ: Paz e Terra, 2016.
- GANDIN, D. **A prática do planejamento participativo**. 2. Ed. Petrópolis: Vozes, 1994.
- GIL, A. C. **Metodologia do ensino superior**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca, N. Y. : Cornell University Press, 1981.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física. - Vol. 3 - Eletromagnetismo**, 10ª edição. LTC, 06/2016. Disponível em: <<https://.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-ac>>. Acesso em: 27 dez. 2020.

HODSON, D. **Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio**. Enseñanza de Las Ciências, v. 12, n.3, p. 299-313, 1994.

MACHADO, Kleber Daum, **Teoria do Eletromagnetismo Volume 2**, Ed. UEPG, Ponta Grossa, 2002.

MACHADO, Kleber Daum, **Teoria do Eletromagnetismo Volume I**, Ed. UEPG, Ponta Grossa, 2007.

MORAN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. In: **Coleção Mídias Contemporâneas, Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**. P. 15-33, 2015.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. S. **Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo. Editora Centauro, 2005.

MORTIMER, E. F. **Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química**: mudança conceitual e perfil epistemológico. Química Nova, vol. 15, nº .3, p.242-249, 1992.

NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano. Edições Técnicas, 1996.

OHM, George Simon, **Einige elektrische Versuche**. Jahrbuch der Chemie und Physik, 1827, p. 1-8

PHET. **Circuit Construction Kit (AC+DC)**. 2020. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc. Acesso em: 17 ago. 2020.

POLETTI, N; **Estrutura e Funcionamento do Ensino Fundamental**. 26ª ed. São Paulo: Ática, 2001.

RISOTO, Berenice Álvares. **O ensino de ciências e a experimentação**. Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas, 2003.

R.R. HAKE, American Journal of Physics 66, 64, 1998

SILVA, A. L. S. da; FERREIRA, M.; PEREIRA, S. M.; SILVA FILHO, O. L. da. Atividade experimental problematizada (AEP): revisão bibliográfica em descritores na área de ensino de ciências. **Pesquisa e Debate em Educação**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 459–471, 2019. DOI: 10.34019/2237-9444.2019.v9.31125. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/RPDE/article/view/31125>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SILVA, André Luís Silva da. **Ensino Experimental de ciências**: atividade experimental problematizada (AEP). São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

SOUSA, Cacilda da Silva; Alessandro Giraldes; PAZIN-FILHO, Antonio. **Estratégias inovadoras para métodos de ensino tradicionais – aspectos gerais**. Medicina, v. 47, n. 3, p.284-292, 2014.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

KIT MALETA ELÉTRICA: SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM
ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM EXPERIMENTAIS



Júlio Sergio Pereira Rebouças

Produto Educacional de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Nunes Coelho

Mossoró

2020

SUMÁRIO

1	O PRODUTO EDUCACIONAL	3
1.1	A MALETA ELÉTRICA	4
1.3	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	10
Apêndice A1	Atividade Experimental 1 – Condutores e Isolantes	15
Apêndice A2	Lista de Exercícios para casa 1 - Corrente elétrica e Condutibilidade	17
Apêndice A3	Lista de Exercícios para casa 2	20
Apêndice A4	Atividade para casa 3 - Associação de Resistores	23
Apêndice A5	Guia de trabalho para construção virtual de circuitos elétricos PhET	27
Apêndice A6	Atividade Experimental 2 – Associação de resistores em série	29
Apêndice A7	Atividade Experimental 3 – Associação de resistores em paralelo	31
Apêndice A8	Atividade Experimental 4 – Associação em série com resistores em curto-circuito	33
Apêndice A9	Lista Complementar	35
Apêndice A10	Atividade Experimental 5 – Potenciômetro	39
Apêndice A11	Atividade Experimental 6 – Medidas Elétricas	41
Apêndice A12	Atividade para casa 2 - Potenciômetro e Medidas Elétricas	44
Anexo A	Roteiro de Aprendizado Ativo 1.....	47
Anexo B	Roteiro de Aprendizado Ativo 2	49
Anexo C	Atividade Complementar 1	58
Anexo D	Roteiro de Aprendizado Ativo 3.....	59
Anexo E	Roteiro de Aprendizado Ativo 4.....	65
	Referências	68

APRESENTAÇÃO

O presente produto educacional é uma sequência didática compostas por aulas dialogadas, teóricas e experimentais utilizando o Kit Maleta Elétrica (confeccionado pelos autores) com o intuito de compreender como essas atividades podem ser incorporadas ao processo de ensino, do conteúdo de eletrodinâmica da 3ª série do ensino médio e como podem facilitar a construção desse conhecimento e, conseqüentemente, a aprendizagem dos educandos. De modo, que o discente se sinta motivado para aprender e participar efetivamente de sua aprendizagem.

Para o desenvolvimento das Atividades Experimentais Problematizadas (AEP), propostas na nossa pesquisa, desenvolvemos um aparato (Kit Maleta Elétrica), por acreditar que o seu uso junto com as atividades propostas nos moldes de uma AEP, proporcionará uma abertura de diálogo e a troca de informações sobre os conceitos discutidos, além de permitir ao estudante usar seus próprios modelos de circuito na construção da aprendizagem e estimular o autogerenciamento de seu aprendizado.

Esta pesquisa foi fundamentada nos conceitos de metodologia ativa, aprendizagem significativa, mapas conceituais e atividades experimentais problematizadas, nas quais o estudante é o centro do próprio processo de aprendizagem e gere a evolução das ações. Nesse sentido, o professor de Física deve considerar que, conforme Freire (2002), “[...] desde o princípio mesmo de sua experiência formadora, assumindo-se como sujeito também da produção do saber, se convença definitivamente de que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção”. Dessa forma, é evidenciado que o ensino e aprendizagem devem ser entendidos como uma unidade, esse entendimento será um fator relevante para estabelecer uma relação entre o que se aprende na escola e o que se presencia na vida cotidiana.

Portanto, recomenda-se ao professor interessado na aplicação deste produto educacional privilegiar a criação de situações de aprendizagem levando em consideração o conhecimento prévio do aluno e integrar situações do seu cotidiano ao contexto da aula.

A sequência didática aqui apresentada, é resultado da nossa participação no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Sociedade Brasileira de Física (SBF), do polo 09 ligado à Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA).

Deste modo, esse material deverá servir de apoio ao professor para contribuir no processo ensino e aprendizagem, sem nenhum impedimento de realização de adequações.

1 O PRODUTO EDUCACIONAL

O produto consiste de uma sequência didática que contemplará cinco encontros de 100 min ao longo de cinco semanas, compostas por aulas dialogadas, teóricas e experimentais utilizando o Kit Maleta Elétrica para estudo de conceitos da eletrodinâmica (fabricada com materiais acessíveis ou reutilizáveis), simulações de circuitos (PhET), listas de exercícios, atividades complementares, roteiro de aprendizagem ativa, quadro branco e pincel.

Dentre outros, destaca-se o objetivo de inserir conceitos fundamentais da eletrodinâmica para alunos da 3ª série do ensino médio, da Escola de Ensino Médio Francisco Jaguaribe, em Jaguaruana – CE. Dessa forma visamos trabalhar vários conceitos no que se refere à eletrodinâmica, destacamos:

- Diferença de potencial
- Corrente elétrica
- Resistência elétrica e leis de Ohm
- Potência elétrica
- Efeito Joule
- Circuitos elétricos
- Associação de resistores: série, paralela, mista
- Potenciômetro
- Curto-circuito
- Medidas elétricas

Em conjunto com esses conceitos fundamentais, foram trabalhados outros, dentre eles:

- Efeitos da corrente elétrica
- Condutores e isolantes
- Lâmpada incandescente
- Lei dos nós
- Fusíveis
- Choque elétrico e suas consequências
- Aterramento residencial
- O quilowatt-hora (kWh)

Para esta sequência didática são propostas seis atividades experimentais, sendo elas:

- Atividade Experimental 1 - Condutores e isolantes – APÊNDICE A1
- Atividade Experimental 2 - Circuitos com associação de resistores em série - APÊNDICE A6
- Atividade Experimental 3 - Circuitos com associação de resistores em paralelo - APÊNDICE A7
- Atividade Experimental 4 - Circuitos associados em série em curto-circuito - APÊNDICE A8
- Atividade Experimental 5 – Potenciômetro - APÊNDICE A10
- Atividade Experimental 6 - Medidas elétricas em circuito: voltímetro e amperímetro - APÊNDICE A11

1.1 - A MALETA ELÉTRICA

Para a construção da maleta elétrica procurou-se usar material de preço acessível e, quando possível, fizemos a reutilização ou adaptação de alguns materiais, como por exemplo, o controlador de velocidade do ventilador de parede, a alça da mala, fechadura, resistência de chuveiro elétrico, soquete de lâmpada de moto, etc.

O uso dessas atividades experimentais no ensino de Física como sustentação ao processo de ensino e aprendizagem, utilizando material de baixo custo, é uma importante ferramenta para minimizar o desinteresse e as dificuldades apresentadas pelos estudantes no seu processo de aprendizado.

Para a construção da maleta, utilizou-se uma base de compensado de 12 mm de dimensões 40 cm x 89 cm, dobradiças, parafusos, cola, mangueira, fios e raio de bicicleta. Para o circuito foram utilizados: cabos de 2,5 mm de cores diferentes, tomadas, plugues, interruptor (liga/desliga), mangueira de soro, fita isolante, estilete e parafusos.

Abaixo listamos o material e o valor gasto para fabricação da maleta elétrica. As Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 representam o produto com o material listado abaixo.

Tabela 1. Material e valor gasto para fabricar o produto

VERSÃO DO PRODUTO COM CORRENTE CONTÍNUA (CC)		
MATERIAL UTILIZADO	VALOR UNIDADE	TOTAL
Base de madeira de dimensões 40 cm x 89 cm	15,00	15,00
Três pares de dobradiça	2,00	6,00
Seis tomadas “fêmeas”	3,00	18,00
Sete plugues	2,00	14,00
2,5 m de fio de 2,5 mm	1,00	2,50
Dois interruptores	2,50	5,00
Cinco pares de garras tipo jacaré	1,00	5,00
Três soquetes + lâmpadas (5 W, 12 V)	3,00	9,00
Um multímetro	25,00	25,00
Fonte Colmeia 12v 10a 120w Bivolt	45,00	45,00
TOTAL		144,50

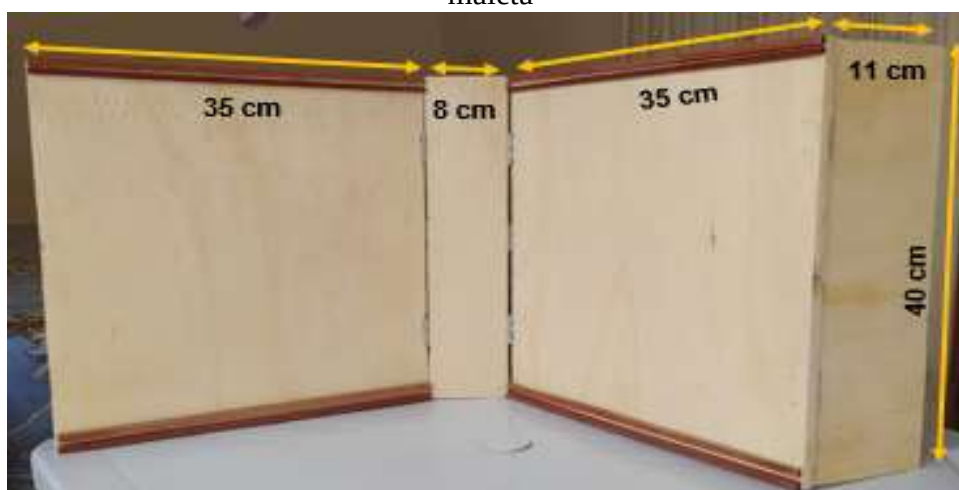
Fonte: mercado local/ maio 2020.

Tabela 2. Material e valor gasto para fabricar o produto

VERSÃO DO PRODUTO COM CORRENTE ALTERNADA (CA) E (CC)		
MATERIAL UTILIZADO	VALOR UNIDADE	TOTAL
Base de madeira de dimensões 40 cm x 89 cm	15,00	15,00
Três pares de dobradiça	2,00	6,00
Seis tomadas “fêmeas”	3,00	18,00
Quatro plugues	2,00	8,00
2,5 m de fio de 2,5 mm	1,00	2,50
Dois interruptores	2,50	5,00
Três soquetes para lâmpadas	2,50	7,50
Três lâmpadas amarelas de 15 W	3,00	9,00
Uma lâmpada de 40W ou 60 W	3,00	3,00
Três soquetes + lâmpadas (5 W, 12 V)	3,00	9,00
Cinco pares de garras tipo jacaré	1,00	5,00
Um multímetro	25,00	25,00
Fonte Colmeia 12v 10a 120w Bivolt	45,00	45,00
TOTAL		158,00

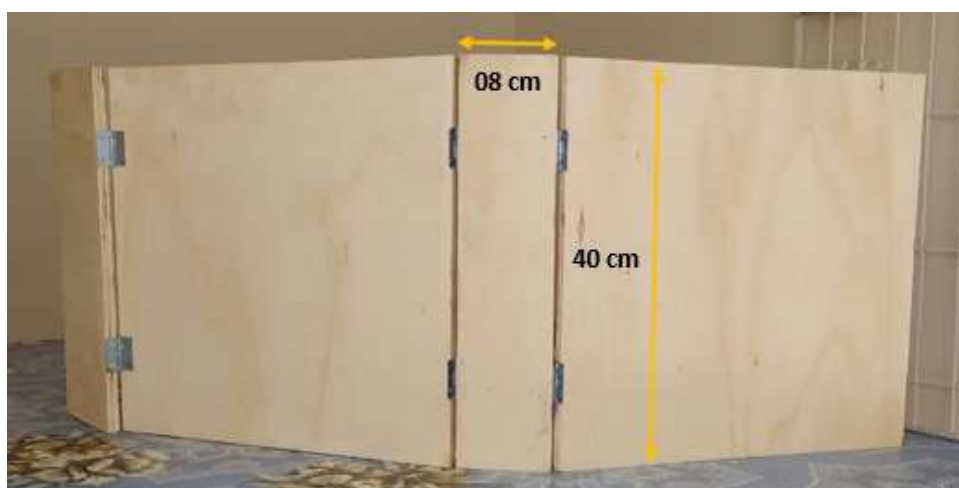
Fonte: mercado local/ maio 2020.

Figura 1 - Base de madeira 40 cm x 89 cm, cortada em quatro retângulos para construção da maleta



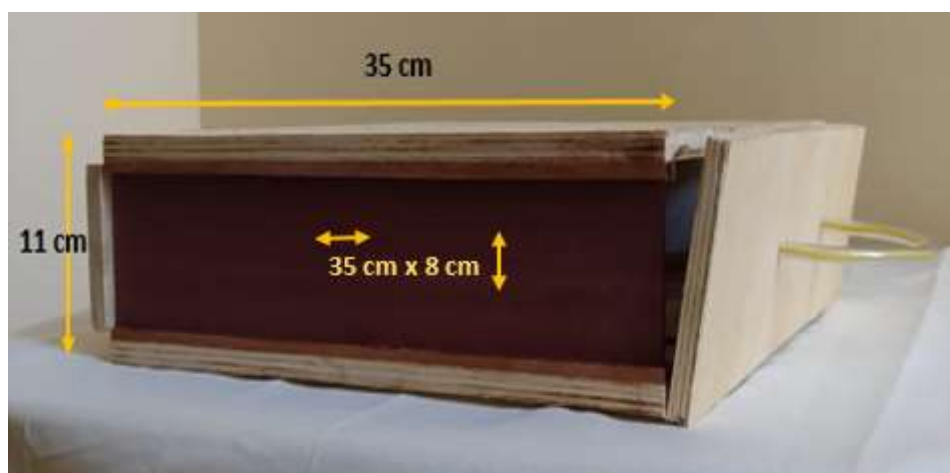
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 2 - Maleta vista por trás



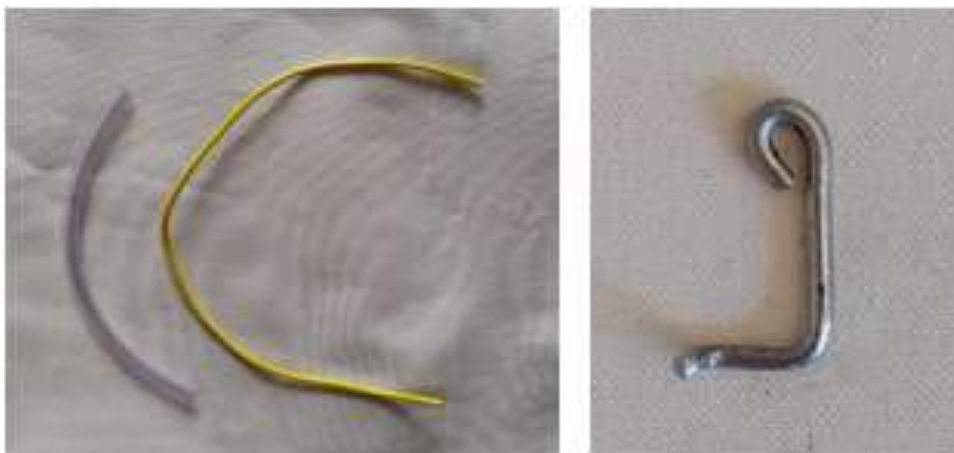
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 3 - Maleta vista de lado



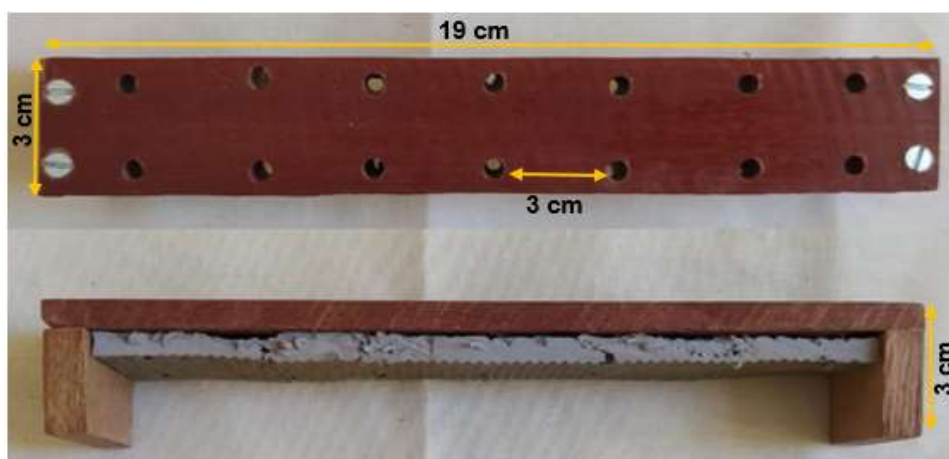
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 4 - Alça (fio e mangueira) e fechadura (raio de moto) da maleta



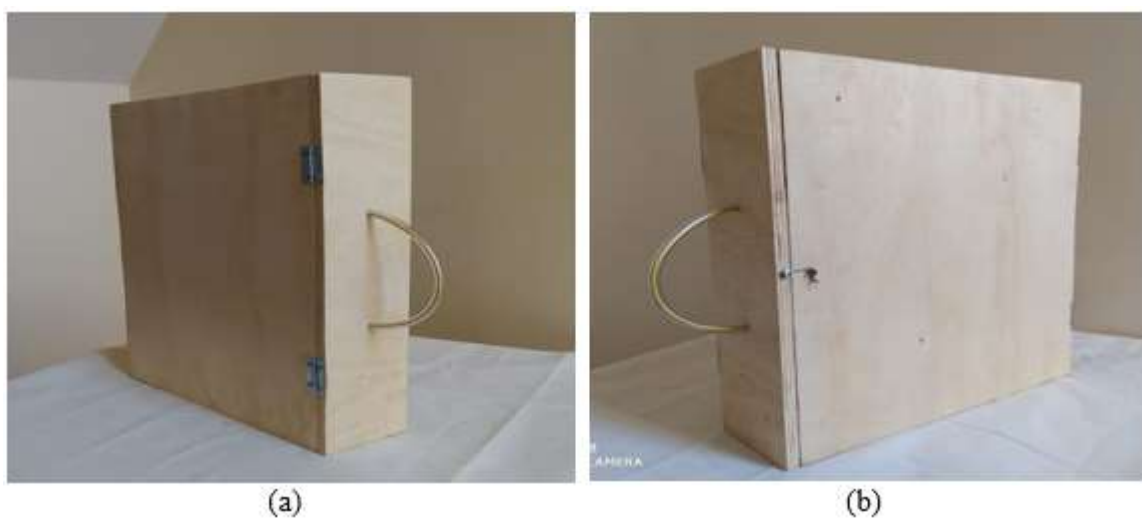
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 5 - Suporte para colocar lâmpadas e tomadas



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura - 6 (a) e 6 (b): maleta vista de perfil

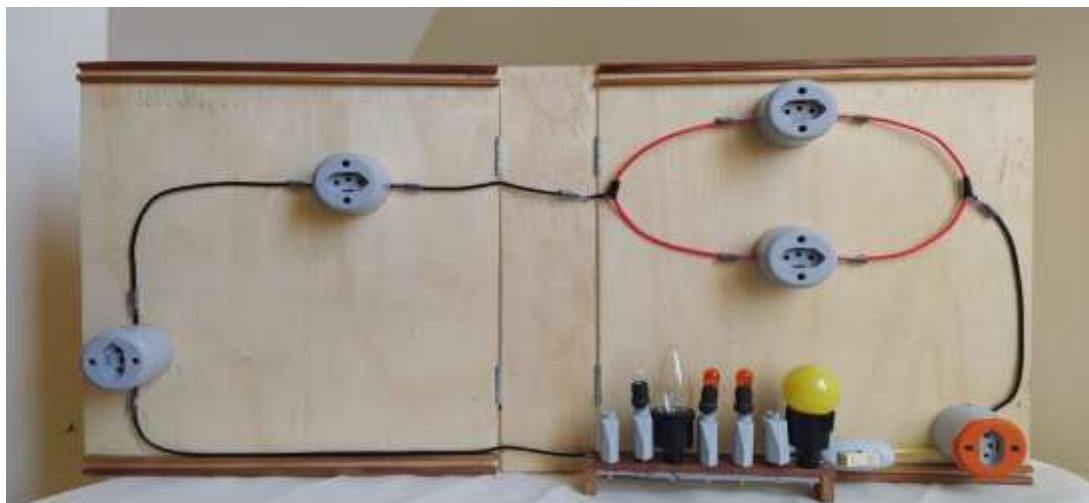


(a)

(b)

Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 7 - Maleta com o circuito para realização das atividades experimentais



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 8 - Plugue com lâmpada de 12 V, P 21 W e 3 W



Fonte: Autoria própria (2020)

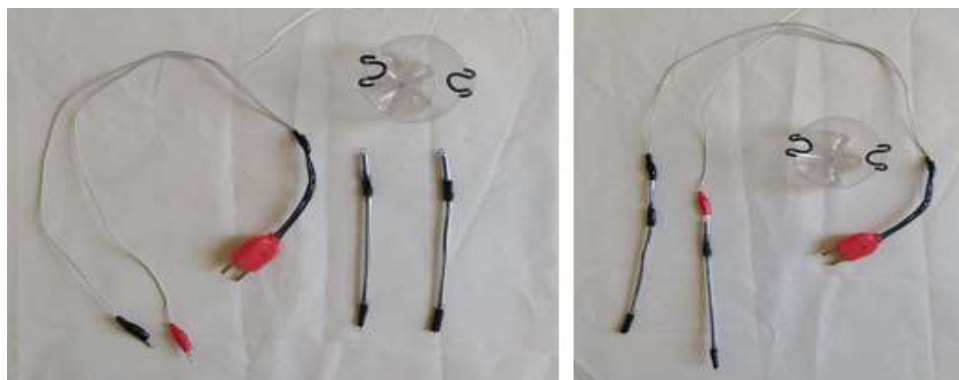
Figura 9 - Conectores para inserir no circuito da maleta elétrica



Fonte: Autoria própria (2020)

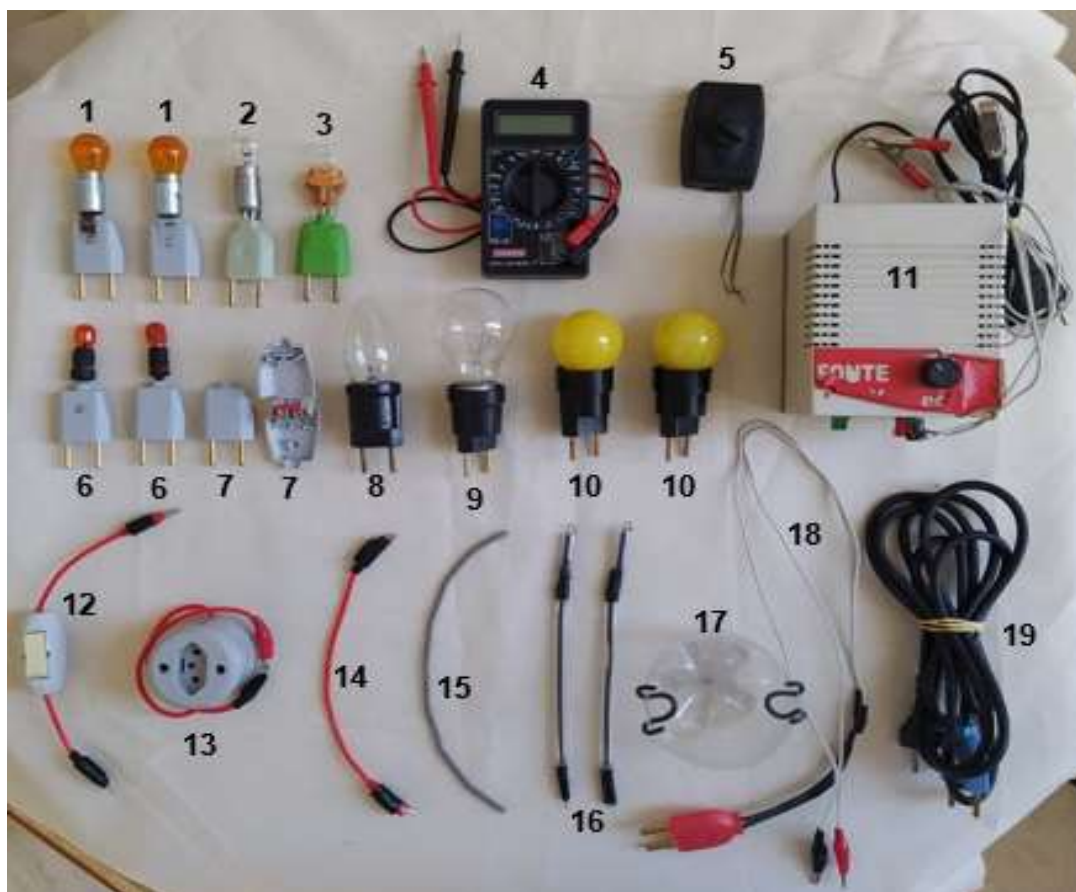
Para a construção do cabo de prova, foram utilizados: 1 plugue, 1 metro de fio de 1,5 mm, 2 corpos de caneta, fita isolante e meio metro de fio de 2,5 mm rígido. Já para a construção do recipiente foi utilizada uma garrafa pet de 1 litro.

