



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA AULAS EXPERIMENTAIS VOLTADAS
AO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS.**

André Chaul Gonçalves

BRASILIA –DF

2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA AULAS EXPERIMENTAIS VOLTADAS
AO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS.**

André Chaul Gonçalves

Dissertação realizada sob orientação da Dr^a Adriana Pereira Ibaldo para ser apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade de Brasília.

BRASILIA –DF

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANDRÉ CHAUL GONÇALVES

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA AULAS EXPERIMENTAIS VOLTADAS AO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS.

Dissertação apresentada à banca examinadora, realizada sob orientação da Professora Adriana Pereira Ibaldo, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade de Brasília.

Aprovada em ___ / ___ / ___

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Adriana Pereira Ibaldo
(professora orientadora)

Prof. Dr. Antony Marco Mota Polito
(Membro interno vinculado ao programa – IF – UnB)

Prof. Dr. Caio Mota Polito
(Membro interno não vinculado ao programa – Colégio Militar de Brasília)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

A minha esposa Fernanda Berg e minha filha Maria Rita que acompanharam todo este processo, por todo apoio, carinho e compreensão.

Ao meu pai Marco Aurélio e minha mãe Sandra Maria por me incentivarem e me apoiarem sendo responsáveis pela minha educação e formação pessoal.

Aos professores (as) do Instituto de Física da UnB,

A orientadora Adriana Pereira Ibaldo pela valiosa contribuição no percurso deste projeto.

Aos colegas de turma pela troca de experiências

Em especial ao colega e professor José Alex, que foi um verdadeiro parceiro nesta jornada.

Aos colegas professores, coordenadores e diretores do colégio La Salle de Águas Claras, pela compreensão.

Aos alunos pela colaboração na implementação do projeto.

A CAPES pelo auxílio financeiro.

Todos foram de extrema importância no processo de realização desse projeto.

“Viver é enfrentar um problema atrás do outro. O modo como você o encara é que faz a diferença.”
(Benjamin Franklin)

RESUMO

GONÇALVES, André Chaul. Sequência didática para aulas experimentais voltadas ao ensino de circuitos elétricos. 2018. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília – DF, 2018.

Nesta dissertação é apresentada uma sequência didática para análise de circuitos elétricos e efeitos da eletricidade com ênfase na utilização de aulas experimentais não convencionais, utilizando materiais de baixo custo, como complementação das aulas teóricas ministradas sobre o tema. O produto foi aplicado no primeiro semestre de 2017, para três turmas de terceira série do Ensino Médio da Escola La Salle de Águas Claras – DF. Esta proposta de sequência didática visa tornar o ensino e a aprendizagem de circuitos elétricos mais atraente e eficiente, despertando a curiosidade dos estudantes para a percepção da Física em seu cotidiano, observando a aplicação dessa teoria em sistemas de instalações residenciais e analisando os efeitos da corrente elétrica em matérias comuns a sua realidade. A metodologia e os recursos utilizados na sequência didática tem como ponto de partida a análise do conhecimento prévio dos alunos por meio de um pré-teste e com a utilização do produto mediado pelo professor, proporcionar aos alunos os conhecimentos significativos abordados. Buscou-se ainda, avaliar o crescimento, o desenvolvimento de habilidades e competências referentes a circuitos elétricos e os indícios de aprendizagem significativa dos alunos, mediante a análise das aulas e da aplicação de um pós-teste com base em questões de processos seletivos de vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Acredita-se que os recursos aqui demonstrados, associados às aulas teóricas, propiciam um ambiente mais favorável á aprendizagem, fazendo com que o aluno tenha curiosidade e prazer em aprender, sendo uma valiosa ferramenta de complementação didática.

Palavras-chave: Circuitos Elétrico, Efeitos da Corrente Elétrica, Leis de Ohm, Educação Básica, Ensino Médio, Práticas Experimentais.

ABSTRACT

GONÇALVES, André Chaul. Didactic sequence for experimental classes focused on the teaching of electrical circuits. 2018. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília – DF, 2018.

This dissertation presents a didactic sequence for the analysis of electrical circuits and effects of electricity with emphasis on the use of non conventional experimental classes using low cost materials as a complement to the theoretical lectures given on the subject. The product was applied in the first semester of 2017, for three classes of third grade of the High School of the School La Salle of Aguas Claras - DF. This teaching sequence proposal aims to make the teaching and learning of electric circuits more attractive