Figura 10 - Cabo de prova para testar materiais, suporte colocar materiais líquidos



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 11 - Componentes para inserir no circuito da Maleta Elétrica



Fonte: Autoria própria (2020)

1 – lâmpada de 21 W -12 V com soquete e plugue;

2 – lâmpada 21/5 W – 12 V com soquete e plugue;

- 3 – lâmpada de 15 W -12 V com soquete e plugue;
- 4 – multímetro;
- 5 – controlador de velocidade de ventilador (usar como potenciômetro);
- 6 – lâmpada de 3 W -12 V com soquete laranja;
- 7 – plugue conector;
- 8 – lâmpada 25 W – 220 V com soquete;
- 9 – lâmpada 40 W – 220 V com soquete;
- 10 – lâmpada 15 W – 220 V com soquete;
- 11 – fonte de tensão variável 0 -12 V;
- 12 – conector com chave liga/desliga;
- 13 – conector com tomada;
- 14 – conector simples;
- 15 – resistência chuveiro elétrico;
- 16 – pontas de prova;
- 17 – recipiente colocar substâncias líquidas;
- 18 – cabo com pontas jacarés;
- 19 - extensão 1,5 m.

A maleta elétrica pode ser utilizada para realizar atividades com corrente alternada ou contínua. Tendo, ambas as versões, potencial para abordar os mesmos conceitos e atividades experimentais, optei por realizar algumas atividades usando tensão CA de 220 V e outras usando uma tensão CC de 12 V. Sendo indicado para os estudantes manipular a versão com corrente contínua, por não apresentar risco de choque. Alguns itens não foram citados por ser material reutilizável.

1.2 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Os encontros aconteciam todas as semanas, com tempo de 100 minutos.

Na semana anterior a cada encontro será disponibilizado para o aluno um roteiro de aprendizagem ativa (com textos, questões com indagações feitas ao longo do texto e *links* de videoaulas), correspondente ao conteúdo da próxima aula. Sendo necessário devolver para o professor, antes do encontro referente àquele conteúdo, as questões com as indagações feitas ao longo do texto com suas contribuições, através do Google Formulário. Deseja-se, assim,

identificar os conhecimentos prévios dos alunos a fim de explorar os seus subsunçores e criar condições para ligar o novo conhecimento com algo que ele já conhece. Os materiais de apoio serão disponibilizados através da plataforma virtual *Google Classroom* (*Google sala de aula*). Para os estudantes sem internet ou aplicativo, será disponibilizado o mesmo material impresso.

Encontro 01: Aula Com o Aparato e Atividade Experimental 1

Na semana anterior ao primeiro encontro, disponibilizar o Roteiro de Aprendizagem Ativa 1 (ANEXO B). Antes do primeiro encontro, em data pré-estabelecida pelo professor, os alunos devem devolver o roteiro de aprendizagem ativa respondido. Inicia-se a aula com um slide montado pelo professor. Deve-se discutir os conceitos de portadores de cargas elétricas, corrente elétrica, voltagem, relação entre voltagem e corrente, sentidos da corrente, além da definição da grandeza física corrente elétrica e suas unidades de medida. Discutir os efeitos da corrente elétrica em equipamentos presentes no cotidiano do aluno como: lâmpada incandescente, lâmpada fluorescente, ventilador e torradeira. Leitura e interpretação das informações contidas em um carregador de celular.

Em seguida, apresentar a maleta elétrica e os componentes que fazem parte dela, num diálogo aberto com o grupo, permitindo que eles emitam suas opiniões e dúvidas sobre os conteúdos. Na sequência discutir os principais componentes utilizados na construção de um circuito elétrico simples, tais como, fontes, fios, interruptores, lâmpadas e fusíveis. E logo após, realizar atividade experimental 1 (APÊNDICE A1), numa tentativa de tornar o conteúdo menos abstrato, relacionando o conteúdo da disciplina com o conhecimento que ele já possui.

Por fim, uma lista de exercícios para casa 1, montada pelo professor (APÊNDICE A2), cujo o foco era abordar os conceitos em situações do cotidiano do aluno, numa tentativa de levar o aluno a fazer uma conexão do novo conhecimento com situações da vida diária, é entregue aos alunos como suporte para o próximo encontro, foi disponibilizado um roteiro de aprendizagem ativa 2 (ANEXO C).

Encontro 02: Aula Expositiva Dialogada 1 e Experimental- Resistência Elétrica, Leis de Ohm e Potência Elétrica

Inicia-se a aula no laboratório de informática, com slides montados pelo professor, com um roteiro adaptado do GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, em torno

da observação de lâmpadas incandescentes de potências diferentes. Em seguida, discutir o conceito de resistência elétrica utilizando a atividade experimental da aula anterior, colocando três pedaços de fios de mesmo tamanho e bitolas (espessura do fio) diferentes, e um pedaço de resistência de chuveiro elétrico para ser testado no circuito. A fim de refinar ainda mais os conceitos, será utilizado uma simulação computacional PhET, disponível no endereço eletrônico abaixo: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics.

Na sequência, dividem-se os alunos em duplas para manipular as simulações nos computadores, permitindo que os estudantes façam uma análise das relações entre tensão, corrente e resistência elétrica (Lei de Ohm). Assim como, fazer uma relação dos fatores que determinam a resistividade de um material (resistência de um fio), anotando suas conclusões em torno do experimento. Discutir como calcular o consumo de energia de aparelhos elétricos, numa tentativa de explorar o que ele pensa, para implementar os novos conhecimentos, suavizando a lacuna existente entre a Física ensinada no âmbito escolar e a Física presente no dia a dia do aluno. Concentrando os esforços nos conceitos:

- ✓ Resistência elétrica e resistores;
- ✓ Lei de Ohm;
- ✓ Resistividade;
- ✓ Efeito Joule;
- ✓ Potência elétrica;
- ✓ Quilowatt-hora.

Por fim, uma lista de exercícios para casa 2 (APÊNDICE A3) e uma atividade complementar (ANEXO D), cujo o foco eram questões conceituais e algumas questões com cálculos simples, a partir de situações do cotidiano do discente. Deve ser disponibilizado o roteiro de aprendizagem ativa 3 (ANEXO E), para o próximo encontro.

Encontro 03: Aula Expositiva 2 e Simulação Computacional PhET

Aula expositiva com slides montado pelo professor, sobre circuitos com diferentes associações, questões para discussão dos conceitos abordados e apresentação e orientações de como utilizar a simulação computacional PhET(CA+CC), disponível gratuitamente na internet através do site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics . Deve-se permitir aos estudantes a possibilidade de visualizar e interagir com simulações dos fenômenos físicos que ocorrem no interior da matéria. Nesta aula, conheceremos as

simulações computacionais PhET para circuitos CA e CC, assim como a exposição de alguns temas:

- ✓ Circuitos elétricos com associação de resistores em série.
- ✓ Circuitos elétricos com associação de resistores em paralelo.
- ✓ Circuitos elétricos com associação mista de resistores.
- ✓ Circuitos elétricos associados em série em curto-circuito.

Por fim, serão divididos em duplas para construir três circuitos (de livre escolha) baseados nos conceitos abordados na aula expositiva, utilizando a simulação computacional PhET e reproduzir esses circuitos numa folha A4.

Antes do encerramento da aula, a turma será dividida em oito equipes, com até cinco estudantes, para o próximo encontro, sendo que quatro das equipes ficará no laboratório de informática realizando guia de atividade computacional PhET, e o restante das equipes na sala, realizando atividade experimental com a maleta elétrica. Como forma de avaliar como os estudantes estavam interagindo com os conceitos discutidos em sala, será disponibilizado uma atividade para casa 1 (APÊNDICE A4).

Encontro 04: Roteiro Experimental – Atividades Experimentais 2, 3 e 4

Antes de iniciar a aula, organizar a sala (formando uma espécie de quatro mini bancadas com seis carteiras) de maneira que proporcione aos alunos manipular e fazer suas considerações acerca do experimento em interação com os seus colegas e com o professor. Na sequência, colocar quatro equipes no laboratório de informática para realizar o guia de atividades PhET (APÊNDICE A5), sendo permitido a interação entre elas, quando julgar necessário. O restante das equipes ficará na sala e receberá a maleta elétrica, para realização das atividades experimentais 2, 3 e 4 (APÊNDICES A6, A7 e A8, respectivamente), sendo estas atividades propostas para as equipes como forma de desafios ou tarefas.

Cabendo ao professor a função de garantir a atmosfera ideal para que haja o envolvimento e reconhecer os momentos em que precisará interferir de alguma maneira para que as discussões não se percam, assim, como garantir o momento de socialização das atividades.

Nesta aula, os principais conceitos abordados serão corrente elétrica, tensão, potência elétrica, resistência elétrica, associação de resistores e resistores em curto-circuito. Na

segunda aula, acontece uma troca, os alunos que estavam no laboratório vêm para sala e os que estavam na sala vão para o laboratório realizar a atividade do simulador PhET.

Após a aplicação do experimento, é essencial a realização de uma avaliação para se ter um *feedback* sobre a utilização do experimento em sala de aula. Foi proposto uma lista complementar com os principais conceitos abordados nas atividades (APÊNDICE A9). Deve-se disponibilizar o roteiro de aprendizagem ativa 4 (ANEXO F), para o próximo encontro.

Encontro 05: Aula Expositiva e Roteiro Experimental – Atividades Experimentais 5 e 6

No encontro cinco, aula expositiva e dialogada com slides montado pelo professor e realização de atividades experimentais 5 e 6 (APÊNDICES A10 e A11), através da manipulação e interação dos estudantes com o aparato, sob orientação do professor, onde através do diálogo entre professor e aluno possa surgir a negociação de novos significados. São abordados os seguintes conceitos:

- ✓ Potenciômetro e suas aplicações
- ✓ Instrumentos de medidas (amperímetro e voltímetro)
- ✓ Medidas de corrente elétrica e tensão em circuitos elétricos

Como forma de verificar o aprendizado, foi sugerido uma atividade para casa 2 (APÊNDICE A12). Por fim, foi sugerido a cada aluno que fizesse um relato da sequência didática, colocando suas impressões ou sugestões. Pode citar também alguns pontos importantes do seu aprendizado. Não sendo necessária a identificação do discente, esta atividade devia ser entregue na próxima aula.

APÊNDICE A1 – Atividade Experimental 1 – Condutores e Isolantes

CONCEITOS ESTUDADOS

Corrente elétrica, materiais condutores e isolantes.

OBJETIVO

Verificar junto aos estudantes a capacidade de condução elétrica de vários materiais, classificando os que permitem facilmente a passagem da corrente elétrica em bons condutores e os que se opõem a ela como isolantes, discutindo o conceito de corrente elétrica e o efeito Joule.

QUESTÕES MOTIVADORAS

- A água que sai da torneira é um bom condutor ou um isolante elétrico?
- O corpo humano é um material isolante ou condutor de eletricidade?

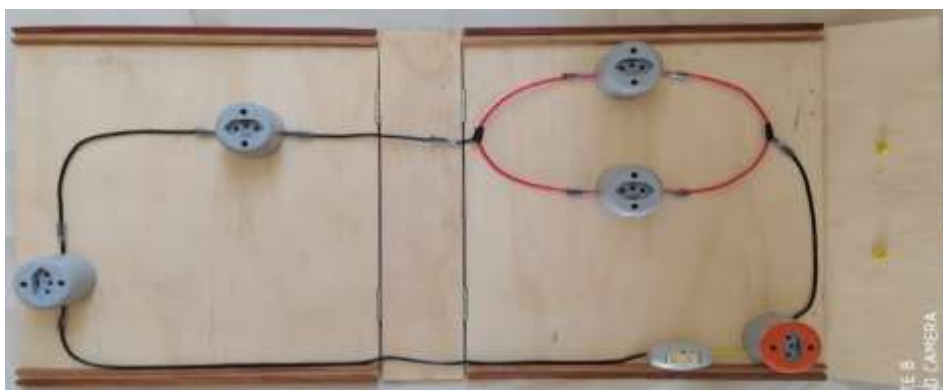
ATIVIDADE PRÁTICA

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO

Com o interruptor desligado, ligue a fonte de tensão variável ou contínua à tomada laranja e somente depois ligue a outra extremidade à rede elétrica, nossa fonte, no nosso caso 220 V.

Utilizando a Maleta Elétrica da Figura 12 e os componentes da Figura 13, monte um circuito em que os materiais devem ser inseridos no circuito, de maneira que possa ser testada a sua condutibilidade. Que procedimentos devem ser adotados para testar os materiais? A ordem que os componentes são inseridos no circuito faz alguma diferença? Você pode explicar qual o indicativo para um material ser considerado um bom condutor?

Figura 12 - Maleta Elétrica



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 13 - Componentes para inserir no circuito da figura acima



Fonte: Autoria própria (2020)

Antes de iniciar a atividade experimental o professor deve providenciar a **Tabela 3** para os estudantes. Os materiais podem ser testados de acordo com a sequência da **Tabela 3**. Peça para que a tabela seja preenchida antes e após a realização da prática, comparando as quantidades de acertos. Outros materiais podem ser disponibilizados.

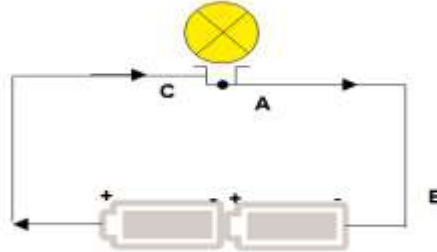
Tabela 3 - Modelo de tabela para análise dos materiais condutores e isolantes

Marque, para os elementos representados abaixo, como você os classificaria, como bons condutores, maus condutores ou material isolante.		
LEGENDA Bom Condutor = BC Mau Condutor = MC Isolante = I	Antes do teste	Depois do teste
Material		
Papel alumínio		
Grafite		
Água com sal		
Água com açúcar		
Detergente neutro		
Óleo		
Maça		
Borracha		
Água com café		
Clipe de metal		
Bombril		
Limão		
Batatinha		
Total de acertos:		

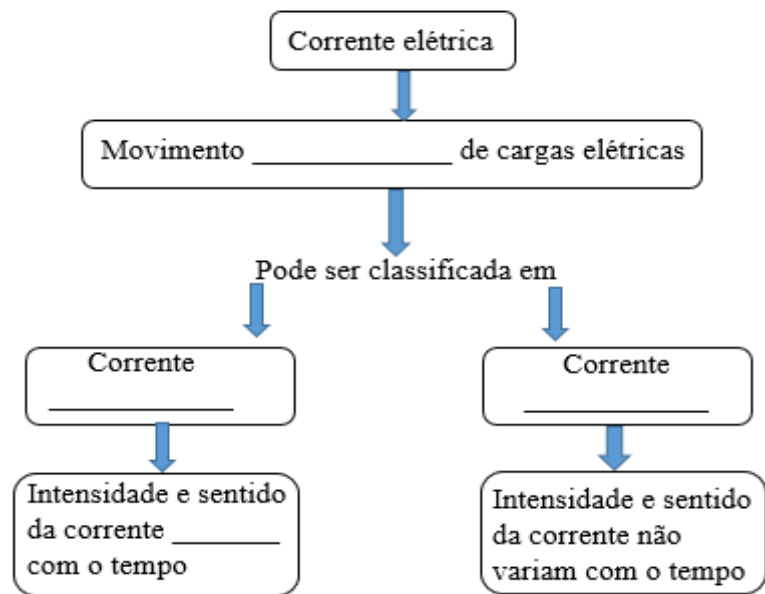
Experimentando a solução de água e sal de cozinha em diferentes concentrações, o que se pode concluir?

APÊNDICE A2 – Lista de Exercícios Para Casa 1 - Corrente Elétrica e Condutibilidade

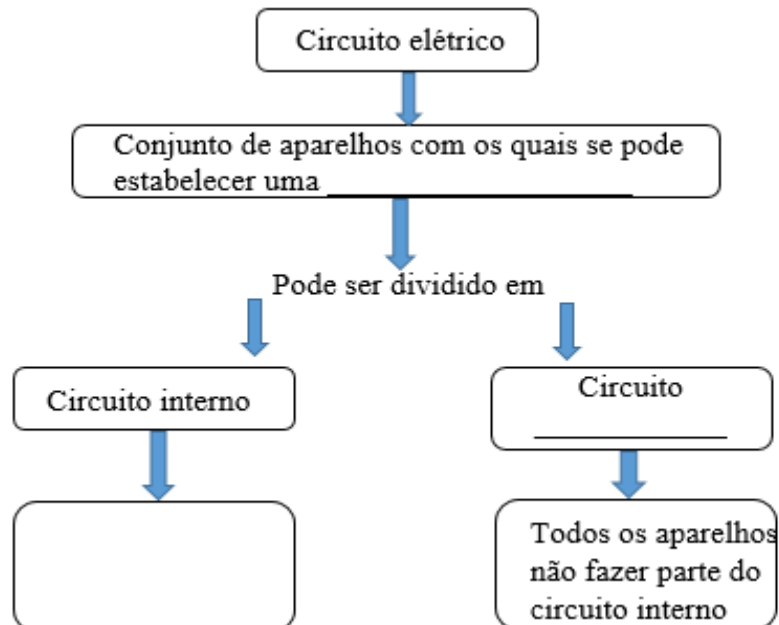
1 – No circuito representado na figura, qual é o sentido da corrente elétrica convencional, de A para B ou de B para A?



2 – Reveja o conceito de corrente elétrica completando o diagrama a seguir.



3 – Defina circuito elétrico completando o diagrama a seguir.



4 – A carga elétrica envolvida em um relâmpago é bastante alta, por volta de 10 coulombs. Supondo que o relâmpago dure 0,02 segundos, qual é o valor da corrente elétrica média?

5 – Uma lâmpada incandescente comum exige, para seu perfeito funcionamento, ser percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 1,5 A fornecida por um conjunto de pilhas. Qual é a carga elétrica fornecida pelas pilhas à lâmpada em cinco minutos de funcionamento?

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

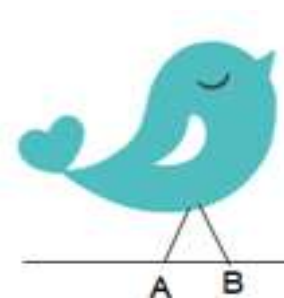


Foto local: andorinhas em frente a Usina Santana. Fonte: Acervo do autor.

- a) A diferença de potencial elétrico entre os dois pontos de apoio do pássaro no fio (pontos A e B) é quase nula.
- b) A diferença de potencial elétrico entre os dois pontos de apoio do pássaro no fio (pontos A e B) 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.

07 – Explique por que a parte externa de um soquete para lâmpada como os apresentados abaixo é feita de cerâmica, enquanto a maior parte da superfície interna é feita de metal.



Fonte: Acervo autor (2020)

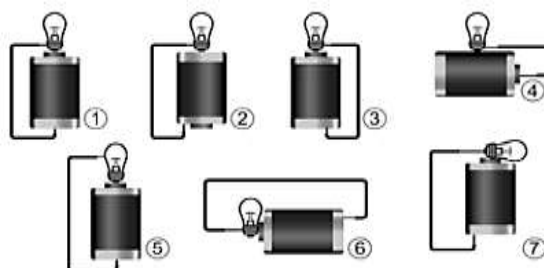
08 – Faça uma relação de situações do seu dia a dia nas quais se pode perceber o uso de materiais isolantes como meio de prevenção de acidentes envolvendo eletricidade.

09 – Numa residência foram utilizados dois benjamins para ligar cinco aparelhos elétricos. Colocando-os para funcionar ao mesmo tempo, o fusível da instalação “queimou”. Explique o que provocou a “queima”.



Fonte: Acervo do autor (2020)

10 – (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).

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)

11 - (ENEM/2011/2) O manual de instruções de um computador apresenta as seguintes recomendações para evitar que o cabo de alimentação de energia elétrica se rompa:

- Ao utilizar a fonte de alimentação, acomode adequadamente o cabo que vai conectado à tomada, evitando dobrá-lo.
- Ao conectar ou desconectar o computador da tomada elétrica, segure o cabo de alimentação pelo plugue e não pelo fio.

Caso o usuário não siga essas recomendações e ocorra o dano previsto, a consequência para o funcionamento do computador será a de que:

- a) os seus componentes serão danificados por uma descarga elétrica.
- b) a velocidade de processamento de dados diminuirá sensivelmente.
- c) a sua fiação interna passará a sofrer um aquecimento excessivo.
- d) o monitor utilizado passará a apresentar um brilho muito fraco.
- e) os seus circuitos elétricos ficarão sem circulação de corrente.

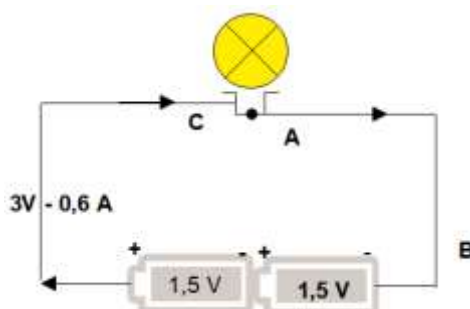
APÊNDICE A3 – Lista de Exercícios Para Casa 2 - Resistência Elétrica, Leis de Ohm e Potência Elétrica.

- 1 – Se a voltagem aplicada através de um circuito mantém-se constante enquanto a resistência dobra de valor, qual alteração ocorre na corrente?
- 2 – Se substituirmos um fio de um resistor por outro do mesmo material e comprimento, mas com diâmetro maior, o que acontecerá com sua resistência elétrica? Justifique sua resposta.
- 3 - Reveja a definição do efeito Joule completando a frase com os termos presentes nos quadros abaixo.

corrente elétrica	condutor	efeito Joule
energia térmica	elétrons livres	

Quando a _____ atravessa um _____ ocorre a transformação de energia elétrica em _____, devido à colisão dos _____ com os átomos do condutor. Esse fenômeno é denominado efeito térmico ou _____.

- 4 – Observe o circuito representado na figura. Supondo que os fios sejam ideais, qual é o valor da resistência da lâmpada?



- 5 – Se sua pele estiver muito úmida de maneira que sua resistência seja de apenas $1000\ \Omega$ e você tocar nos terminais de uma bateria de 12 V, quanta corrente passará pelo seu corpo?
- 6 – (UFTM-MG) ADAPTADA - Na compra de uma torradeira elétrica, um cliente de uma loja de eletrodomésticos leu na embalagem do produto as seguintes informações: $P = 800\ \text{W}$ e $U = 220\ \text{V}$. Preocupado com o alto consumo de energia elétrica desse tipo de aparelho, fez alguns cálculos rápidos antes de efetuar a compra.



(www.efacil.com.br. Adaptado.)

Sabendo que ele pretende usar a torradeira durante 15 minutos por dia, em média, reproduza os cálculos do cliente, determinando:

- A resistência elétrica da torradeira.
- O valor, em reais, a ser pago pelo cliente, ao final de 30 dias, devido ao uso da torradeira, considerando que $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ de energia elétrica custa R\$ 0,70.

7 - Um estudante resolveu acampar durante as férias de verão. Em sua bagagem levou uma lâmpada com as especificações: **220 V – 60 W**. No camping escolhido, a rede elétrica é de **110 V**. Se o estudante utilizar a sua lâmpada na voltagem do camping:

- Não terá luz, pois a lâmpada "queimará"
- Ela brilhará menos, porque a potência dissipada será de 15 W
- Ela brilhará menos, porque a potência dissipada será 30 W
- Ela brilhará normalmente, dissipando a potência de 60 W
- Ela brilhará mais, porque dissipará uma potência de 120 W.

8 – Qual dessas é uma unidade de potência e qual é uma unidade de energia: um **watt**, um **quillowatt**, um **quillowatt-hora**?

9 - (ENEM/2013) O chuveiro elétrico é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em energia térmica, o que possibilita a elevação de temperatura da água. Um chuveiro projetado para funcionar em 110 V pode ser adaptado para funcionar em 220 V de modo a manter inalterada sua potência. Uma das maneiras de fazer esta adaptação é trocar a resistência do chuveiro por outra de mesmo material e com o(a):

- Dobro do comprimento do fio.
- Metade do comprimento do fio.
- Metade da área de seção reta do fio.
- Quadruplo da área de seção reta do fio.
- Quarta parte da área da seção reta do fio.

10 - (ENEM/2010) A resistência elétrica de um fio é determinada pelas suas dimensões e pelas propriedades estruturais do material. A condutividade (ρ) caracteriza a estrutura do material, de tal forma que a resistência de um fio pode ser determinada conhecendo-se L , o comprimento do fio a A , a área de seção reta. A tabela relaciona o material à sua respectiva condutividade em temperatura ambiente.

Tabela de condutividade	
Material	Condutividade ($\text{S} \cdot \text{m/mm}^2$)
Alumínio	34,2
Cobre	61,7
Ferro	10,2
Prata	62,5
Tungstênio	18,8

Mantendo-se as mesmas dimensões geométricas, o fio que apresenta menor resistência elétrica é aquele feito de:

- tungstênio.
- alumínio.
- ferro.
- cobre.
- prata.

11 - (ENEM/2010) Todo carro possui uma caixa de fusíveis, que são utilizados para proteção dos circuitos elétricos. Os fusíveis são constituídos de um material de baixo ponto de fusão, como o estanho, por exemplo, e se fundem quando percorridos por uma corrente elétrica igual ou maior do que aquela que são capazes de suportar. O quadro a seguir mostra uma série de fusíveis e os valores de corrente por eles suportados.

Fusível	Corrente Elétrica (A)
Azul	1,5
Amarelo	2,5
Laranja	5,0
Preto	7,5
Vermelho	10,0

Um farol usa uma lâmpada de gás halogênio de 55 W de potência que opera com 36 V. Os dois faróis são ligados separadamente, com um fusível para cada um, mas, após um mau funcionamento, o motorista passou a conectá-los em paralelo, usando apenas um fusível. Dessa forma, admitindo-se que a fiação suporte a carga dos dois faróis, o menor valor de fusível adequado para proteção desse novo circuito é o:

- a) azul. b) preto. c) laranja. d) amarelo. e) vermelho.

12 - (ENEM/2010) Quando ocorre um curto-circuito em uma instalação elétrica, como na figura, a resistência elétrica total do circuito diminui muito, estabelecendo-se nele uma corrente muito elevada.

O superaquecimento da fiação, devido a esse aumento da corrente elétrica, pode ocasionar incêndios, que seriam evitados instalando-se fusíveis e disjuntores que interrompem essa corrente, quando a mesma atinge um valor acima do especificado nesses dispositivos de proteção.



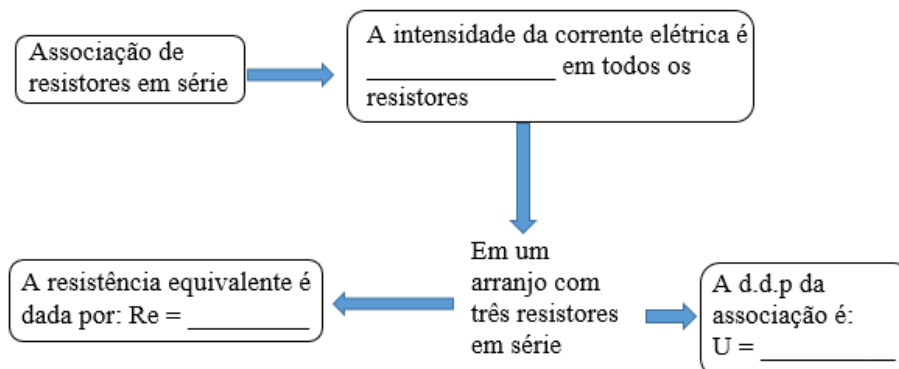
Suponha que um chuveiro instalado em uma rede elétrica de 110 V, em uma residência, possua três posições de regulação da temperatura da água. Na posição verão utiliza 2 100 W, na posição primavera, 2 400 W, e na posição inverno, 3 200 W. (GREF. Física 3: Eletromagnetismo. SP: EDUSP, 93 - adaptado)

Deseja-se que o chuveiro funcione em qualquer uma das três posições de regulação de temperatura, sem que haja riscos de incêndio. Qual deve ser o valor mínimo adequado do disjuntor a ser utilizado?

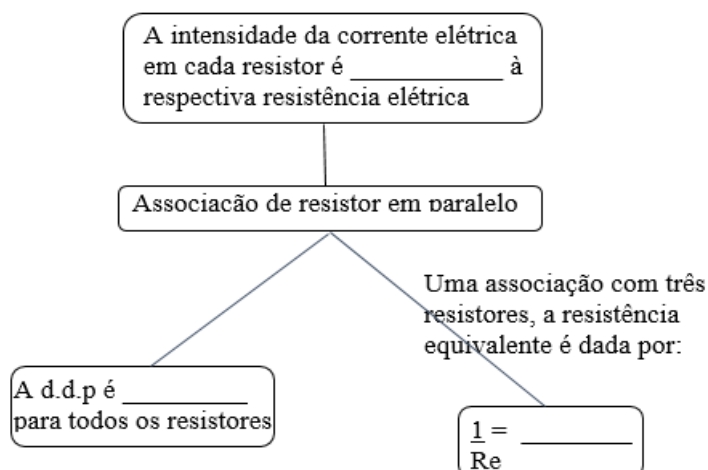
- a) 40 A
b) 30 A
c) 25 A
d) 23 A
e) 20 A

APÊNDICE A4 – Atividade Para Casa 1 - Associação de Resistores

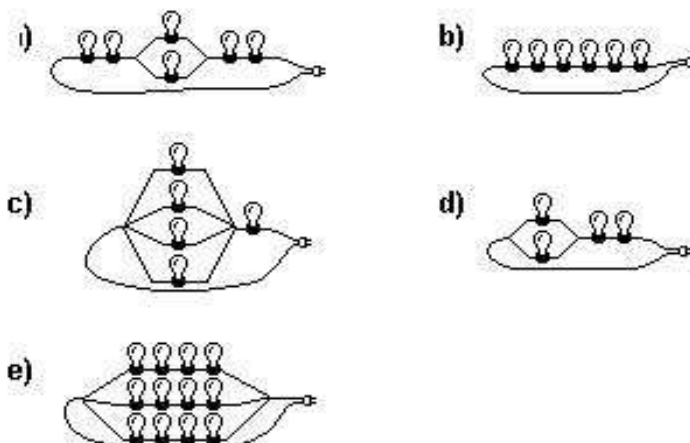
1 – Reveja seus conhecimentos sobre uma associação de resistores em série completando o diagrama a seguir.



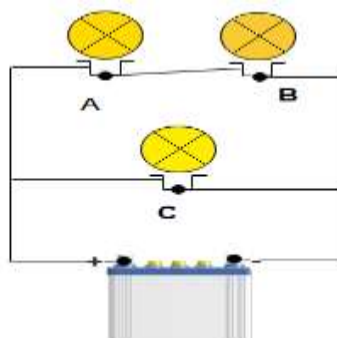
2 – Caracterize a associação de resistores em paralelo preenchendo o diagrama abaixo.



3 - Em alguns circuitos de iluminação de árvores de Natal, possuindo lâmpadas de mesmas resistências, observa-se que, quando uma lâmpada "queima", um segmento apaga, enquanto outros segmentos continuam normalmente acesos. Além disso, mesmo com alguma lâmpada "queimada", as lâmpadas acesas devem estar submetidas a mesma diferença de potencial, a fim de apresentarem a mesma luminosidade. Pode-se então afirmar que, dos diagramas a seguir ilustrados, o que melhor representa este tipo de circuito de iluminação é:



4 – No circuito mostrado abaixo, como se comportam os brilhos das lâmpadas, todas com idênticas especificações? Qual delas “puxa” mais corrente? O que acontecerá se a lâmpada A for desatarraxada do bocal? E se isso for feito com a lâmpada C?



5 – Análise as informações abaixo e assinale V para as verdadeiras e F para as falsas. Depois, reescreva as falsas corrigindo o que for necessário.

() O fusível deve ser colocado em paralelo com os aparelhos do circuito, de modo que, ao ocorrer a fusão do condutor, não haja interrupção da passagem da corrente elétrica.

() Quando a corrente elétrica atravessa o filamento de uma lâmpada incandescente, ocorre a transformação de energia térmica em energia elétrica devido as colisões dos elétrons que constituem a corrente elétrica com os átomos do filamento.

6 –(Ufsm) Em uma instalação elétrica doméstica, as tomadas são ligadas em _____ para que a mesma _____ em todos os eletrodomésticos ligados a essa instalação. Assinale a alternativa que completa as lacunas, na ordem.

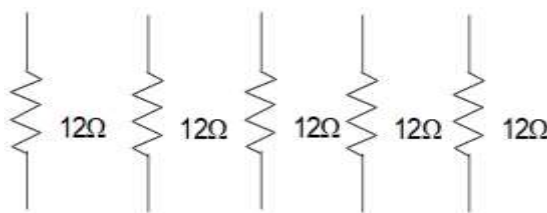
- a) Paralelo- tensão seja aplicada
- b) Paralelo- corrente circule
- c) Paralelo- potência atue
- d) série- tensão seja aplicada
- e) série- corrente circule

7 - Um grupo de amigos foi passar o fim de semana em um acampamento rural, onde não há eletricidade. Uma pessoa levou um gerador a diesel e outra levou duas lâmpadas, diferentes fios e bocais. Perto do anoitecer, iniciaram a instalação e verificaram que as lâmpadas eram de 60 W – 110 V e o gerador produzia uma tensão de 220 V.

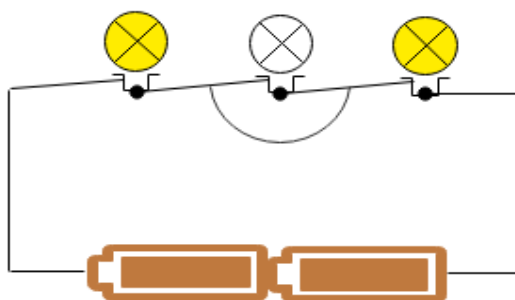
Para que as duas lâmpadas possam funcionar de acordo com suas especificações e o circuito tenha menor perda possível, a estrutura do circuito elétrico deverá ser de dois bocais ligados em

- a) série e usar fios de maior espessura.
- b) série e usar fios de máximo comprimento.
- c) paralelo e usar fios de menor espessura.
- d) paralelo e usar fios de maior espessura.
- e) paralelo e usar fios de máximo comprimento

8 – Imagine que um técnico precise de um resistor de 18Ω , mas nas lojas só existem resistores de 12Ω . Como ele deve associá-los para conseguir obter os 18Ω ?



9 – Observe o circuito da figura abaixo e complete a frase a seguir.



Sempre que dois pontos de um circuito tiverem o mesmo _____, eles poderão ser considerados coincidentes em um novo esquema do _____. A lâmpada do meio está em _____, permanece apagada.

10 – Na residência de Pedro, a rede elétrica é de 220 V e alimenta um circuito composto dos elementos descritos a seguir:

4 lâmpadas ($R_1 = 250\ \Omega$ cada uma)

1 televisor ($R_2 = 10\ \Omega$)

1 liquidificador ($R_3 = 40\ \Omega$)

1 sanduicheira ($R_4 = 16\ \Omega$)

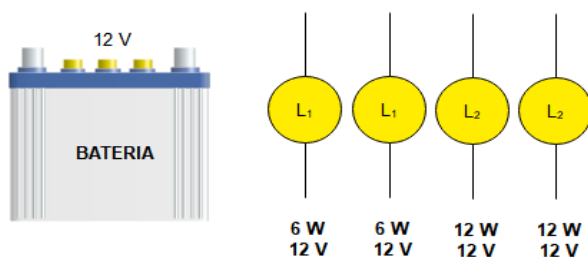
Para responder as questões a seguir, considere os elementos ligados em série, calcule:

- A resistência equivalente;
- A corrente em todos os resistores;
- A tensão em todos os elementos do circuito.

11 - Uma lâmpada A é ligada à rede elétrica. Uma outra lâmpada B, idêntica à lâmpada A, é ligada, simultaneamente, em paralelo com A. Desprezando-se a resistência dos fios de ligação, pode-se afirmar que:

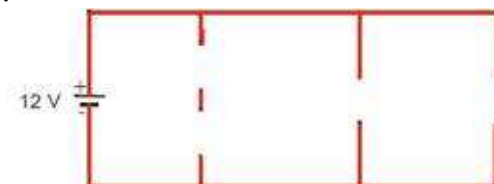
- a corrente da lâmpada A aumenta.
- A diferença de potência na lâmpada A permanece a mesma.
- a potência dissipada na lâmpada aumenta.
- as resistências elétricas de ambas as lâmpadas diminuem
- nenhuma das anteriores.

12 - (UFRN-RN) Para montar um circuito elétrico, você dispõe de uma bateria de automóvel de 12 V e de quatro lâmpadas incandescentes, sendo duas do tipo L_1 e duas do tipo L_2 , com as especificações nominais indicadas na figura abaixo



Com base no exposto, atenda às solicitações abaixo.

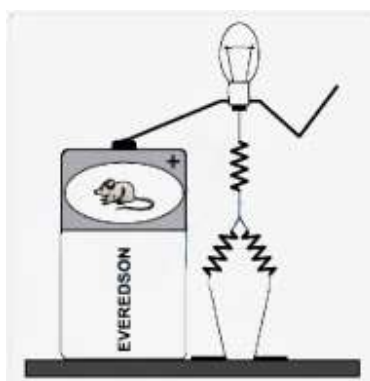
a) Na figura inserida no espaço destinado à resposta, está representada a montagem incompleta de um circuito.



Complete tal montagem inserindo corretamente as quatro lâmpadas, de forma que elas fiquem acesas em suas especificações nominais.

b) Determine a corrente fornecida pela bateria após a montagem do circuito.

13 - (UFABC-SP) Brincando com resistores, um estudante monta o bonequinho esquematizado.



Enquanto uma das mãos do boneco toca o polo positivo de uma pilha de 1,5 V, os pés mantêm contato com uma placa metálica condutora onde o outro polo da pilha está encostado. Como consequência, a lâmpada se acende. Se a lâmpada e os três resistores utilizados têm resistências iguais e de valor $2,0\Omega$, a potência elétrica **dissipada pela lâmpada** em funcionamento é, em W,

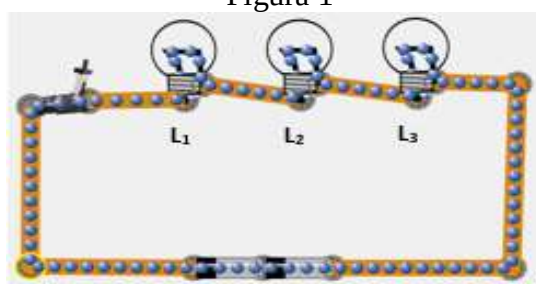
- a) 0,03.
- b) 0,09
- c) 0,18
- d) 0,30.

APÊNDICE A5 – Guia de trabalho para construção virtual de circuitos elétricos CA+ CC, usando uma simulação computacional PhET.

1 – Utilizando o PhET, monte um circuito para acender uma lâmpada usando fios, pilha e um interruptor. Você é livre para variar a voltagem da pilha e observar o que acontece. Em seguida desenhe o circuito no espaço abaixo.

2 – Monte um circuito como o da figura 1. Da mesma forma que foi possível alterar a voltagem da pilha do problema anterior, é possível, aqui, alterar a resistência das lâmpadas. Escolha valores de resistências para as três lâmpadas. A única restrição é que sejam todas diferentes. Determine também, da mesma forma que no problema anterior, uma voltagem para a pilha (fique à vontade para escolher).

Figura 1



a) Qual lâmpada apresenta maior luminosidade? Justifique sua resposta em função das resistências.

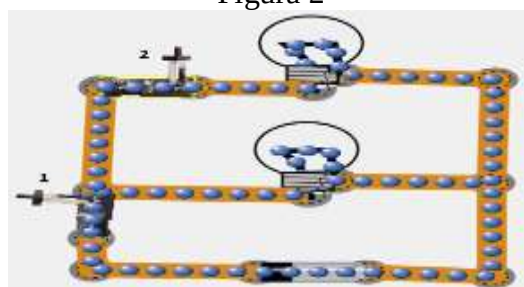
b) Qual das três lâmpadas dissipa maior potência? Por quê? Você consegue explicar isso por meio da observação que está fazendo e por meio de uma justificativa matemática?

c) Se um resistor for inserido no circuito da figura acima, o que vai acontecer com a corrente? Justifique sua resposta.

d) Se uma das três lâmpadas queimar, o que vai acontecer com as demais? Justifique sua resposta.

3 – Monte um circuito no PhET como o da figura 2 abaixo e responda os itens a seguir.

Figura 2



a) Podemos inverter o sentido de movimento dos elétrons? O que você pensa sobre isso?

b) Experimente variar o valor da resistência de uma das lâmpadas e descreva o que acontece.

c) Que efeito a variação da resistência elétrica provoca sobre a corrente?

d) Como fazer para mudar a velocidade de movimento dos elétrons?

4 – Monte um circuito no PhET, usando duas lâmpadas de maneira que só uma acenda. Desenhe o esquema que você construiu.

5 – Monte um circuito no PhET, com três lâmpadas, sendo que uma delas está queimada e as outras duas devem funcionar normalmente. Desenhe o esquema que você construiu.

6 – Imagine que você é um eletricitista. Qual circuito elétrico você usaria na instalação de uma casa de três cômodos? O circuito da figura 3 ou da figura 4? Justifique sua escolha.

Figura 3

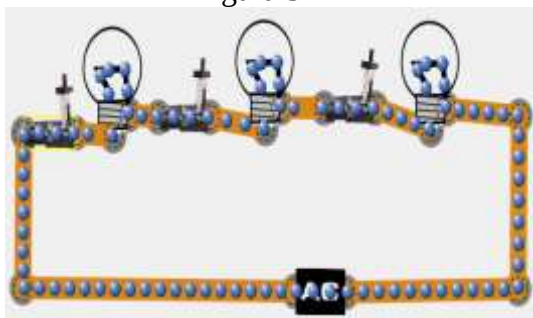
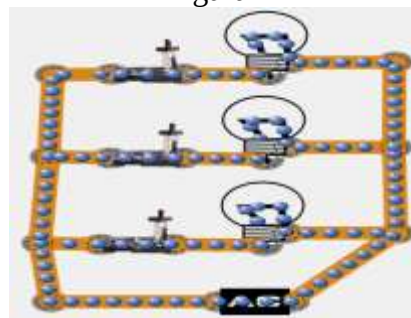


Figura 4



APÊNDICE A6 – Atividade Experimental 2 – Associação de Resistores em Série

CONCEITOS ESTUDADOS

Circuitos elétricos, fonte de tensão, resistores, consumo de energia, ligação em série.

OBJETIVO

Esta atividade visa a demonstração prática de circuito com associação de resistores em série, com a conexão de lâmpadas em série no circuito acionadas por tomadas que funcionam como pontes fechando e abrindo o circuito, verificando a relação de brilho com as potências e tensões das lâmpadas, assim, como compreender e utilizar conhecimentos físicos em situações do cotidiano.

QUESTÕES MOTIVADORAS

- O que acontece à intensidade da luz de cada lâmpada de um circuito em série quando mais lâmpadas forem adicionadas ao circuito?
- Em uma associação em série, com lâmpadas de potências diferentes, qual lâmpada apresenta maior brilho?

ATIVIDADE PRÁTICA

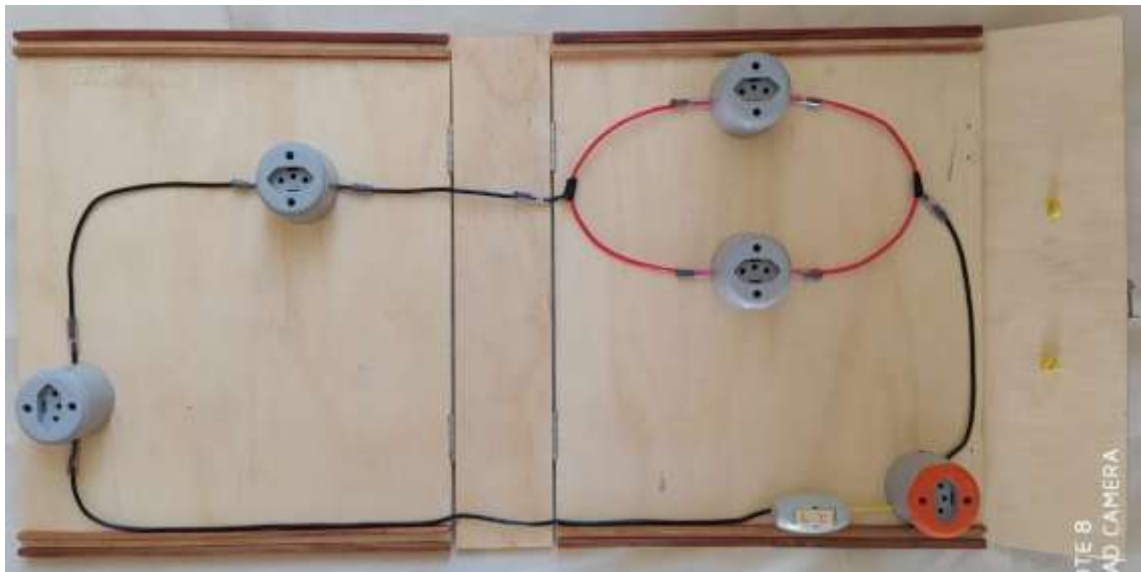
MONTAGEM E FUNCIONAMENTO

Inicialmente com o interruptor desligado, ligue a extensão à tomada laranja e somente depois ligue a outra extremidade à rede elétrica, nossa fonte, no nosso caso 220 V.

Utilizando Maleta Elétrica da Figura 14 e os componentes da Figura 15, monte um circuito em série com duas lâmpadas de mesma potência (explicando o passo a passo). Antes de fechar o circuito, você consegue prever como serão os brilhos das duas lâmpadas? Que análise você pode fazer da tensão de cada lâmpada? Se uma lâmpada for desconectada, como o sistema se comportará na ausência dessa lâmpada de forma qualitativa?

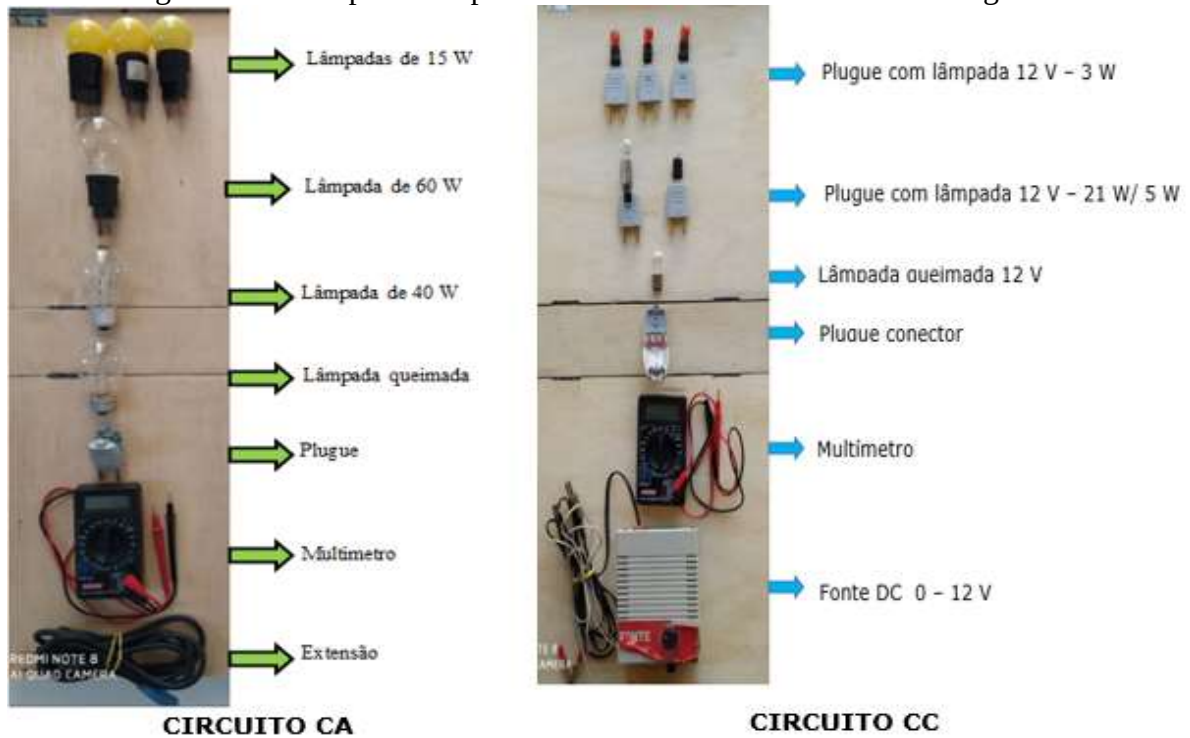
Monte um circuito com duas lâmpadas de potências diferentes. Antes de fechar o circuito você consegue prever como serão os brilhos das lâmpadas? Você consegue fazer uma relação da potência de cada lâmpada com a tensão?

Figura 14 - Maleta Elétrica



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 15 - Componentes para serem adicionados no circuito da figura 18



Fonte: Autoria própria (2020)

Monte um circuito com três lâmpadas de potências diferentes. Antes de fechar o circuito você consegue fazer uma relação do brilho das lâmpadas com a potência? Que análise pode ser feita da resistência de cada lâmpada com a potência?

APÊNDICE A7 – Atividade Experimental 3 – Associação de Resistores em Paralelo

CONCEITOS ESTUDADOS

Circuitos elétricos, fonte de tensão, resistores, consumo de energia, ligação em paralelo.

OBJETIVO

Este sistema visa à demonstração prática problematizada da associação de resistores em paralelo, com a conexão de duas ou três lâmpadas em paralelo no circuito acionada por um interruptor, averiguando a relação de brilho com as potências e tensões das lâmpadas. A partir do estudo, refletir como são os circuitos residenciais.

QUESTÕES MOTIVADORAS

- O que acontece à corrente nas outras lâmpadas de um circuito em paralelo quando uma delas queima?
- Os faróis de um carro estão conectados em série ou em paralelo? Qual é a evidência para sua resposta?
- Como é possível desligar, por exemplo, a lâmpada da sala de sua casa sem que as demais lâmpadas se apaguem?

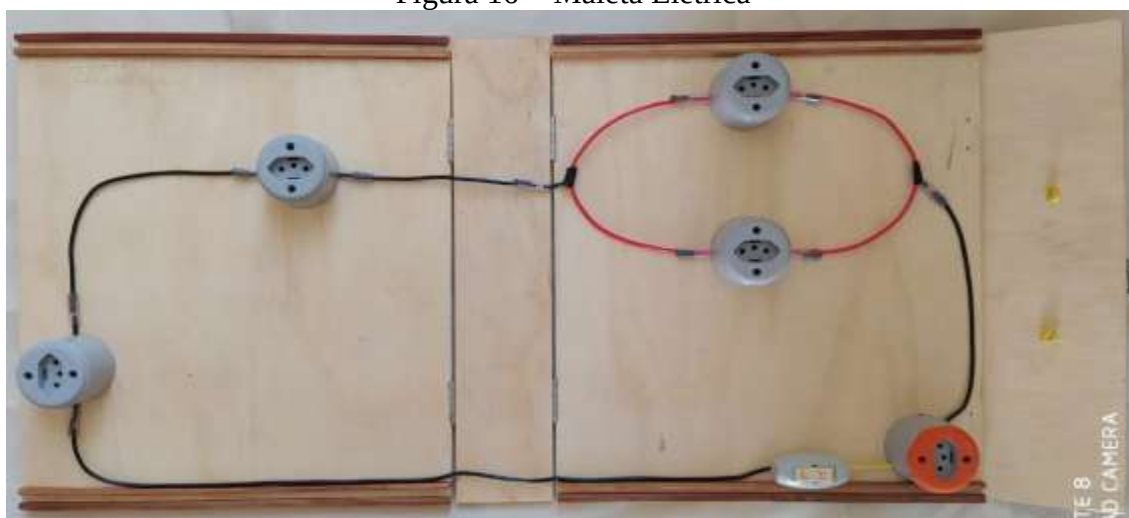
ATIVIDADE PRÁTICA

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO

Com o interruptor desligado, ligue a extensão à tomada laranja e somente depois ligue a outra extremidade à rede elétrica, nossa fonte, no nosso caso 220 V.

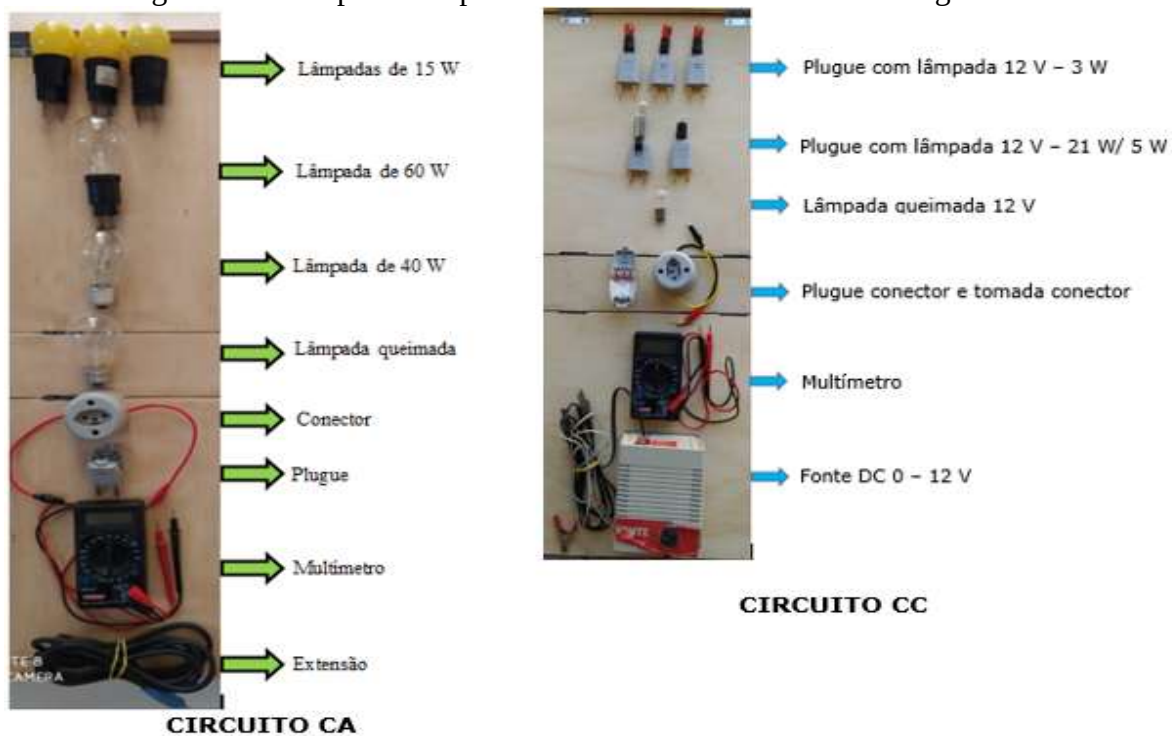
Monte um circuito em paralelo, com duas lâmpadas de mesma potência, utilizando a Maleta Elétrica da Figura 16 e os componentes da Figura 17. Justificando o passo a passo (Observação: antes de inserir ou remover algum componente, desligar o circuito). Antes de fechar o circuito você consegue prever os brilhos das duas lâmpadas? Podemos fazer uma análise qualitativa da corrente em cada lâmpada? E a tensão em cada lâmpada? Se tirarmos uma das lâmpadas de 15 W e substituímos por uma de 40 W. Antes de fechar o circuito, que previsão você pode fazer em relação à luminosidade da nova associação de lâmpadas? Se uma das lâmpadas for desconectada, como o circuito se comporta na ausência dessa lâmpada? Você consegue explicar o que vai acontecer com o brilho da outra? Lâmpadas associadas em paralelo apresentam maior ou igual brilho do que lâmpadas em série quando submetidas à mesma tensão?

Figura 16 - Maleta Elétrica



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 17 - Componentes para serem inseridos no circuito da figura acima



Fonte: Autoria própria (2020)

Monte um circuito em paralelo com três lâmpadas de potências diferentes. Antes de fechar o circuito, você consegue fazer uma relação do brilho das lâmpadas com a potência? Que relação pode ser feita da potência com a resistência? Se uma das três lâmpadas for substituída por uma lâmpada queimada, como o circuito vai se comportar?



Agora que já sabe tudo!

Vamos responder as questões motivadoras.

APÊNDICE A8 – Atividade Experimental 4 – Associação em Série Com Resistores em Curto-circuito

CONCEITOS ESTUDADOS

Circuitos elétricos, fonte de tensão, resistores em curto-circuito na associação em série.

OBJETIVO

Esta atividade visa à demonstração prática da associação de resistores em série com um ou mais resistores em curto-circuito, com a conexão de duas ou três lâmpadas em série no circuito, observando o que acontece ao conectar um fio entre os terminais de uma ou mais lâmpadas. Assim, como compreender e utilizar conhecimentos físicos em situações do cotidiano.

QUESTÕES MOTIVADORAS

- Qual o efeito de um curto-circuito sobre o elemento que é curto-circuitado?
- Qual o efeito de um curto-circuito sobre o restante do circuito?

ATIVIDADE PRÁTICA

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO

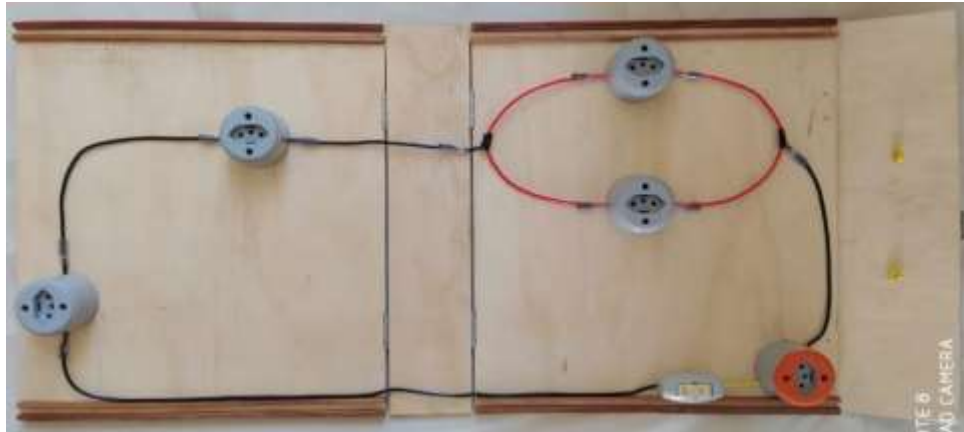
Com o interruptor desligado, ligue a extensão à tomada laranja e somente depois ligue a outra extremidade à rede elétrica, nossa fonte, no nosso caso 220 V.

Utilizando maleta elétrica da Figura 18 e os conectores da Figura 19, monte um circuito com três lâmpadas e faça um curto-circuito em uma parte dele, de forma que apenas duas lâmpadas permaneçam acesas. Antes de fechar circuito você, consegue explicar o que vai acontecer com a parte do circuito que foi curto-circuitada? Você consegue prever o que vai acontecer com o brilho das outras duas lâmpadas? Desligue o interruptor e monte um circuito com as mesmas lâmpadas, de maneira que só uma funcione (use um curto-circuito pra isso). Antes de fechar o circuito você, consegue prever o que vai acontecer com o brilho da lâmpada?

Monte um circuito com três lâmpadas, sendo que uma tem que ter potência diferente das outras duas e utilize o conector com interruptor para colocar uma das lâmpadas de potência igual em curto circuito. Antes de fechar o circuito você consegue prever qual a

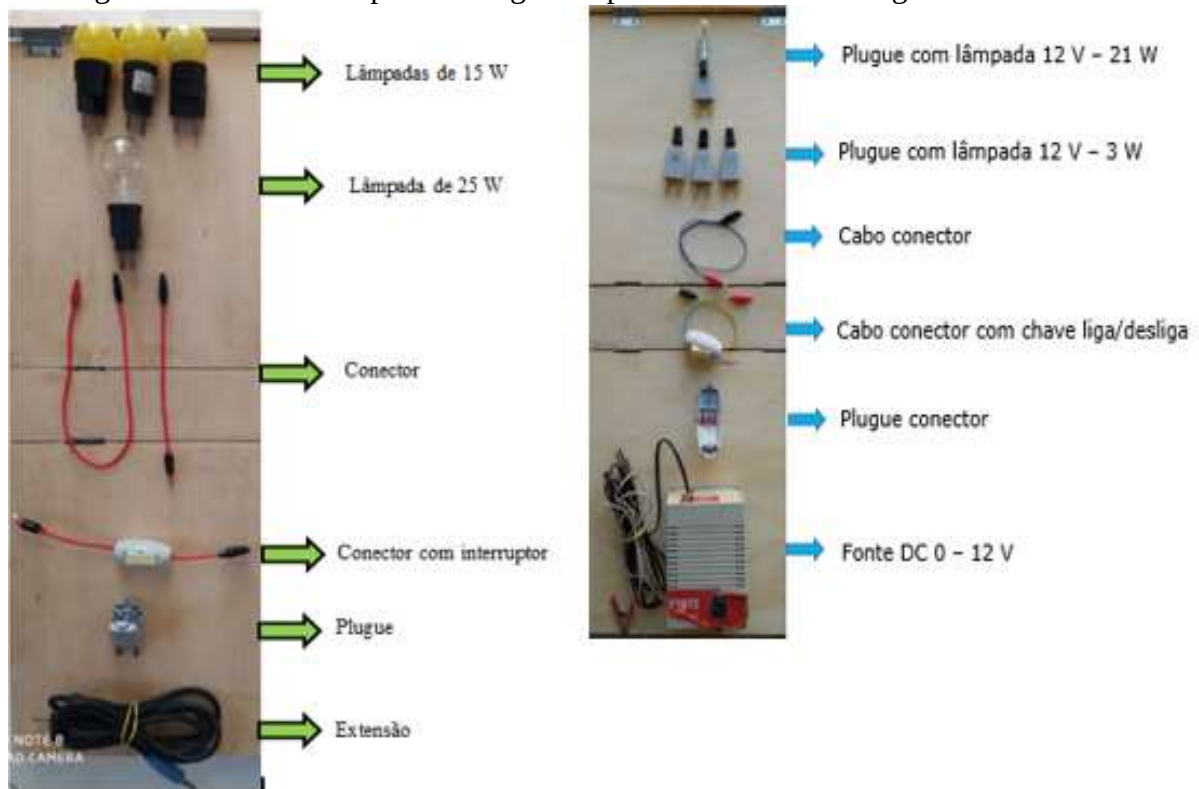
lâmpada de maior luminosidade? Se o interruptor do conector for desligado, você consegue prever o que vai acontecer com o brilho das lâmpadas?

Figura 18 - Maleta Elétrica



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 19 - Conectores para interligar lâmpadas do circuito da figura acima CA e CC



Fonte: Autoria própria (2020)

Por medida de segurança nunca produza um curto nas três lâmpadas. Você consegue explicar?

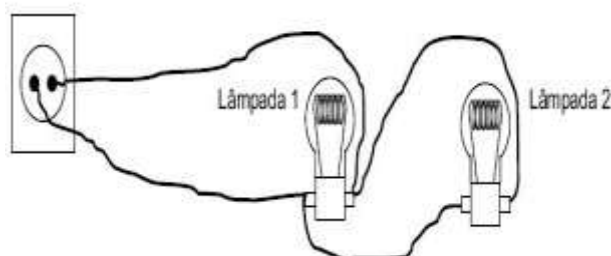


Agora que já sabe tudo!

Vamos responder as questões motivadoras.

APÊNDICE A9 – LISTA COMPLEMENTAR (Realizar em grupo)

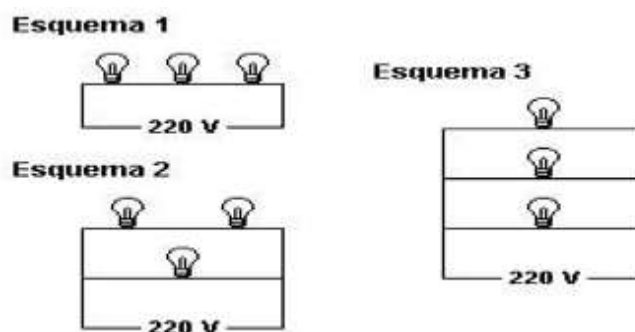
1 –(UFMG) Adaptada - Reginaldo queria aprender sobre associação de lâmpadas em série e em paralelo. Para isso, usou duas boquilhas de porcelana para colocar as lâmpadas. Em cada lâmpada, lê-se: 60W e 220V.



Marque, a seguir, a alternativa que completa **CORRETAMENTE** o enunciado: Ao ligar as lâmpadas da maneira mostrada na figura acima, numa tomada de 220 V, Reginaldo observou que:

- a) as duas lâmpadas brilhavam da mesma maneira, cada uma com uma potência de 60 W.
- b) as duas lâmpadas brilhavam da mesma maneira, mas cada uma com uma potência de 30W.
- c) as duas lâmpadas brilhavam da mesma maneira, mas cada uma com uma potência de 30W.
- d) as duas lâmpadas brilhavam da mesma maneira, mas cada uma com uma potência de 30W.

2 - (PUC-RS) Um eletricitista tem uma tarefa para resolver: precisa instalar três lâmpadas, cujas especificações são 60W e 110V, em uma residência onde a tensão é 220V. A figura a seguir representa os três esquemas considerados por ele.



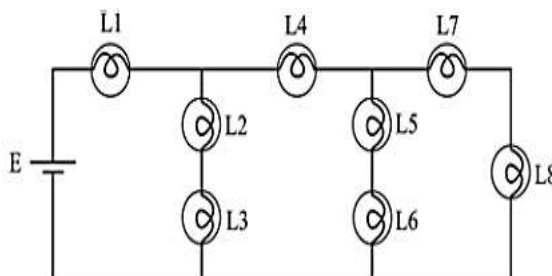
Analisando os elementos da figura, é correto concluir que, no esquema:

- a) 1, todas as lâmpadas queimarão.
- b) 2, duas lâmpadas queimarão, e a outra terá seu brilho diminuído.
- c) 3, todas as lâmpadas terão seu brilho diminuído.
- d) 1, só uma das lâmpadas queimará, e as outras não acenderão.
- e) 2, duas lâmpadas exibirão brilho normal.

3 – Um eletricitista instalou numa casa, com tensão de 120 V, dez lâmpadas iguais. Terminando o serviço, verificou que havia se enganado, colocando todas as lâmpadas em série. Ao medir a corrente no circuito, encontrou $5,0 \cdot 10^{-2}$ A. Corrigindo o erro, ele colocou todas as lâmpadas em paralelo. Suponha que as resistências das lâmpadas não variam com a corrente. Após a modificação, ele mediu, para todas as lâmpadas acesas uma corrente total de:

- a) 5,0 A b) 100 A c) 12 A d) 10 A e) 24 A.

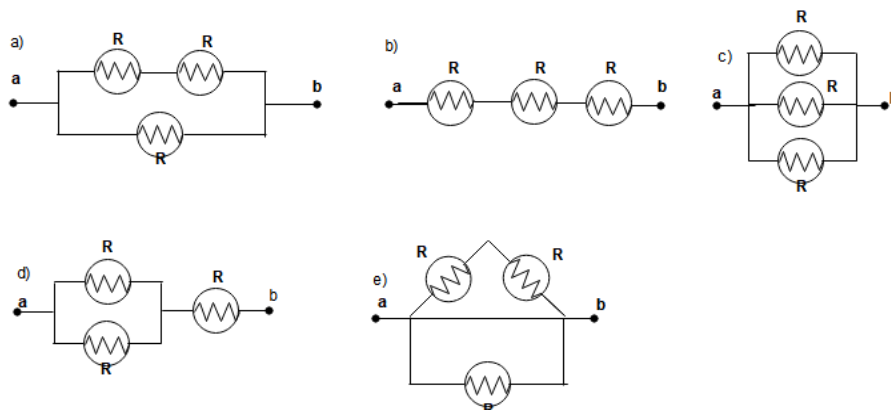
4 - ENEM/2009) Considere a seguinte situação hipotética: ao preparar o palco para a apresentação de uma peça de teatro, o iluminador deveria colocar três atores sob luzes que tinham igual brilho e os demais, sob luzes de menor brilho. O iluminador determinou, então, aos técnicos, que instalassem no palco oito lâmpadas incandescentes com a mesma especificação (L1 a L8), interligadas em um circuito com uma bateria, conforme mostra a figura.



Nessa situação, quais são as três lâmpadas que acendem com o mesmo brilho por apresentarem igual valor de corrente fluindo nelas, sob as quais devem se posicionar os três atores?

- a) L1, L2 e L3.
- b) L2, L3 e L4.
- c) L2, L5 e L7.
- d) L4, L5 e L6.
- e) L4, L7 e L8.

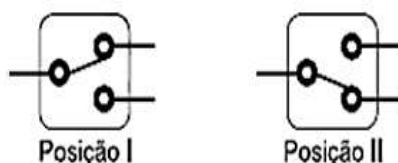
5 - (UF - PE) De que maneira três lâmpadas idênticas, R, podem ser ligadas entre os pontos A e B de uma linha de 220 V, para fornecer uma melhor iluminação?



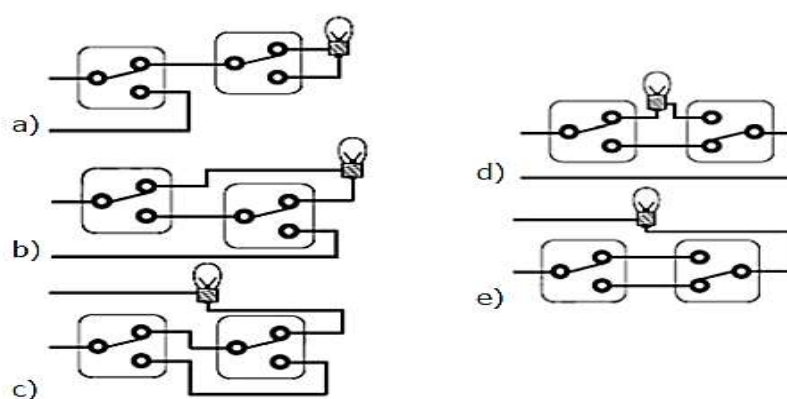
6 - (ENEM/2013) Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico decorrente. De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que:

- a) O fluido elétrico se desloca no circuito.
- b) As cargas negativas móveis atravessam o circuito.
- c) A bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
- d) O campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
- e) As cargas positivas e negativas se chocam no filamento.

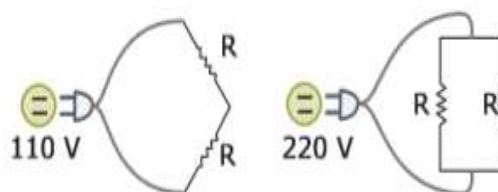
7 - (ENEM/2012) Para ligar ou desligar uma mesma lâmpada a partir de dois interruptores, conectam-se os interruptores para que a mudança de posição de um deles faça ligar ou desligar a lâmpada, não importando qual a posição do outro. Esta ligação é conhecida como interruptores paralelos. Este interruptor é uma chave de duas posições constituída por um polo e dois terminais, conforme mostrado nas figuras de um mesmo interruptor. Na Posição I a chave conecta o polo ao terminal superior, e na Posição II a chave o conecta ao terminal inferior.



O circuito que cumpre a finalidade de funcionamento descrita no texto é:



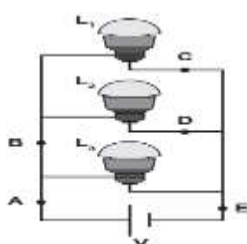
8 - (Vunesp) Dois resistores iguais estão ligados em série a uma tomada de 110 V e dissipam, ao todo, 550 W. Observe as figuras a seguir.



A potência total dissipada por esses mesmo resistores, se são ligados em paralelo a uma tomada de 220 V, é igual a:

- a) 550W b) 4400W c) 1100W d) 2200W e) 8800W

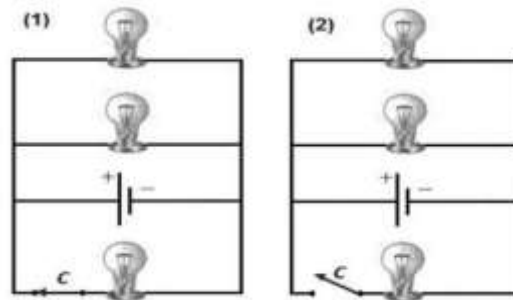
9 - Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado. A bateria apresenta resistência interna desprezível, e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos: A, B, C, D e E; e rotulou essas correntes de I_A , I_B , I_C , I_D e I_E , respectivamente.



O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são

- a) $I_A = I_E$ e $I_C = I_D$.
 b) $I_A = I_B = I_E$ e $I_C = I_D$.
 c) $I_A = I_B$, apenas.
 d) $I_A = I_B = I_E$, apenas.
 e) $I_C = I_B$, apenas.

10 –(Ufrgs) Considere o circuito formado por três lâmpadas idênticas ligadas em paralelo à bateria, conforme representa a figura (1).



Como a chave C foi aberta na figura (2), considere as afirmações abaixo sobre a figura (2), em comparação à situação descrita na figura (1).

- I - A potência fornecida pela bateria é a mesma.
- II - A diferença de potencial aplicada a cada lâmpada acesa é a mesma.
- III- As correntes elétricas que percorrem as lâmpadas acesas são menores.

Quais estão corretas?

- a) Apenas II.
- b) Apenas III.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas I e III.
- e) I, II e III.

APÊNDICE A10 – Atividade Experimental 5 – Potenciômetro

OBJETIVO

Entender como o potenciômetro deve ser ligado no circuito e como podem ser úteis para controlar a corrente num circuito, alterando assim a potência de um eletrodoméstico. Assim, como suas aplicações no cotidiano.

QUESTÕES MOTIVADORAS

- O que acontece ao brilho da luz emitida pelo filamento de uma lâmpada se aumentar a corrente que flui por ele?
- Por que o potenciômetro influencia no brilho das lâmpadas?
- Por que quando ligamos um ventilador à primeira velocidade é máxima? E quando ligamos um liquidificador a primeira velocidade é mais lenta?

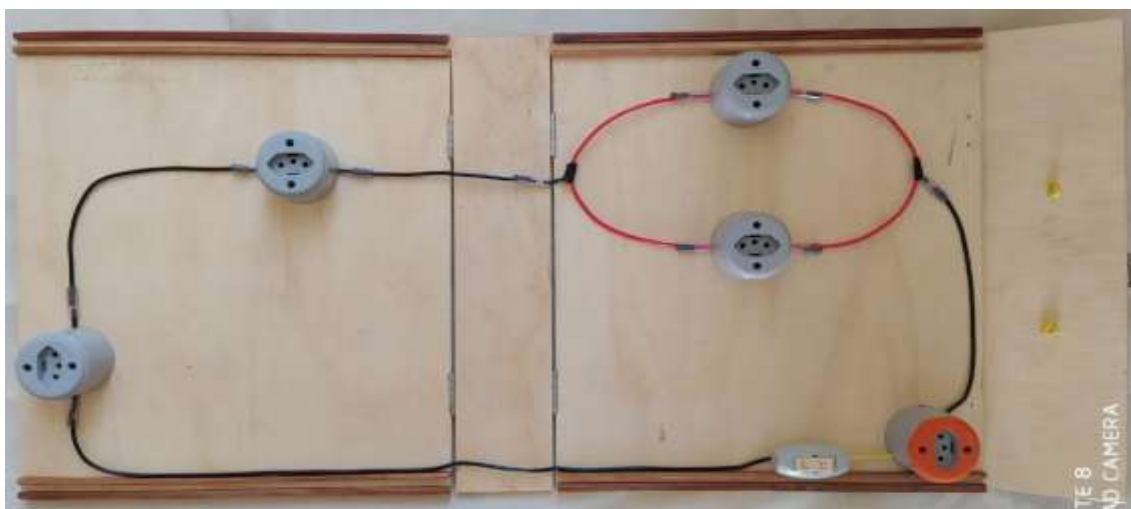
ATIVIDADE PRÁTICA

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO

Utilizando maleta elétrica da Figura 20 e os componentes da Figura 21, monte um circuito para estudo do potenciômetro, explicando o passo a passo. Durante a montagem do circuito alguns questionamentos podem ser feitos: A ordem em que os componentes são inseridos no circuito influi? O potenciômetro deve ser ligado antes ou depois da lâmpada? De que forma o potenciômetro deve ser ligado no circuito? A ordem em que o plugue é inserido no circuito faz alguma diferença?

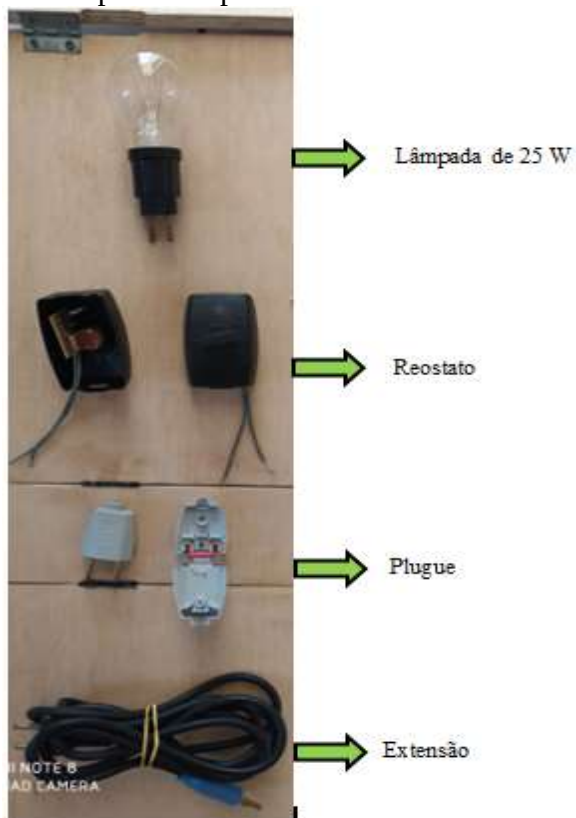
Que procedimento deve ser adotado para alterar a luminosidade da lâmpada? A intensidade da corrente no circuito aumenta ou diminui, quando giramos a chave da posição máxima para posição mínima? Como o potenciômetro afeta a intensidade da corrente que passa pelo circuito? Em qual posição da chave a resistência é mínima? Que conclusões podem ser tiradas da observação? Existe alguma relação do potenciômetro com a segunda lei de Ohm? Se sim, como explicar essa relação? Que aparelhos elétricos na sua casa utilizam esse tipo de controle? Basicamente, o que é um potenciômetro?

Figura 20 - Maleta Elétrica



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 21 - componentes para inserir no circuito da figura acima.



Fonte: Autoria própria (2020)



Agora que já sabe tudo!

Vamos responder as questões motivadoras.

APÊNDICE A11 – Atividade Experimental 6 – Medidas Elétricas – Amperímetro / Voltímetro (multímetro)

CONCEITOS ESTUDADOS

Multímetro, amperímetro, voltímetro, corrente elétrica, tensão, resistência.

OBJETIVO

- Utilizar o multímetro para realizar medidas de corrente e tensão no circuito.
- Estudar, usando amperímetro (multímetro), como se modifica a corrente em um circuito, quando varia a voltagem ou resistência.

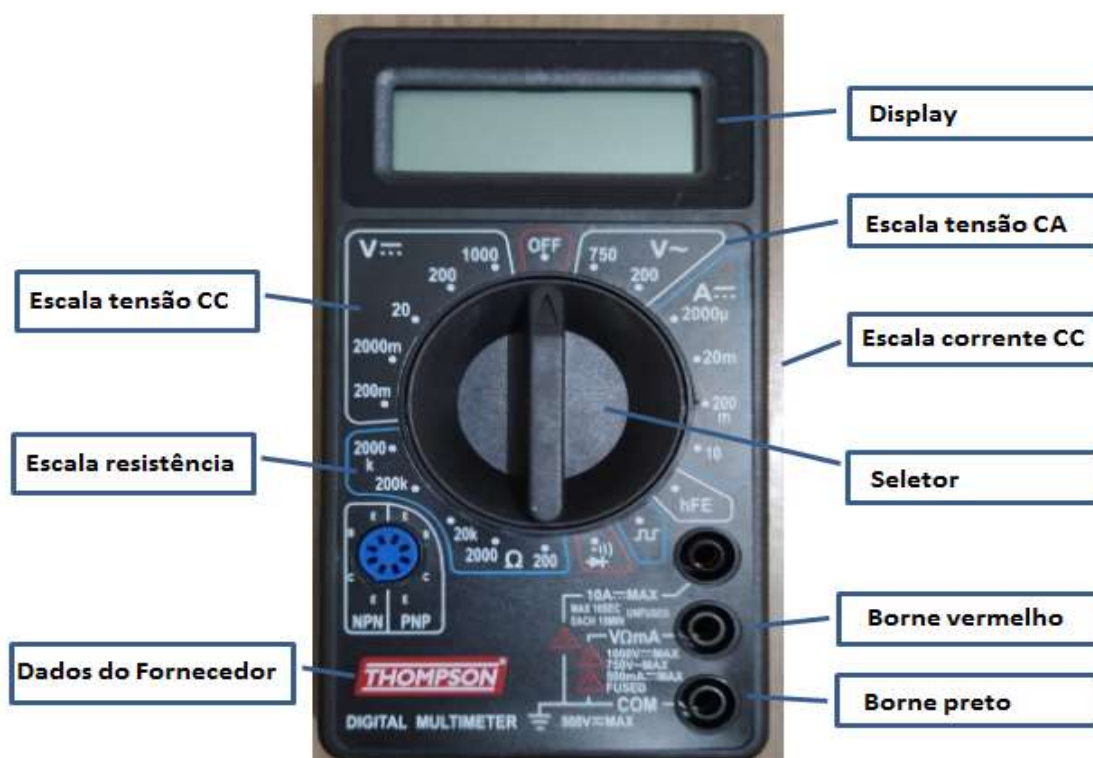
QUESTÕES MOTIVADORAS

- Como saber se disjuntor da sua residência é adequado, para suportar todos os equipamentos ligados?
- Como saber se a bateria ainda tem carga?
- Como você utilizaria o multímetro para medir a tensão de uma tomada residencial? Que escala de tensão, você usaria?

ATIVIDADE PRÁTICA

CONHECENDO O MULTÍMETRO

Figura 22 - Multímetro digital seus comandos e ligações



Fonte: Autoria própria (2020)

Cuidados ao medir com o multímetro (amperímetro)

- a) Para medir uma certa corrente, você deve escolher uma escala apropriada. Se você desconhece a ordem de grandeza da corrente a ser medida, escolha inicialmente a maior escala (para não danificar o aparelho). Se for necessário, diminua a escala para a mais apropriada.
- b) As pontas de prova do amperímetro devem ser ligadas em **série**, para isso é necessário abrir o circuito. **NUNCA LIGUE O AMPERÍMETRO EM PARALELO.**

Cuidados ao medir com o multímetro (voltímetro)

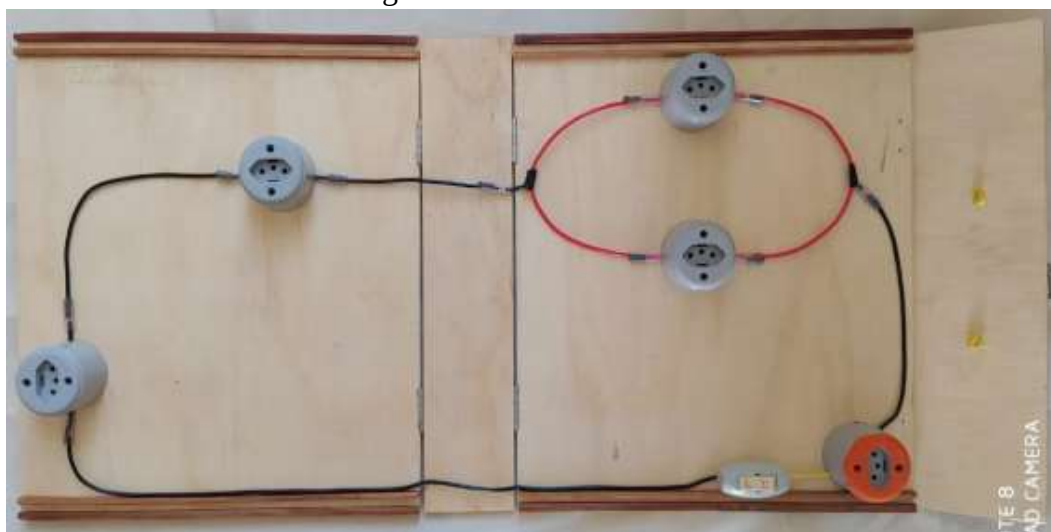
- a) Para medir certa tensão, você deve escolher uma escala apropriada. Se você desconhece a ordem de grandeza da tensão a ser medida, escolha inicialmente a escala maior (para não danificar o aparelho). Se for necessário, diminua a escala para a mais apropriada.
- b) As pontas de prova do multímetro devem ser ligadas em **paralelo** com o componente que se deseja medir a tensão. Se a medida aparecer com um sinal negativo no visor significa que os terminais estão invertidos, refaça as medidas invertendo os terminais.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO

Mantendo a fonte de tensão desligada, monte um circuito composto por uma fonte (0 – 12V), uma lâmpada e um multímetro, o multímetro deve ser ligado de maneira que possa medir a corrente do circuito (amperímetro). Você pode explicar como o amperímetro deve ser ligado? E que valor da escala de corrente deve ser utilizado para medir a corrente no circuito? Desligue o interruptor e adicione outra lâmpada ao circuito. Antes de fechar o circuito, você consegue prever o que vai acontecer com corrente do circuito? Se a tensão da fonte for modificada, o que vai acontecer com a corrente do circuito?

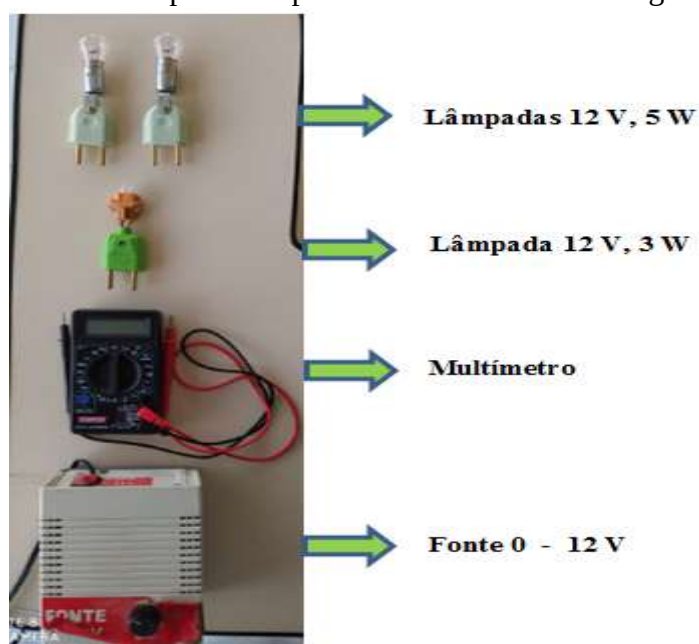
Mantendo a fonte de tensão desligada, monte um circuito utilizando a maleta da Figura 23 e os componentes da Figura 24, com duas lâmpadas de potências diferentes e um multímetro (voltímetro). Você sabe como o voltímetro deve ser ligado, para medir a tensão das lâmpadas? Que escala de tensão deve ser selecionada? Que valor de escala você selecionaria para realizar a medida?

Figura 23 - Maleta Elétrica



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 24 - Componentes para inserir no circuito da figura acima



Fonte: Autoria própria (2020)

Desligue o interruptor, monte um circuito agora colocando as duas lâmpadas em paralelo e ligue o multímetro (voltímetro), de maneira que consiga medir a tensão das lâmpadas. Que valor de escala você utilizaria para realizar a medida?



Agora que já sabe tudo!

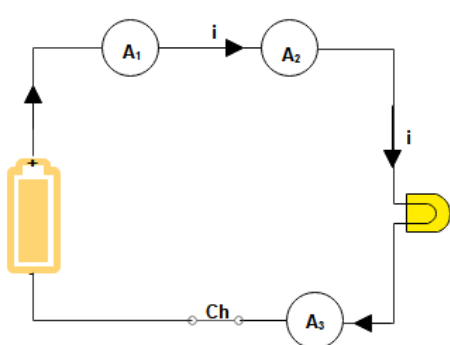
Vamos responder as questões motivadoras.

APÊNDICE A12 – Atividade para casa 2 - Potenciômetro e Medidas Elétricas

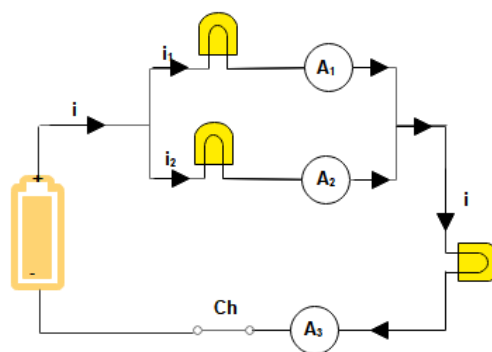
1 – Reveja as principais características dos medidores elétricos completando a ficha abaixo.

Medidor elétrico	O que mede	Modo de associação a determinado elemento do circuito	Sua resistência em relação à resistência do galvanômetro
amperímetro			
voltímetro			

2 – Compare as medidas dos amperímetros, nos circuitos abaixo, indicando se a leitura de cada corrente elétrica é maior, menor ou igual.

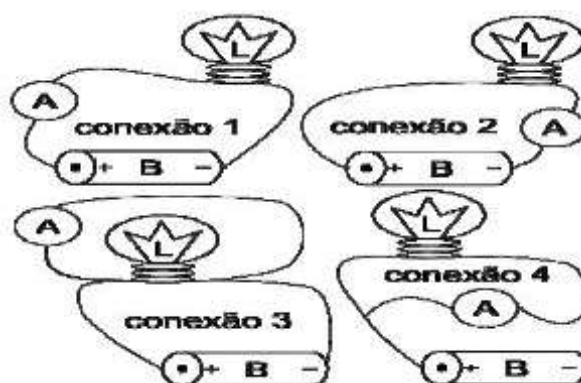


$A_1 = A_2$; A_1 ____ A_3



A_1 _____ A_3

3 - Um circuito simples é composto apenas por uma bateria (B) e uma lâmpada (L). Com esse circuito elétrico, um estudante montou quatro conexões diferentes, com um mesmo medidor de intensidade de corrente elétrica, conhecido como amperímetro (A). Após as montagens, conforme a figura acima, o estudante apresentou versões das conexões realizadas. Em qual dessas versões o amperímetro irá fornecer a leitura real da intensidade de corrente no circuito?

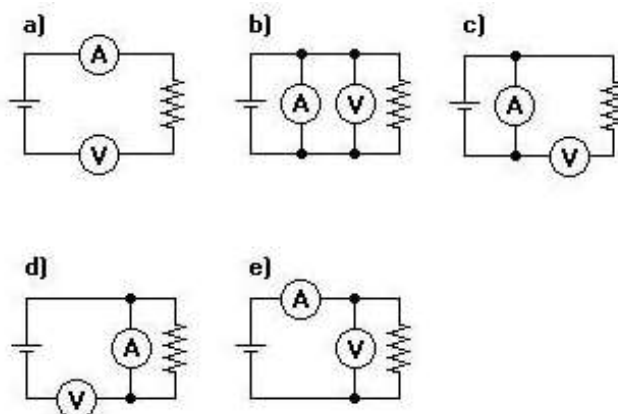


- A conexão 1 apresenta uma maneira correta de se ler a corrente elétrica em um circuito; nesse caso, optou-se por colocar o amperímetro do lado esquerdo da bateria.
- A conexão 2 fornece uma leitura menor que a da conexão 1, já que parte da corrente elétrica dissipou-se ao percorrer todo o circuito.
- A conexão 3 é melhor que as conexões 1 e 2, pois esse procedimento fez com que somente a leitura da corrente elétrica percorrida na lâmpada fosse mensurada.
- A conexão 4 é quase idêntica à conexão 3 e, portanto, fornecerá a real leitura da corrente elétrica percorrida na lâmpada e também na pilha.

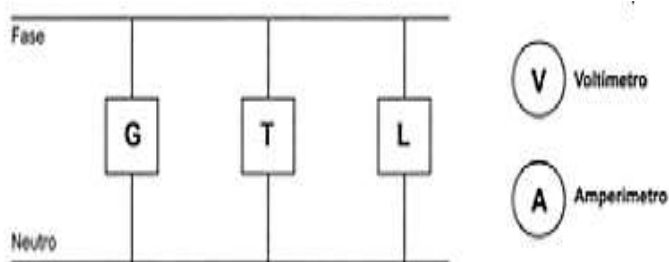
4 – (Espcex) O amperímetro é um instrumento utilizado para a medida de intensidade de corrente elétrica em um circuito constituído por geradores, receptores, resistores, etc. A maneira correta de conectar um amperímetro a um trecho do circuito no qual queremos determinar a intensidade da corrente é

- a) em série b) em paralelo c) na perpendicular d) em equivalente e) mista

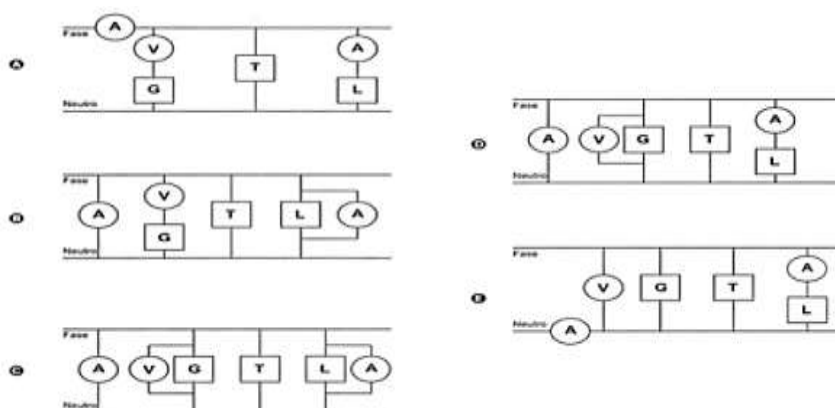
5 - Qual das opções a seguir mostra a ligação adequada de um amperímetro A e de um voltímetro V, ambos ideais, de modo a permitir uma correta medida da corrente e da queda de tensão no resistor?



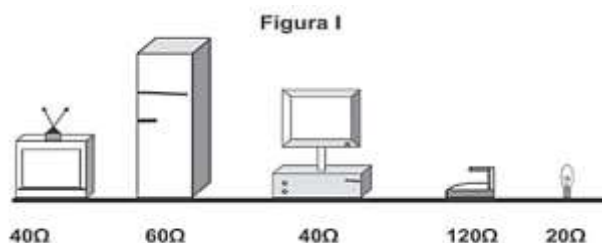
6 - (ENEM/2013) Um eletricitista analisa o diagrama de uma instalação elétrica residencial para planejar medições de tensão e corrente em uma cozinha. Neste ambiente existem uma geladeira (G), uma tomada (T) e uma lâmpada (L), conforme a figura. O eletricitista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira. Para isso ele dispõe de um voltímetro (V) e dois amperímetros (A).



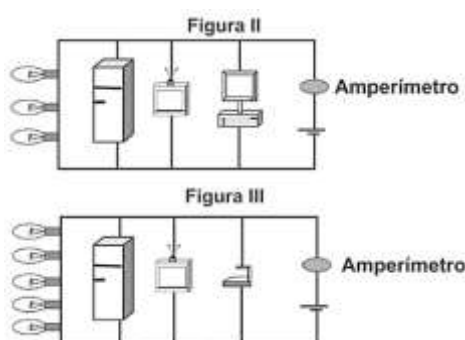
Para realizar as medidas, o esquema da ligação desses instrumentos está representado em:



7 - (ENEM/2011/2) Uma residência possui dois aparelhos de TV, duas geladeiras, um computador, um ferro elétrico e oito lâmpadas incandescentes. A resistência elétrica de cada equipamento está representada pela figura I. A tensão elétrica que alimenta a rede da residência é de 120 V.



Um eletricista fez duas ligações, que se encontram representadas pelas figuras II e III.



Com base nas informações, verifica-se que a corrente indicada pelo amperímetro da figura:

- II registrará uma corrente de 10 A.
- II registrará uma corrente de 12 A.
- II registrará uma corrente de 0,10 A.
- III registrará uma corrente de 16,6 A.
- III registrará uma corrente de 0,14

ANEXO A – Roteiro de Aprendizagem Ativa 1

PROF.: Dr. MARCELO NUNES COELHO

Videoaula 1 - <https://youtu.be/FiHxa-zzjA0>

TENTE RESOLVER O ROTEIRO ANTES DE ASSISTIR À VIDEOAULA

Objetivos

- * Compreender o que é corrente elétrica;
- * Entender a causa da corrente elétrica;
- * Compreender a relação entre corrente elétrica e diferença de potencial;

Introdução

O ramo da física que entraremos a partir deste texto, trata do estudo da corrente elétrica e seus efeitos.

Desenvolveremos conceitos que têm ampla aplicação tanto em contexto natural como tecnológico.



Então, se
liga aí!

A corrente elétrica e sua causa

Considere a situação a seguir:



Na figura, dois condutores estão carregados com cargas de mesma intensidade, porém de sinais contrários.

1. Qual o sinal do potencial elétrico no condutor carregado positivamente?

2. Qual o sinal do potencial elétrico no condutor carregado negativamente?

3. Neste caso, em que as cargas têm a

mesma intensidade, qual a relação entre as intensidades dos potenciais de cada condutor?

4. Há uma diferença de potencial entre eles?

5. Se você conectar estes dois condutores por meio de um fio (também condutor) o que, naturalmente, irá acontecer?

Perceba que, se os dois condutores forem conectados por meio de um fio condutor, haverá um fluxo de elétrons do condutor negativo para o condutor positivo.

**ESSE FLUXO DE ELÉTRONS
RELATIVAMENTE ORDENADO É
CHAMADO DE CORRENTE
ELÉTRICA.**

6. O que acontece com o potencial do condutor positivo, enquanto o fluxo de elétrons existir?

7. O que acontece com o potencial do condutor negativo, enquanto o fluxo de elétrons existir?

8. Até que ponto o fluxo de elétrons persiste?

**DE ACORDO COM O QUE
ESTUDAMOS EM ELETROSTÁTICA,
OS ELÉTRONS SE DESLOCAM,
SEMPRE DAS REGIÕES DE MENOR
POTENCIAL ELÉTRICO PARA
REGIÕES DE MAIOR POTENCIAL**

ELÉTRICO. ASSIM, O FLUXO DE ELÉTRONS VAI PERSISTIR ENQUANTO HOUVER UMA DIFERENÇA DE POTENCIAL (DDP). NO MOMENTO EM QUE A DIFERENÇA DE POTENCIAL DE UMA PONTA A OUTRA DO FIO FOR ZERO (QUER DIZER, QUANDO O FIO ESTIVER TODO NO MESMO POTENCIAL, O QUE CHAMAMOS DE EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO), A CORRENTE CESSARÁ

AJUDA AQUI!

9. De acordo com o que foi observado até agora, o que é necessário para que exista a corrente elétrica entre dois pontos de um condutor?

10. O que acontece com a ddp enquanto a corrente flui?

SE FOR POSSÍVEL MANTER A DDP ENTRE OS DOIS PONTOS DO CONDUTOR, A CORRENTE SE MANTÉM. FOI POR ISSO QUE INVENTARAM OS GERADORES DE CORRENTE ELÉTRICA (QUE NA VERDADE, SÃO GERADORES DE DDP). FALAREMOS DE GERADORES MAIS PARA A FRENTE.

Já sabemos que, em um condutor sólido, o fluxo de cargas elétricas é devido exclusivamente ao movimento dos elétrons. Se o condutor for gasoso ou líquido, o movimento de cargas elétricas pode ser devido à elétrons e/ou íons.



Não esqueça, se os portadores de carga forem positivos, eles se movem no sentido contrário ao dos elétrons – do potencial alto para o potencial baixo.

11. Lembrando que a corrente elétrica de uma forma geral (líquidos, sólidos e gases) não é exclusividade dos elétrons, como você definiria corrente elétrica? Lembre-se de dizer “o que é” e “porque acontece”.

Intensidade da corrente elétrica (i)

Sabendo o que é corrente elétrica, surge a necessidade de medi-la. A definição para a intensidade da corrente elétrica é a seguinte:

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

12. Qual a unidade de medida para a corrente elétrica baseando-se nesta definição?

Esta unidade de medida recebe o nome de Ampère (A), quer dizer:

$$1 \frac{C}{s} = 1 \text{ Ampère}$$

13. Relembre qual a quantidade de carga elementar presente em um coulomb de carga elétrica e se espante com a enormidade de **1 A**.

Na verdade, o Ampère é uma unidade fundamental do SI, sendo o Coulomb definido a partir dele. Dessa forma:

$$1 C = 1 A \cdot s$$

Pesquisa aí e registra aqui suas conclusões:

14. O que é corrente contínua?

15. O que é corrente alternada?

16. Como se produz uma corrente contínua (só precisa descrever a física, não é necessário projetar um mecanismo que faça isso)?

17. Como se produz uma corrente alternada (só precisa descrever a física, não é necessário projetar um mecanismo que faça isso)?



ANEXO B – Roteiro de Aprendizagem Ativa 2

PROF.: Dr. MARCELO NUNES COELHO

Videoaula 2 -

<https://youtu.be/BUijDRoMN3U>

Videoaula 3 -

<https://youtu.be/gfDsgMokvgw>

TENTE RESOLVER O ROTEIRO ANTES DE ASSISTIR À VIDEOAULA

Objetivos:

- * Compreender os conceitos de Resistência e Resistividade;
- * Ser capaz de relacionar a potência elétrica com energia, d.d.p. e resistência;
- * Compreender o que são resistores;
- * Compreender o efeito Joule;
- * Entender claramente a relação entre a ddp em um resistor, sua resistência e a corrente que por ele passa;
- * Estar apto para realizar o cálculo do consumo de energia elétrica de equipamentos elétricos;

Resistência elétrica e a primeira lei de Ohm

Resistência elétrica é a oposição que o condutor impõe à passagem da corrente elétrica. Quer dizer: mesmo que o condutor permita que a corrente elétrica o percorra, ele oferece uma oposição à essa passagem da corrente. Quanto maior for a resistência, pior condutor é o material.

18. Por que a corrente elétrica consegue fluir através de um condutor?

19. Os portadores de carga elétrica (nesse caso, os elétrons) são as únicas partículas existentes no condutor?

20. Observe a figura. Ela descreve o cenário que você “pintou” até agora. Um condutor (no qual estão destacados os portadores de carga – elétrons – e os átomos fixos). Nas suas extremidades, há uma diferença de potencial. Os elétrons vão então, obviamente, fluir do menor para o maior potencial (corrente real). O que, inevitavelmente, acontecerá durante o movimento dos elétrons ao longo do condutor, considerando que há vários obstáculos no caminho?



ESTA É A ORIGEM DA RESISTÊNCIA. OS ELÉTRONS LIVRES QUE TRANSPORTAM A CORRENTE ELÉTRICA, VÃO COLIDIR COM OS ÍONS FIXOS DO CONDUTOR. ISSO DIFICULTA O MOVIMENTO DOS ELÉTRONS. ISSO DIFICULTA A PASSAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA.

O inverso da resistência elétrica é a condutância elétrica G :

$$G = \frac{1}{R}$$

21. Sabendo o que é resistência e sabendo que a condutância é o inverso disso, tente explicar o conceito de condutância?

22. Se a condutância de um condutor for grande, ele facilita ou dificulta a passagem de corrente elétrica?

É possível relacionar a diferença de potencial entre as extremidades de um condutor (um fio, por exemplo) e a intensidade da corrente que passa por ele.

Ao fazer isso para uma classe vasta de condutores, percebe-se que

$$i \sim U$$

23. O que significa isso?

QUANTO MAIOR A DDP ENTRE AS EXTREMIDADES DE UM FIO, MAIOR A CORRENTE QUE PASSA POR ELE!

Sabemos que a condutância facilita a passagem da corrente elétrica e que uma maior ddp proporciona uma maior corrente. Juntando isso em uma única equação, temos:

$$i = G \cdot U$$

24. Reescreva a equação acima em termos da resistência elétrica R.



A relação que você conseguiu em (24) é a forma mais conhecida do que chamamos de a primeira lei de Ohm (o nome deve-se ao físico George Simon Ohm que a descobriu)

$$U = R \cdot i$$

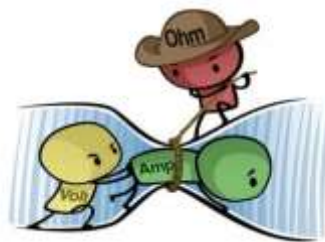
25. De acordo com esta expressão, qual a unidade de medida para a resistência elétrica?

Esta unidade de medida recebe o nome de Ohm (Ω), quer dizer:

$$1 \Omega = 1 \frac{V}{A}$$

Significa que, quando a resistência do condutor é 1Ω , se a ddp nele for de $1 V$, a corrente que o percorrerá será de $1 A$.

Esta figurinha é uma forma ótima de ilustrar a primeira lei de Ohm!



26. Baseado na unidade de medida para resistência, qual será a unidade de medida para condutância?

Esta unidade medida recebe o nome de siemens (S), quer dizer:

$$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$$

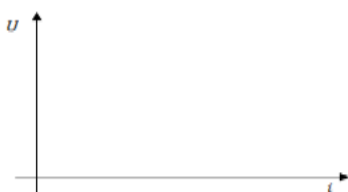
EM RESUMO, A PRIMEIRA LEI DE OHM ESTABELECE QUE CADA CONDUTOR (NÃO É O MATERIAL EM SI, MAS O CONDUTOR COMO UM TODO) TEM UMA RESISTÊNCIA CONSTANTE. NÃO INTERESSA QUAL O VALOR DA CORRENTE OU QUAL O VALOR DA DDP, A RESISTÊNCIA PERMANECE CONSTANTE.

RESISTORES QUE APRESENTAM ESSA PROPRIEDADE SÃO CHAMADOS DE RESISTORES ÔHMICOS.

SE A RESISTÊNCIA AUMENTA AO VARIAR A DDP E A CORRENTE, O RESISTOR É CHAMADO DE NÃO ÔHMICO

Representação gráfica da primeira lei de Ohm

27. Considere um resistor ôhmico de resistência $R = 2 \Omega$. Represente no plano cartesiano abaixo a curva característica desse resistor.



Tô aqui só esperando você dizer que não sabe fazer isso pra mandar você tomar vergonha na cara!!!

Você tem uma lei física que relaciona a ddp (U) com a corrente (i) em um condutor. Aí, de lambuja eu ainda te dou a resistência. Quer mais o quê?! É só escolher valores de corrente e calcular a ddp pra cada uma e plotar no gráfico.

28. Como eu sei que você já entendeu, agora, lá no mesmo plano cartesiano desenha um gráfico de um resistor de resistência $R = 3 \Omega$.

29. Desenha também o gráfico de um resistor de resistência $R = 1 \Omega$

30. Deu pra perceber qual é a característica do gráfico que representa a resistência? Qual é?

Resistividade e a segunda lei de Ohm

A experiência mostra que a resistência elétrica de um determinado condutor (um pedaço de fio, por exemplo), naturalmente, depende do tipo de material do que ele é feito. Contudo, há outros fatores que influenciam na resistência do condutor.

Basta você lembrar que a resistência é consequência das colisões que os elétrons sofrem ao percorrer o condutor.

Para um fio (cabo) feito de material condutor, a resistência pode ser calculada por

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

Nesta expressão,

ρ é uma propriedade que caracteriza o material do cabo. É chamada de resistividade;

L é o comprimento do cabo;

A é a área da seção transversal do cabo (é o calibre do cabo).

31. Pensando no que discutimos sobre a origem da resistência elétrica em um condutor, você consegue dizer por que a resistência de um fio depende do seu comprimento?

32. E por que depende da área da seção transversal?

33. Faça uma análise dimensionai na equação acima e defina a unidade de medida SI para a resistividade.

Podemos também definir uma grandeza chamada condutividade (σ) que é o inverso da resistividade (ρ).

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

34. Qual seria uma unidade de medida adequada para condutividade?

Choque elétrico

O choque elétrico é o efeito da passagem de uma corrente elétrica pelo corpo de uma pessoa. Muita gente acredita que a intensidade do choque é uma consequência direta da ddp.

Porém, de acordo com a primeira lei de Ohm, quando um corpo (o corpo humano é condutor de eletricidade) é submetido a uma ddp constante, a corrente que fluirá por ele, depende da resistência que o corpo oferece. Assim, se a resistência elétrica do corpo é grande, a corrente é pequena e vice-versa.

35. Pesquise qual a resistência elétrica da pele humana seca e da pele humana molhada?

36. Você consegue compreender porque o choque é mais intenso quando estamos molhados, mesmo a ddp sendo a mesma?

Além disso, os efeitos do choque elétrico variam de uma pessoa para outra pois

dependem de fatores como: a parte do corpo por onde a corrente passou; se a pessoa está usando luvas ou botas de borracha.

Choque elétrico e o corpo humano					
Intensidade da corrente elétrica (i)		Reação fisiológica	Possíveis consequências	Salvamento	Resultado provável
CA	CC				
< 25 mA	< 80 mA	1 mA (CA): sensação de formigamento	Asfixia e morte aparente	Respiração artificial	Restabelecimento
		De 5 a 15 mA (CA): contração muscular			
		De 15 a 25 mA (CA): contração violenta; impossibilidade de soltar os eletrodos; problemas respiratórios			
De 25 a 80 mA	De 80 a 300 mA	Sensação insuportável e dolorosa; contrações musculares violentas; asfixia	Morte aparente	Respiração artificial	Restabelecimento
> 80 mA	> 300 Ma	Asfixia imediata; fibrilação ventricular (levando à parada cardíaca); queimaduras	Morte aparente	Respiração artificial; massagem cardíaca; desfibrilação	Restabelecimento, se a desfibrilação for feita a tempo
Intensidade da ordem de alguns ampères		Queimaduras; necrose de tecidos; fibrilação ventricular; asfixia imediata; alguns danos posteriores	Morte aparente, queimaduras intensas, sequelas ou morte de fato	Respiração artificial; massagem cardíaca; desfibrilação; atendimento hospitalar	Hospitalização; desfibrilação; atrofia muscular; recuperação difícil; outros danos colaterais
CA – Corrente alternada; CC – Corrente contínua					

Fonte: KINDERMANN, G. *Choque elétrico*. 2. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2000, p. 86

Potência elétrica

Potência é uma grandeza antiga conhecida nossa.

37. Qual a definição matemática de potência?

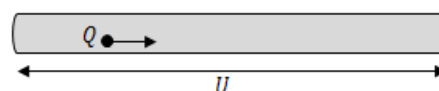
Pois bem! Iremos tratar da potência elétrica que é fornecida a um circuito elétrico. Dessa forma, estamos interessados em saber a taxa de transformação ou transferência de energia elétrica em um dado intervalo de tempo.

$$P = \frac{E_{\text{elétrica}}}{\Delta t}$$

38. Qual a unidade de medida para potência?

39. O que significa dizer que uma lâmpada elétrica funciona com uma potência de 25 W?

Considere a seguinte situação:



Na figura, representamos um pedaço de um fio condutor. Entre as extremidades desse fio, há uma ddp (U). Destacamos uma carga elétrica que se move devido a essa ddp (a ddp, nesse caso, está sendo causada por qualquer dispositivo gerador tipo pilha, bateria ou tomada).

40. Volte ao texto anterior (eletrostática 3) e lembre quanto trabalho é feito sobre esta carga

(Q) quando ela se move por uma diferença de potencial (U).

Quem faz esse trabalho sobre a carga é a fonte de ddp. Dessa forma, podemos dizer que a fonte de ddp está dando energia para a carga.

41. Quanta energia é dada para essa carga se mover de uma ponta a outra do fio?

Perceba que a energia elétrica da fonte de ddp está sendo transformada em energia cinética da carga.

42. Se a carga leva um tempo Δt para ir de uma ponta a outra do fio, qual a potência que a fonte forneceu?

43. Agora, volta lá no início do texto e reveja a definição matemática de corrente elétrica. Reescreva a equação que você conseguiu em (42) em termos da corrente elétrica.

Você deve ter chegado a

$$P = i \cdot U$$

Esta equação diz que se a fonte fornece uma ddp (U) e pelo circuito circula uma

corrente (i), então a potência que o circuito está fornecendo é (P).

Aparelhos de Aquecimento e Eletrodomésticos				
Tipo		Potência (W)	Tipo	Potência (W)
Aquecedor de Água por Acumulação	até 80 L	1.500	Freezer Horizontal	500
	de 100 a 150 L	2.500	Freezer Vertical	300
	de 200 a 400 L	4.000	Geladeira	250
Aquecedor de Água por Passagem		6.000	Liquidificador	200
Aquecedor de Ambiente		1.000	Máquina de Costura	100
Aspirador de Pó		600	Máquina de Lavar Louças	1.500
Batedeira		100	Máquina de Lavar Roupas	1.000
Cafeteira (Maq. Café)	Uso Doméstico	600	Máquina de Secar Roupas	3.500
	Uso Comercial	1.200	Rádio Gravador	50
Chuveiro	127 V	4.400	Secador de Cabelos	1.000
	220 V	6.000	Televisor Preto e Branco	150
Conjunto de som		100	Televisor a Cores	300
Ebulidor		1.000	Tomeira	2.500
Enceradeira		300	Torradeira	800
Espremedor de Frutas		200	Ventilador	100
Exaustor		150	Microcomputador	300
Ferro de Passar Roupa	Automático	1.000	Impressora	45
	Simples	500		
Fornos, Fogões e Grill				
Fogão		1.500/Boca	Grill	1.200
Forno (de Embutir)		4.500	Forno de Micro – Ondas	750

Fonte: http://www.ufjf.br/ivo_junior/files/2010/12/1%C2%AA-Tabelas-ND51.pdf

A tabela acima mostra a potência de que alguns eletrodomésticos consomem para poder funcionar. Sabendo que nossa rede de energia elétrica fornece uma ddp $U = 220\text{ V}$...

44. Qual é a corrente que circula por uma impressora para que ela funcione adequadamente?

45. E em um freezer horizontal?

46. E em um aquecedor de água por passagem?

Por falar nisso, você sabe o que é um aquecedor de água por passagem?

47. Se esse aquecedor aí ficar ligado 30 min por dia, quanta energia (em Joule) você vai gastar em um mês?

Deu pra entender porque o chuveiro elétrico gasta tanta energia elétrica?

Resistência elétrica e efeito Joule

A colisão dos elétrons que compõem a corrente elétrica com os átomos da estrutura do material gera um aquecimento do condutor. Esse aquecimento, que é consequência da resistência que o condutor oferece, é chamado de Efeito Joule. Deve ser natural para você que o a intensidade do efeito Joule (ou seja, o grau de aquecimento do condutor) dependa tanto da resistência elétrica do condutor, como da corrente que passa por ele.

Use a expressão da potência elétrica que tá na aí em cima e a primeira lei de Ohm.

48. Escreva uma equação para a potência que só dependa de R e i .

49. Agora, escreva uma expressão que só dependa de R e U .

Estas duas equações

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

e

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

Me permitem calcular a potência que o condutor está dissipando em forma de calor.

Observe bem a diferença conceitual entre a primeira equação e estas duas.

A PRIMEIRA DETERMINA A POTÊNCIA QUE O CONDUTOR RECEBE.

ESTAS AQUI CALCULAM A POTÊNCIA QUE O CONDUTOR DISSIPA (O QUE ELE TRANSFORMA EM CALOR)

50. Dos eletrodomésticos da tabela da página anterior, considere os que existem em sua residência e faça um cálculo de quanta energia elétrica vocês consomem por mês (em Joule).

Se você observar sua conta de eletricidade, contudo, você perceberá que a energia elétrica está medida em uma unidade um pouco diferente, o **quilowatt-hora**. Mas o que é o quilowatt-hora.

É normal confundir o quilowatt-hora (kWh) com o quilowatt (kW). Contudo, kW (1000 W) é uma unidade de medida de potência. Significa 1000 J/s.

Já quilowatt-hora (kWh) é uma unidade de medida de energia, pois é o produto de uma unidade de potência (kW) por uma unidade de medida de tempo (h).

Veja da definição de potência (a definição mesmo) que Potência vezes tempo é igual a energia.

Se quilowatt-hora é uma unidade de medida de energia, dá pra convertê-lo em Joule ou vice-versa, ok?!

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h}$$

51. Você sabe o que é kW e você sabe o que é hora (no SI). Bom trabalho.

52. Agora que você já sabe converter kWh para J e vice-versa, qual o consumo de energia da sua casa em kWh?

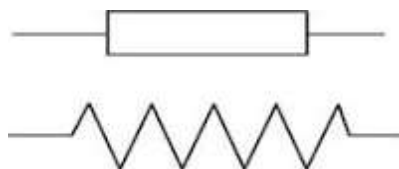
Resistor

Um resistor é um componente cuja função é oferecer resistência à passagem da corrente elétrica. Dessa forma, o resistor serve para converter energia elétrica em energia térmica e para regular a corrente elétrica que passa no circuito.

Lembre-se que todo condutor é, de certa forma, um resistor, pois oferece resistência à passagem de corrente elétrica. Contudo, há condutores que são fabricados com esta única finalidade. São esses que chamamos de resistores.

Resistores assim são encontrados em chuveiros elétricos, ferros de passar roupas, pranchas para alisar cabelo, fornos elétricos, aquecedores elétricos, fogões de resistência, etc.

Quando estivermos representando um resistor em um circuito elétrico, usaremos um dos seguintes símbolos.



Estes símbolos, ambos, são utilizados para representar resistores cuja resistência elétrica permanece constante, independentemente da ddp ou da corrente.

Contudo, há circuitos em que é necessário que tenhamos uma resistência que se modifique de acordo com a necessidade. Pode ser porque queremos dissipar mais energia térmica (ou menos).

Pode ser, simplesmente, porque queremos uma corrente maior (ou menor).

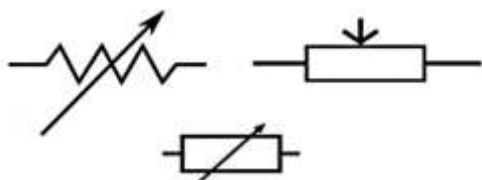
Se é possível alterar a resistência de um resistor elétrico quando desejamos, chamamos esse componente de **reostato** ou **potenciômetro**.

Reostatos/potenciômetros são mais comumente usados em circuitos cuja potência é variável. Por exemplo:

i) ventiladores (três velocidades – três potências diferentes). Ao girar o botão do ventilador (um reostato), você varia a resistência elétrica, que modifica a corrente que passa pelo circuito, variando, obviamente a potência (a velocidade do ventilador);

ii) aparelhos de som (volume). Ao girar o botão do volume (um reostato), você varia a resistência elétrica, que modifica a corrente que passa pelo circuito, variando assim, a potência (o volume do som);

Em circuitos elétricos o reostato é representado por um dos seguintes símbolos:



Sintetize:

2. O que é um resistor?

3. O que é um reostato?

A ddp em um resistor

Considere o resistor da figura abaixo:



Considere que o terminal A do resistor está ligado em um potencial V_A e que o terminal B esteja ligado em um potencial V_B ($V_A > V_B$). Há, portanto, uma diferença de potencial U entre os terminais do resistor.

4. Supondo que essa ddp U se mantenha constante, é seguro dizer que uma corrente atravessará o resistor R . Qual o sentido dessa corrente (corrente convencional)?

5. Ao atravessar a resistência, a corrente elétrica sofreu uma queda ou uma subida de potencial?

6. Sabendo que, ao atravessar a resistência R , a corrente elétrica i sofreu uma variação de potencial U , qual a lei física que permite relacionar estas três grandezas?

O que eu quero que você perceba aqui é o seguinte:

SEMPRE QUE “ATRAVESSAMOS” UM RESISTOR DE UM TERMINAL AO OUTRO, SOFREMO UMA VARIAÇÃO DE POTENCIAL. SE HOUVER UMA CORRENTE NO ELEMENTO, O POTENCIAL DE UM LADO DO RESISTOR, NUNCA É IGUAL AO POTENCIAL DO OUTRO LADO DO RESISTOR. HÁ SEMPRE UMA QUEDA OU UMA SUBIDA.

7. Se considerarmos, só para orientação, que existem dois sentidos: i) o mesmo da corrente e ii) o oposto ao da corrente, em qual sentido acontece uma queda de potencial?

Considere o resistor da figura anterior. Admita que sua resistência é $R = 100 \, \Omega$.

8. Se $V_A = 0\text{ V}$ e $V_B = 100\text{ V}$, qual a corrente que passa nesse resistor e qual o sentido dela?

9. Se $V_A = -100\text{ V}$ e $V_B = 200\text{ V}$, qual a corrente que passa nesse resistor e qual o sentido dela?

10. Se $V_A = 1000\text{ V}$ e $V_B = 500\text{ V}$, qual a corrente que passa nesse resistor e qual o sentido dela?

12. Se $V_A = 1200\text{ V}$ e $V_B = 1100\text{ V}$, qual a corrente que passa nesse resistor e qual o sentido dela?

Continue considerando o mesmo resistor com a mesma resistência.

13. Uma corrente de intensidade $i = 1\text{ A}$ atravessa o resistor de A para B, qual a ddp e qual o terminal que está no potencial mais alto?

14. Uma corrente de intensidade $i = 2\text{ A}$ atravessa o resistor de B para A, qual a ddp e qual o terminal que está no potencial mais alto?

COMO SE PODE NOTAR, AO “ATRAVESSAR” O RESISTOR NO SENTIDO DA CORRENTE, SOFREMO UMA QUEDA DE POTENCIAL.

NADA MAIS ÓBVIO, JÁ QUE HÁ MUITO TEMPO SABÍAMOS QUE A CORRENTE (CONVENCIONAL) SEMPRE VAI DO POTENCIAL MAIOR PARA O ME

ANEXO C – Atividade Complementar 1(realizar em grupos)

O propósito desta atividade é familiarizá-los com as leis físicas e com os fundamentos de uma instalação elétrica residencial. Para isso, siga os passos abaixo.

- 1.Certifique-se do valor da tensão de alimentação em sua cidade: 110 V ou 220 v.
- 2.Selecione os seguintes dispositivos: lâmpadas, televisor, computador, secador de cabelos, ferro de passar roupas, liquidificador, geladeira, ventilador e máquina de lavar roupas. Verifique os dados nominais e a corrente de cada um deles.
- 3.Faça uma estimativa do tempo que cada um fica ligado, por dia. Estime o consumo de mensal de energia da residência em kWh e verifique se é compatível com o medido pela concessionária de energia.
- 4.Calcule a corrente total, com todos os dispositivos ligados em paralelo. Em seguida, examine se o disjuntor de sua residência é adequado.

Disponível em:

Guimarães, Osvaldo
Física / Osvaldo Guimaraes, José Roberto Piqueira, Wilson Carron. - 2. Ed. - São Paulo; Ática, 2016. P. 52

ANEXO D – Roteiro de Aprendizagem Ativa 3

PROF.: Dr. MARCELO NUNES COELHO

videoaula 4 -

<https://youtu.be/O5LOftlIsxU>

videoaula 5 -

<https://youtu.be/qcQ0GAMusOQ>

TENTE RESOLVER O ROTEIRO ANTES DE ASSISTIR À VIDEOAULA

Objetivos:

- Compreender e analisar uma associação em série de resistores;
- Compreender e analisar uma associação em paralelo de resistores;
- Compreender e analisar uma associação mista de resistores.

Associação de resistores

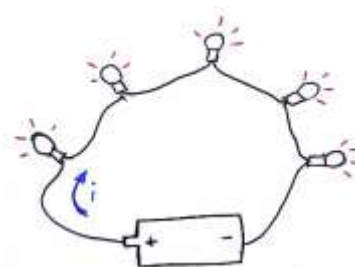


Em algumas situações, você pode desejar obter resistores com resistências que não estão disponíveis no comércio. Para resolver este problema, você poderá associar resistores.

Por meio de associações, é possível obter resistências maiores ou menores, dependendo da forma como se associa.

Associação de resistores em série

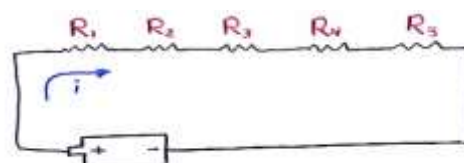
Considere a ligação abaixo:



Na ligação acima, em uma pilha (uma fonte de ddp) são conectadas cinco lâmpadas (cinco resistências, não necessariamente iguais). As lâmpadas foram todas conectadas de tal forma que a corrente que passa por todas elas é a mesma (i). Ou seja, há um único caminho pelo qual a corrente pode fluir através deste circuito elétrico.

Quando elementos de circuitos são associados dessa forma, dizemos que eles estão associados em série.

Simbolicamente, podemos representar o circuito acima da seguinte forma:



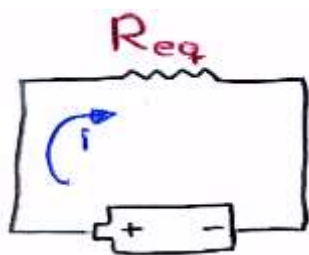
Observe que o terminal esquerdo do resistor R_1 está conectado ao polo positivo da pilha e que o terminal direito do resistor R_5 está conectado ao polo negativo da pilha. Ou seja, se a ddp fornecida pela pilha for U , a ddp através de todos os resistores será U .

Preste atenção! Não estamos dizendo que a ddp através do resistor 1 é U , nem

do resistor 2, etc. O que estamos afirmando é que, ao atravessar todos os resistores, há uma ddp U .

Perceba que, se a ddp for constante, a corrente i nesse circuito depende, exclusivamente, dos valores das resistências $R_1, \dots, R_5$.

É possível considerarmos um único resistor que, sozinho, faça, neste circuito, o mesmo efeito que todos estes juntos. Ou seja, é possível escolhermos um resistor equivalente (R_{eq}) de tal forma que, quando for ligado na mesma pilha (mesma ddp U) dá origem a mesma corrente elétrica (i).



Nosso objetivo, agora, é determinar qual seria esse resistor que é equivalente aos resistores que foram associados

15. Se, ao atravessar o resistor R_1 há uma ddp U_1 , do resistor R_2 uma ddp U_2 , etc., como é possível relacionar a ddp total U com as ddp's de cada resistor?

De acordo com a primeira lei de Ohm:

16. Se a resistência do primeiro resistor é R_1 e por ele passa uma corrente i , como calcular a ddp U_1 ?

17. Se a resistência do segundo resistor é R_2 e por ele passa uma corrente i , como calcular a ddp U_2 ?

18. Se a resistência do terceiro resistor é R_3 e por ele passa uma corrente i , como calcular a ddp U_3 ?

19. Se a resistência do quarto resistor é R_4 e por ele passa uma corrente i , como calcular a ddp U_4 ?

20. Se a resistência do quinto resistor é R_5 e por ele passa uma corrente i , como calcular a ddp U_5 ?

Se você usar estas expressões para $U_1, U_2, \dots, U_5$ na resposta da 15, você chega à seguinte expressão:

$$U = i \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)$$

Perceba que se escolhermos um resistor equivalente tal que

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

a equação acima fica

$$U = R_{eq} \cdot i$$

Ou seja, o resistor

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

quando ligado na ddp U dá origem à mesma corrente i que os cinco resistores ligados juntos.

Dizemos que R_{eq} calculado da forma acima é o Resistor Equivalente do circuito.

Se tivermos uma associação de n resistores todos em série, é possível determinar a resistência equivalente desse circuito da seguinte forma:

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

21. Um pisca-pisca (aqueles de enfeite de natal) tem 100 lâmpadas ligadas em série.

Considere que cada uma destas lâmpadas tem uma resistência elétrica de $1\ \Omega$. Qual a resistência equivalente deste circuito?

22. Se o pisca-pisca for ligado a uma ddp $U = 220\text{ V}$, qual a corrente elétrica que irá percorrê-lo?

23. Qual a potência dissipada por cada uma das lâmpadas?

Quando uma lâmpada “queima”, significa que corrente elétrica não passa mais por ela.

24. O que aconteceria com o circuito se uma das lâmpadas queimasse?

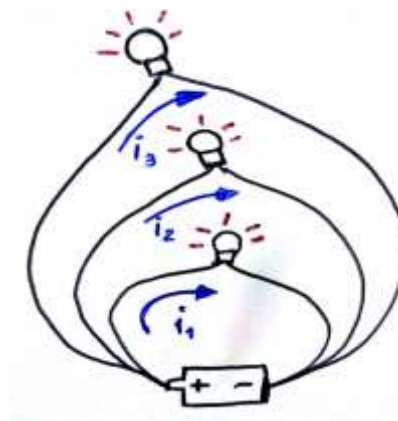
25. Se este pisca-pisca tivesse 200 lâmpadas idênticas às anteriores, qual seria a resistência equivalente do circuito?

Note que adicionar resistências em série, aumenta a resistência total do circuito. Ao aumentar a resistência total do circuito, você diminui a corrente total do circuito (i). Como potência é dada por $P = U \cdot i$ (e U não mudou), a potência fornecida pela pilha diminui.

UM DOS INCONVENIENTES DE UMA LIGAÇÃO EM SÉRIE É JUSTAMENTE QUE, SE O CIRCUITO FOR INTERROMPIDO EM QUALQUER PONTO, TODOS OS COMPONENTES PARAM DE FUNCIONAR.

Associação de resistores em paralelo

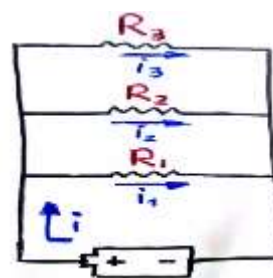
Considere a ligação abaixo:



No circuito acima, três lâmpadas (de resistências não necessariamente iguais), são conectadas, cada uma delas, aos polos positivo e negativo de uma pilha que fornece uma ddp U . Assim, cada uma das lâmpadas está sujeita a uma ddp U . Como há três caminhos possíveis, teremos uma corrente elétrica em cada um dos trechos (i_1 , i_2 e i_3).

Quando elementos de circuito são ligados de forma que estejam submetidos à mesma ddp (independente das suas resistências), dizemos que temos uma associação em paralelo

Simbolicamente, o circuito acima pode ser representado da seguinte forma:



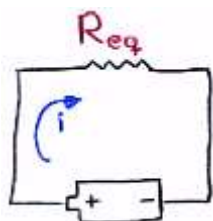
Pela conservação da carga elétrica (que se estende à corrente elétrica), podemos afirmar que

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

Ou seja, a soma das correntes que percorrem cada trecho do circuito é igual à corrente total que sai da bateria.

Se a ddp fornecida pela pilha for constante, o valor destas correntes (e consequentemente da corrente total) só depende das resistências associadas.

Aqui também, é possível considerarmos um único resistor que, sozinho, faça, neste circuito, o mesmo efeito que todos estes juntos. Ou seja, é possível escolhermos um resistor equivalente (R_{eq}) de tal forma que, quando for ligado na mesma pilha (mesma ddp U) dá origem a mesma corrente elétrica total (i).



Para este circuito

$$U = R_{eq} \cdot i$$

Nosso objetivo, agora, é determinar qual seria esse resistor que é equivalente aos resistores que foram associados.

26. Se a ddp no resistor R_1 é U e a corrente que passa por ele é i_1 , escreva a primeira lei de Ohm para esse resistor.

27. Se a ddp no resistor R_2 é U e a corrente que passa por ele é i_2 , escreva a primeira lei de Ohm para esse resistor.

28. Se a ddp no resistor R_3 é U e a corrente que passa por ele é i_3 , escreva a primeira lei de Ohm para esse resistor.

Se você usar estas expressões naquela que determina a relação entre a corrente total e as correntes i_1 , i_2 e i_3 , você obterá.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Se tivermos n resistores todos associados em paralelo, a resistência equivalente desse circuito pode ser determinada por:

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

A equação acima me permite definir qual a resistência equivalente a um conjunto de resistores associados em paralelo.

É importante você não esquecer que, a corrente total i que percorre o circuito, depende da resistência total do circuito (resistência equivalente), pois $U = R_{eq} \cdot i$

29. Considere apenas dois resistores R_1 e R_2 associados em paralelo. Encontre a expressão simplificada para calcular a resistência equivalente (É claro que você vai partir da equação acima).

30. Considere agora n resistores de resistências iguais R . Encontre a expressão simplificada para calcular a resistência equivalente.

Considere um circuito com uma fonte de 12 V e duas resistências, $R_1 = 2 \Omega$ e $R_2 = 3 \Omega$ ligadas em paralelo.

31. Qual a resistência equivalente desse circuito?

32. Qual a corrente total desse circuito?

33. Sabendo o valor de cada uma das resistências e que cada uma delas está sujeita a uma ddp de 12 V (pois estão em paralelo), qual a corrente que passa em cada resistor?

$R_1 \rightarrow$

$R_2 \rightarrow$

34. A soma dessas correntes é, de fato, igual à corrente total?

Agora, considere que, no circuito anterior, é inserido uma terceira resistência $R_3 = 3\ \Omega$ também em paralelo.

35. Recalcule a resistência equivalente desse circuito?

36. Qual a corrente total?

37. Qual a corrente que passa em cada resistor?

$R_1 \rightarrow$

$R_2 \rightarrow$

$R_3 \rightarrow$

38. O que aconteceu com a resistência equivalente do circuito quando você adicionou mais uma resistência em paralelo?

39. De acordo com o que você observou, em qual resistor passa mais corrente, no maior ou no menor?

Toques importantes!

Sempre que você adicionar resistências em paralelo, a tendência é diminuir a resistência equivalente do circuito. Consequentemente, a corrente total do circuito aumenta. Logo, por $P = U \cdot i$, a potência fornecida ao circuito aumenta.

Perceba, contudo, que a corrente que passa em cada um dos resistores não mudou. Óbvio, tendo em vista que tal corrente só depende da ddp (que permaneceu U) e da resistência de cada resistor.

Sempre passará uma corrente maior no caminho que tiver menor resistência.

Pare e pense

Baseando-se no que você observou até agora, responda:

40. Você tem uma lâmpada, cuja resistência elétrica é $R = 5\ \Omega$, ligada a uma ddp $U = 12\ V$. O que acontecerá com o brilho desta lâmpada se, neste mesmo circuito, for ligada outra lâmpada em série?

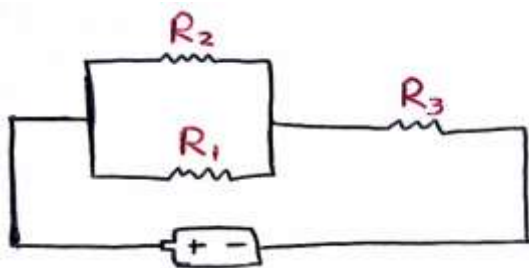
41. E se a outra lâmpada for ligada em paralelo?

42. Se você adicionar mais e mais lâmpadas em série, a pilha descarregará mais rápido ou mais lentamente? (isso tem a ver com potência, é claro)

43. E se você adicionar mais e mais lâmpadas em paralelo, a pilha descarregará mais rápido ou mais lentamente?

Associação mista de resistores

Dizemos que uma associação de resistores é mista quando apresenta elementos associados em série e outros associados em paralelo. Veja o exemplo abaixo.



Os resistores R_1 e R_2 estão associados em paralelo. O equivalente deles está em série com R_3 .

Para calcular a resistência equivalente de associações mistas, primeiro encontramos os equivalentes dos resistores associados em paralelo e os equivalentes dos resistores associados em série até que, no final, tenhamos apenas resistores associados em série ou em paralelo (um ou outro).

Exemplo:

Curto-circuito

Considere duas lâmpadas idênticas associadas em série como na figura abaixo

Se a ddp fornecida pela pilha for U , a ddp em cada uma das lâmpadas será $U/2$ e a mesma corrente que passa na lâmpada 1 também passa na lâmpada 2.

Agora, considere a seguinte situação:

Nessa nova configuração, um fio de resistência desprezível ($R \cong 0$) foi ligado nos mesmos pontos onde estavam ligados os terminais da primeira lâmpada (pontos A e B). Dessa forma, quando a corrente elétrica chega ao ponto A existem dois caminhos possíveis: i) de A para B, passando pela lâmpada (que tem uma resistência relativamente grande); ii) de A para B, passando pelo fio, cuja resistência é praticamente nula.

44. Por qual dos dois caminhos você acredita que fluirá a maior parte da corrente?

De acordo com o que vimos anteriormente, se há duas possibilidades de caminhos com resistências diferentes, passará mais corrente por onde tem menos resistência. Como a resistência do trecho superior é zero, a corrente toda passará por lá.

Perceba que, se não passa corrente pela primeira lâmpada, ela não faz parte do circuito. Assim a resistência equivalente do circuito diminui (só uma lâmpada faz parte agora). Consequentemente a corrente elétrica total aumenta. Por conta disso, a lâmpada dois passará a brilhar mais intensamente, o que pode danificá-la

Essa configuração que acabamos de discutir é o que chamamos de curto-circuito. Fazemos um curto-circuito, quando ligamos dois pontos do circuito com um fio que tem resistência desprezível. Dizemos que aquele trecho do circuito está curto-circuitado.

Se o fio tem resistência desprezível ($R = 0$), de acordo com a primeira lei de Ohm, a ddp entre suas extremidades é $U = 0$

Assim, um curto circuito é feito quando ligamos dois pontos do circuito por meio de um fio que tem resistência desprezível, o que anula a ddp entre eles. Perceba que, no exemplo anterior, nós curto-circuitamos a lâmpada 1.

Ao contrário do que muita gente pensa, o trecho do circuito que está em curto-circuito não sofre dano. Veja a lâmpada 1.

Na verdade, para de passar corrente naquele trecho. O problema acontece

porque, ao eliminar aquela trecho do circuito, você elevará a corrente. O que pode ser danoso para o restante do circuito ou mesmo para a fonte.

ANEXO E – Roteiro de Aprendizagem Ativa 4

PROF.: Dr. MARCELO NUNES COELHO

Videoaula 6 -

<https://youtu.be/SU4rrgchtNk>

TENTE RESOLVER O ROTEIRO ANTES DE ASSISTIR À VIDEOAULA

Objetivos:

- Entender como se realiza uma medida de corrente elétrica em um trecho de circuito;
- Compreender como se realiza uma medida de ddp entre dois pontos de um circuito;
- Compreender como se realiza uma medida de resistência em um trecho de circuito;

Medidas elétrica

Geralmente, é necessário que conheçamos os valores de algumas medidas relativas à determinado circuito ou a trechos dele. As medidas que mais nos interessam, em geral, são a *corrente elétrica*, a *diferença de potencial (ddp)* e a *resistência*.

Existem equipamentos de medição que foram desenvolvidos com a função de realizar esta tarefa.

- Para medir corrente elétrica, utilizamos o *Amperímetro*;
- Para medir diferença de potencial, utilizamos o *Voltímetro*;
- Para medir resistência, podemos utilizar um *Amperímetro* e um *Voltímetro* juntos ou um *Ohmímetro*.

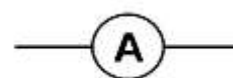
Existem ainda os *multímetros* que são equipamentos que possibilitam realizar as três medidas (corrente, ddp e resistência), bastando para tanto posicionar adequadamente uma chave seletora de opção.

Medida da corrente elétrica e o Amperímetro

A figura ao lado mostra um amperímetro analógico capaz de medir correntes de até 20 mA.



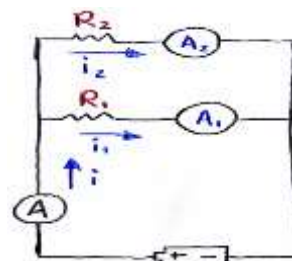
Em diagramas de circuitos elétricos, o amperímetro será representado da seguinte forma:



Utilizamos o amperímetro quando desejamos medir a corrente elétrica que passa em um determinado trecho do circuito. Para que a medida seja realizada de forma correta, é necessário que a corrente que se quer medir passe pelo amperímetro.

Assim, o amperímetro deve ser ligado em série com o trecho do circuito no qual se deseja medir a corrente.

Veja abaixo:



Na figura, três amperímetros foram inseridos no circuito elétrico (*A*, *A₁* e *A₂*). O primeiro *A*, está em série com a bateria. Logo, ele mede a corrente que passa pela

bateria (i). O segundo A_1 está em série com o resistor R_1 . Assim, a mesma corrente que passa pelo resistor, passa por A_1 . Este amperímetro, então, mede a corrente i_1 . O amperímetro A_2 , em série com o resistor R_2 , mede a corrente i_2 .

Perceba que o amperímetro tem de ser feito de um material condutor (caso contrário, ele interromperia o circuito). Dessa forma, é lógico crer que o próprio amperímetro tem uma resistência elétrica interna (R_A).

Assim, o simples fato de inserir o amperímetro no circuito, altera a corrente que se quer medir. Você entende essa afirmação?

45. Pois, explique para mim.

Por conta disso, amperímetros são construídos de forma que sua resistência interna seja praticamente desprezível. Assim sendo, a resistência em cada trecho do circuito não é alterada pela presença do equipamento.

Medida de ddp e o Voltímetro

A figura abaixo mostra um voltímetro analógico capaz de medir ddp's de até 5 V.



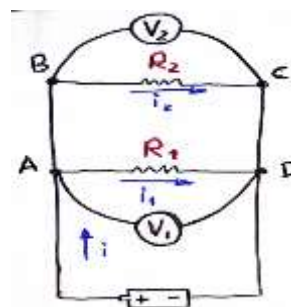
Em diagramas de circuitos elétricos, o voltímetro será representado da seguinte forma:



Utilizamos o voltímetro quando desejamos medir a ddp entre dois pontos do circuito. Para que a medida seja realizada de forma correta, é necessário que não passe nenhuma corrente pelo voltímetro.

Portanto, o voltímetro não deve ser ligado em série, mas sim, em paralelo com o trecho onde se quer medir a ddp.

Veja abaixo:



Na figura, dois voltímetros foram inseridos no circuito elétrico (V_1 e V_2). O primeiro V_1 , está em paralelo com a resistência R_1 . Logo, ele mede a ddp entre os terminais desse resistor (A e D). O segundo V_2 está em paralelo com o resistor R_2 . Assim, ele mede a ddp entre os terminais desse resistor (B e C).

Perceba que não pode passar corrente elétrica pelo voltímetro (caso contrário, isso modificaria a ddp do trecho que se deseja medir).

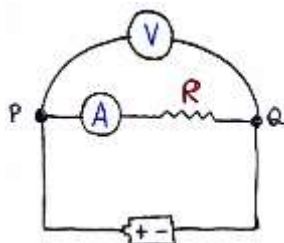
Assim, o voltímetro tem de ter uma resistência interna muito elevada de modo que praticamente nenhuma corrente passe por ele.

Medida da resistência elétrica

É possível medir resistência elétrica utilizando um amperímetro, um voltímetro e a lei de Ohm. Ora, se conhecemos a corrente que percorre um trecho do circuito e a ddp entre as extremidades deste trecho, é possível determinar a resistência por meio de

$$U = R \cdot i$$

Assim, basta ligar o amperímetro e o voltímetro como na figura abaixo:



O arranjo acima foi feito com o intento de medir a resistência R (desconhecida). Para isso, o amperímetro A (cuja resistência é desprezível) está em série com o resistor R . Assim, A está medindo a corrente que passa por este resistor (i). O voltímetro V está em paralelo com o resistor. Dessa forma, o voltímetro está medindo a ddp entre P e Q .

Uma outra forma de realizar esta medição é utilizando um *ohmímetro*. Para que a medida seja feita com este equipamento, basta conectá-lo aos terminais do resistor cuja resistência se deseja conhecer.

Para finalizar, a figura abaixo mostra um modelo muito comum de multímetro. Note a chave seletora e as regiões onde ela deve ser posicionada para medirmos correntes (A), ddp contínua (V-), ddp alternada (V~) e resistência elétrica (Ω).



Referências

BISCUOLA, Gualter José. Física, 3: **eletricidade**: física moderna, -- 3. Ed. --São Paulo: saraiva, 2016.

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

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**: ensino médio. São Paulo: Ática, 2010.

GREF, Física. 4. ed. São Paulo: Edusp, 1998. v. 2.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

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

SILVA, André Luis Silva da. **Ensino experimental de ciências: uma proposta: atividade experimental problematizada (AEP)**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

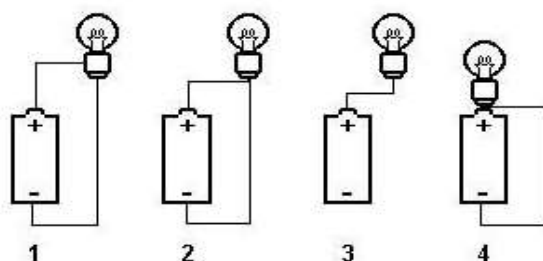
APÊNDICE B – PRÉ-TESTE

 Francisco Jaguaribe Educando para a Cidadania	PRÉ-TESTE MESTRANDO: JÚLIO SÉRGIO 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO	 Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
NOME	TURMA	DATA
NOTA		

1 – A corrente elétrica pode ser constituída pelo movimento de:

- a) elétrons apenas;
- b) íons apenas;
- c) prótons apenas;
- d) elétrons e prótons apenas;
- e) elétrons e íons em geral.

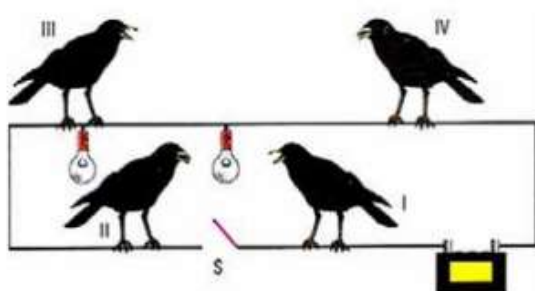
2 – Observe as configurações a seguir:



A configuração que permite acender a lâmpada, usando uma pilha comum e alguns pedaços de fio, é a de número:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4.

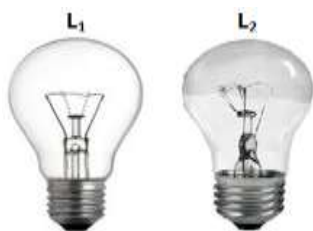
3 – (Uferj) A figura abaixo mostra quatro passarinhos pousados em um circuito no qual uma bateria de automóvel alimenta duas lâmpadas.



Ao ligar-se a chave S, o passarinho que pode receber um choque elétrico é o de número:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV

4 – (UFC – CE) Duas lâmpadas, L_1 e L_2 , são idênticas, exceto por uma diferença: a lâmpada L_1 tem um filamento mais espesso que a lâmpada L_2 . Ao ligarmos cada lâmpada a uma tensão de 220 V, observamos que:



- a) L_1 e L_2 tem o mesmo brilho. Isso significa que elas têm a mesma potência nominal.
- b) L_1 brilhará mais, pois tem maior resistência. Isso significa que L_1 tem menor potência nominal.
- c) L_2 brilhará mais, pois tem maior resistência. Isso significa que L_2 tem menor potência nominal.
- d) L_2 brilhará mais, pois tem menor resistência. Isso significa que L_2 tem maior potência nominal.
- e) L_1 brilhará mais, pois tem menor resistência. Isso significa que L_1 tem maior potência nominal.

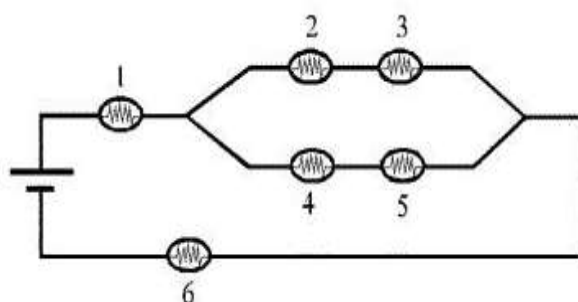
5 – (UNIFESP) ADAPTADA – De acordo com um fabricante, uma lâmpada de LED cujos valores nominais são 9 W – 220 V substitui adequadamente uma lâmpada incandescente de valores nominais 40 W – 220 V, com uma vantagem adicional. Essa informação significa que:

- a) ambas consomem a mesma potência e produzem a mesma luminosidade;
- b) a lâmpada de LED produz a mesma luminosidade que a lâmpada incandescente, consumindo menos potência;
- c) ambas consomem a mesma potência, mas a luminosidade da lâmpada LED é maior;
- d) ambas consomem a mesma potência, mas a luminosidade da lâmpada incandescente é maior;
- e) a lâmpada incandescente produz a mesma luminosidade que a lâmpada de LED, consumindo menos potência.

6 – Com relação à associação de resistores em série, indique a alternativa incorreta:

- a) A resistência equivalente à associação é sempre maior que a de qualquer um dos resistores componentes.
- b) A intensidade de corrente elétrica é igual em todos os resistores.
- c) A soma das tensões nos terminais dos resistores componentes é igual à tensão nos terminais da associação.
- d) A tensão é necessariamente a mesma em todos os resistores.
- e) A potência elétrica dissipada é maior no resistor de maior resistência.

7 – (Ufes) uma árvore de Natal é iluminada com um circuito de lâmpadas semelhantes, conforme a figura. Considerando que a lâmpada 2 queima, que lâmpadas permanecerão acesas?



- a) Todas as outras.
- b) Somente as lâmpadas 1, 4 e 5.
- c) Somente as lâmpadas 1 e 6.
- d) Somente as lâmpadas 1, 4, 5 e 6.
- e) Nenhuma lâmpada.

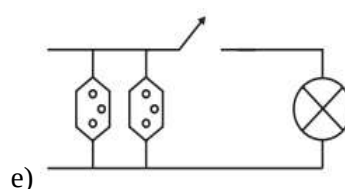
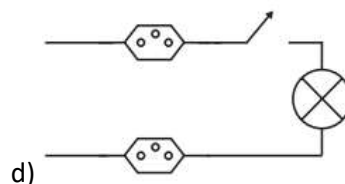
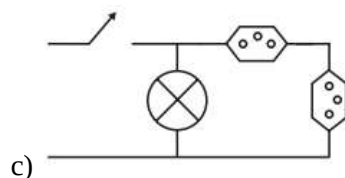
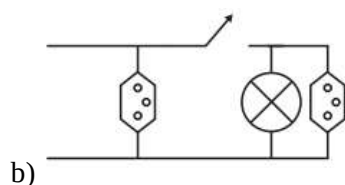
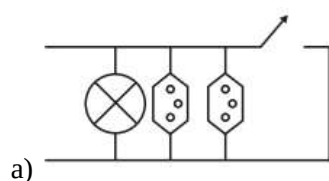
08 - Um estudante, precisando instalar um computador, um monitor e uma lâmpada em seu quarto, verificou que precisaria fazer a instalação de duas tomadas e um interruptor na rede elétrica. Decidiu esboçar com antecedência o esquema elétrico.

“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.

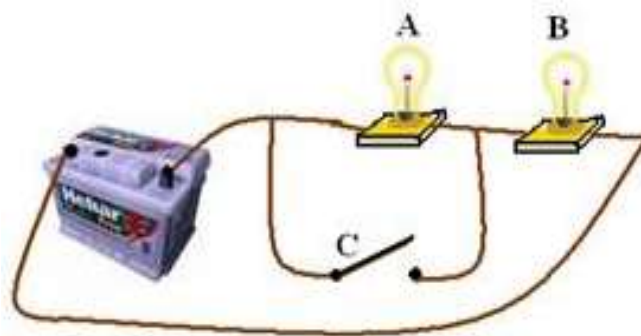
Símbolos adotados:



Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?



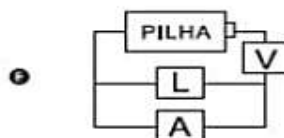
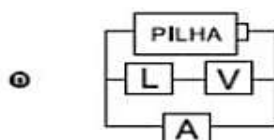
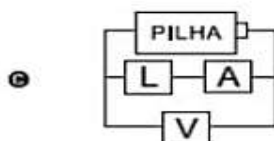
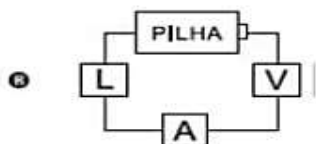
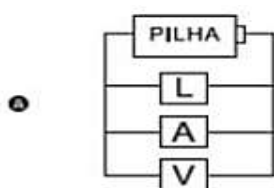
09 – Duas lâmpadas iguais, de 12 V cada uma, estão ligadas a uma bateria de 12 V, como mostra a figura a seguir.



Estando o interruptor C aberto, as lâmpadas acendem com intensidades iguais, ao fechar o interruptor C, observa-se: (lembre que o interruptor é ideal, ou seja, não oferece resistência nenhuma à corrente)

- a) A apaga e B brilha mais intensamente.
- b) A apaga e B mantém o brilho.
- c) A apaga e B apaga.
- d) B apaga e A brilha mais intensamente.
- e) B apaga e A mantém o brilho.

10 - (ENEM/2012/2) Um eletricitista precisa medir a resistência elétrica de uma lâmpada. Ele dispõe de uma pilha, de uma lâmpada (L), de alguns fios e de dois aparelhos: um voltímetro (V), para medir a diferença de potencial entre dois pontos, e um amperímetro (A), para medir a corrente elétrica. O circuito elétrico montado pelo eletricitista para medir essa resistência é:



APÊNDICE C - TARJETAS MAPA CONCEITUAL

DIFERENÇA DE POTENCIAL

EFEITO JOULE

SÉRIE

CIRCUITO ELÉTRICO

OHMÍMETRO

VOLTAGEM

CAMPO ELÉTRICO

POTÊNCIA ELÉTRICA

CORRENTE ELÉTRICA

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

RESISTORES

MISTA

AMPERÍMETRO

TENSÃO

VOLTÍMETRO

PARALELO

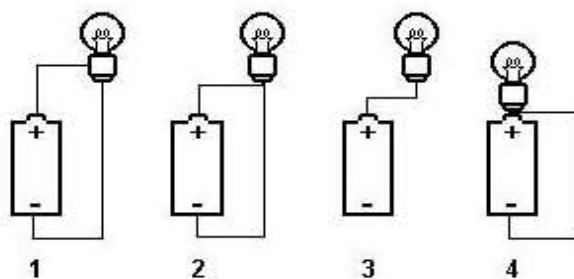
APÊNDICE D - PÓS-TESTE

 Francisco Jaguaribe Educando para a Cidadania	PÓS-TESTE MESTRANDO: JULIO SÉRGIO 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO	 MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	
NOME	TURMA	DATA	NOTA

1 – A corrente elétrica pode ser constituída pelo movimento de:

- a) elétrons apenas;
- b) íons apenas;
- c) prótons apenas;
- d) elétrons e prótons apenas;
- e) elétrons e íons em geral.

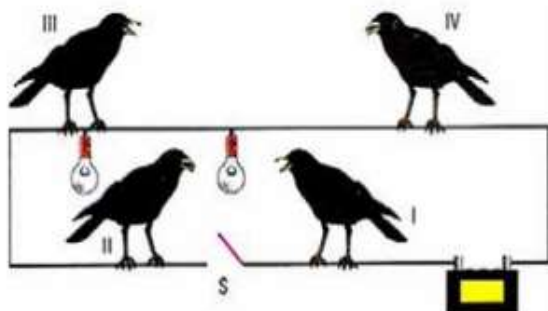
2 – Observe as configurações a seguir:



A configuração que permite acender a lâmpada, usando uma pilha comum e alguns pedaços de fio, é a de número:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4.

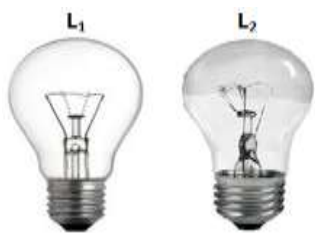
3 – (Uferj) A figura abaixo mostra quatro passarinhos pousados em um circuito no qual uma bateria de automóvel alimenta duas lâmpadas.



Ao ligar-se a chave S, o passarinho que pode receber um choque elétrico é o de número:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV

4 – (UFC – CE) Duas lâmpadas, L_1 e L_2 , são idênticas, exceto por uma diferença: a lâmpada L_1 tem um filamento mais espesso que a lâmpada L_2 . Ao ligarmos cada lâmpada a uma tensão de 220 V, observamos que:



- a) L_1 e L_2 tem o mesmo brilho. Isso significa que elas têm a mesma potência nominal.
- b) L_1 brilhará mais, pois tem maior resistência. Isso significa que L_1 tem menor potência nominal.
- c) L_2 brilhará mais, pois tem maior resistência. Isso significa que L_2 tem menor potência nominal.
- d) L_2 brilhará mais, pois tem menor resistência. Isso significa que L_2 tem maior potência nominal.
- e) L_1 brilhará mais, pois tem menor resistência. Isso significa que L_1 tem maior potência nominal.

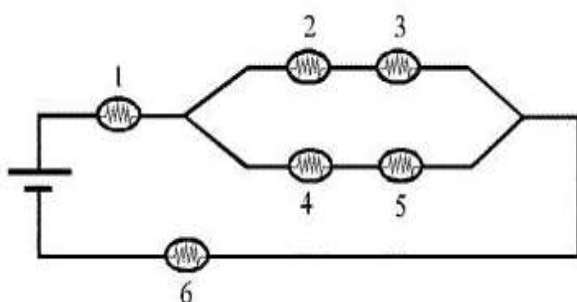
5 – (UNIFESP) ADAPTADA – De acordo com um fabricante, uma lâmpada de LED cujos valores nominais são 9 W – 220 V substitui adequadamente uma lâmpada incandescente de valores nominais 40 W – 220 V, com uma vantagem adicional. Essa informação significa que:

- a) ambas consomem a mesma potência e produzem a mesma luminosidade;
- b) a lâmpada de LED produz a mesma luminosidade que a lâmpada incandescente, consumindo menos potência;
- c) ambas consomem a mesma potência, mas a luminosidade da lâmpada LED é maior;
- d) ambas consomem a mesma potência, mas a luminosidade da lâmpada incandescente é maior;
- e) a lâmpada incandescente produz a mesma luminosidade que a lâmpada de LED, consumindo menos potência.

6 – Com relação à associação de resistores em série, indique a alternativa incorreta:

- a) A resistência equivalente à associação é sempre maior que a de qualquer um dos resistores componentes.
- b) A intensidade de corrente elétrica é igual em todos os resistores.
- c) A soma das tensões nos terminais dos resistores componentes é igual à tensão nos terminais da associação.
- d) A tensão é necessariamente a mesma em todos os resistores.
- e) A potência elétrica dissipada é maior no resistor de maior resistência.

7 – (Ufes) uma árvore de Natal é iluminada com um circuito de lâmpadas semelhantes, conforme a figura. Considerando que a lâmpada 2 queima, que lâmpadas permanecerão acesas?



- a) Todas as outras.
- b) Somente as lâmpadas 1, 4 e 5.
- c) Somente as lâmpadas 1 e 6.
- d) Somente as lâmpadas 1, 4, 5 e 6.
- e) Nenhuma lâmpada.

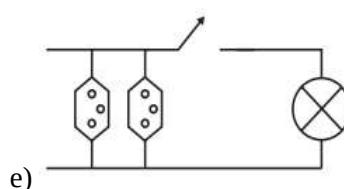
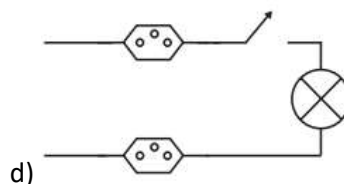
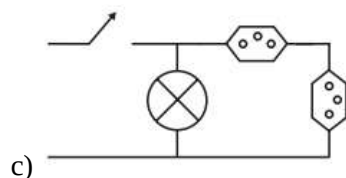
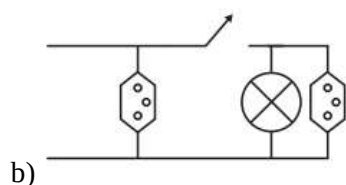
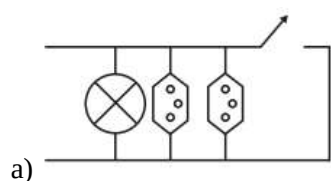
08 - Um estudante, precisando instalar um computador, um monitor e uma lâmpada em seu quarto, verificou que precisaria fazer a instalação de duas tomadas e um interruptor na rede elétrica. Decidiu esboçar com antecedência o esquema elétrico.

“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.

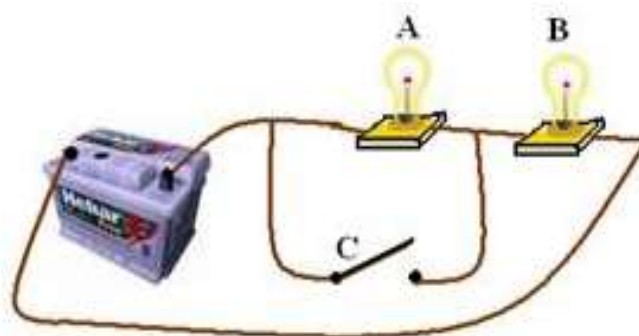
Símbolos adotados:



Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?



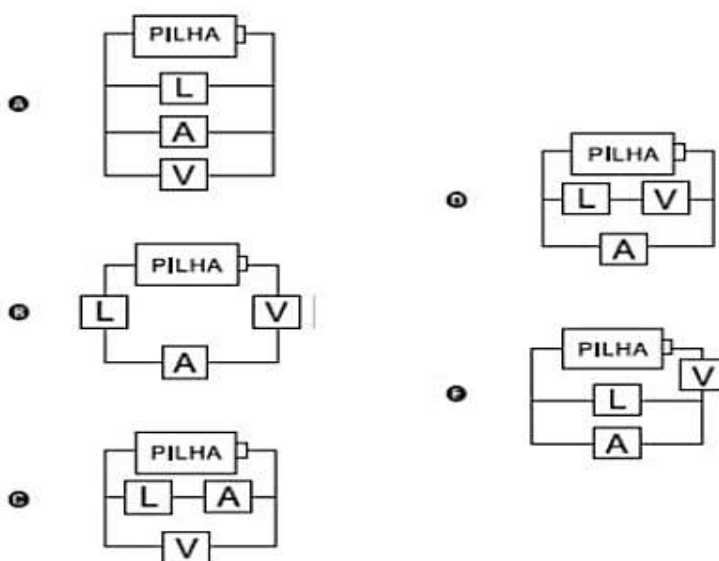
09 – Duas lâmpadas iguais, de 12 V cada uma, estão ligadas a uma bateria de 12 V, como mostra a figura a seguir.



Estando o interruptor C aberto, as lâmpadas acendem com intensidades iguais, ao fechar o interruptor C, observa-se: (lembre que o interruptor é ideal, ou seja, não oferece resistência nenhuma à corrente)

- a) A apaga e B brilha mais intensamente.
- b) A apaga e B mantém o brilho.
- c) A apaga e B apaga.
- d) B apaga e A brilha mais intensamente.
- e) B apaga e A mantém o brilho.

10 - (ENEM/2012/2) Um eletricitista precisa medir a resistência elétrica de uma lâmpada. Ele dispõe de uma pilha, de uma lâmpada (L), de alguns fios e de dois aparelhos: um voltímetro (V), para medir a diferença de potencial entre dois pontos, e um amperímetro (A), para medir a corrente elétrica. O circuito elétrico montado pelo eletricitista para medir essa resistência é:



APÊNDICE E – AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA



**1. Os textos do roteiro de aprendizagem ativa são claros e em linguagem acessível.*

- ☐ Discordo totalmente
- ☐ Discordo parcialmente
- ☐ Neutro
- ☐ Concordo parcialmente
- ☐ Concordo totalmente

**2. Os textos do roteiro de aprendizagem ativa contribuem de forma significativa para o meu aprendizado.*

- ☐ Discordo totalmente
- ☐ Discordo parcialmente
- ☐ neutro
- ☐ Concordo parcialmente
- ☐ Concordo totalmente

**3. As vídeo-aulas do roteiro de aprendizagem ativa são muito importantes para complementar a minha compreensão dos textos.*

- ☐ Discordo totalmente
- ☐ Discordo parcialmente
- ☐ neutro
- ☐ Concordo parcialmente
- ☐ Concordo totalmente

**4. As atividades experimentais realizadas com a maleta elétrica em sala contribuíram de forma significativa para o meu aprendizado.*

- ☐ Discordo totalmente
- ☐ Discordo parcialmente
- ☐ neutro
- ☐ Concordo parcialmente
- ☐ Concordo totalmente

**5. As simulações computacionais PhET contribuíram de forma significativa para o meu aprendizado.*

- ☐ Discordo totalmente
- ☐ Discordo parcialmente
- ☐ neutro

- ☐) Concordo parcialmente
- ☐) Concordo totalmente

**6. O diálogo com os colegas durante as atividades experimentais com a maleta elétrica (em sala de aula) me fez perceber detalhes do conteúdo que eu ainda não havia notado.*

- ☐) Discordo totalmente
- ☐) Discordo parcialmente
- ☐) Neutro
- ☐) Concordo parcialmente
- ☐) Concordo totalmente

**7. As atividades propostas para casa e complementares contribuíram de forma significativa para o meu aprendizado.*

- ☐) Discordo totalmente
- ☐) Discordo parcialmente
- ☐) neutro
- ☐) Concordo parcialmente
- ☐) Concordo totalmente

**8. A forma como as aulas da sequência foram organizadas, isto é, com aula expositiva e dialogada, simulações computacionais PhET, atividades experimentais e atividades para casa – permitem que eu aproveite o máximo possível do meu potencial e me propiciam o máximo de aprendizagem.*

- ☐) Discordo totalmente
- ☐) Discordo parcialmente
- ☐) Neutro
- ☐) Concordo parcialmente
- ☐) Concordo totalmente

**9. A rotatividade de atividades, isto é, a constante variação das atividades durante uma aula é importante, tendo em vista que não consigo manter o foco por muito tempo em uma mesma atividade.*

- ☐) Discordo totalmente
- ☐) Discordo parcialmente
- ☐) Neutro
- ☐) Concordo parcialmente
- ☐) Concordo totalmente

10. Faça seus comentários sobre a metodologia que foi adotada ao longo da sequência didática.

ANEXO A – TERMO DE CONCESSÃO PARA UTILIZAÇÃO DE IMAGEM

Eu, _____, responsável por
_____, portador
(nome do aluno)

da cédula de identidade RG no. _____, residente e domiciliado (a) em
_____ concedo
(endereço)

ao, MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – PÓLO 09
UFERSA

em caráter irretratável e irrevogável por tempo indeterminado, autorização para utilizar
imagem e som de _____ ,
(nome do aluno)

gravados em atividade de ensino da E.E.M. Francisco Jaguaribe.

Estas gravações serão utilizadas apenas como dados de pesquisas a serem realizadas
nesta instituição visando à melhoria da Educação em ensino de Física no Ensino Médio. Estou
ciente, portanto, que a imagem e o som destes vídeos não poderão ser utilizados e veiculados
como material de divulgação.

Jaguaruana, _____ de setembro de 2021.

(Assinatura do responsável)

ANEXO B - Termo de Consentimento Livre Esclarecido – TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Com o intuito de alcançar o objetivo proposto para este projeto: “Kit maleta elétrica: Sequência didática com Atividades de Aprendizagem problematizadas” para alunos da 3ª série do ensino médio de uma escola pública do Estado do Ceará, no ensino de Física, Eu, Julio Sérgio Pereira Rebouças, venho através deste documento convidar-lhe a participar desta pesquisa que faz parte da dissertação de mestrado desenvolvida no programa de Pós Graduação *Stricto Sensu*, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, tendo como Orientador o Professor Dr. Marcelo Nunes Coelho. Deste modo, caso concorde com a participação do aluno nesta pesquisa, ficará ciente de que a partir da presente data: os conteúdos das aulas gravadas realizadas pelo pesquisador e todos os questionários respondidos durante a pesquisa, serão utilizados integral ou parcialmente, sem restrições; Estará assegurado o anonimato dos participantes nas apresentações e discursões dos resultados dos dados obtidos, sendo que todos os registros ficarão de posse do pesquisador por cinco anos e após esse período serão extintos. Será garantido também: Receber a resposta e/ou esclarecimento de qualquer pergunta e dúvida a respeito da pesquisa; Poderá retirar seu consentimento a qualquer momento, deixando de participar do estudo, sem que isso lhe traga qualquer tipo de prejuízo.

Assim, _____, mediante termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que autorizo a participação nesta pesquisa, por estar esclarecido e não me oferecer nenhum risco de qualquer natureza. Declara ainda, que as informações fornecidas podem ser usadas e divulgadas neste curso Pós-graduação *stricto sensu*, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), bem como nos meios científicos, publicações eletrônicas e apresentações profissionais, desde que mantido meu anonimato.

Mediante a leitura do Termo acima, autorizo a participação do meu filho(a):

Assinatura do Responsável legal do aluno

Participante da pesquisa

Jaguaruana - Ce, ____ de setembro de 2021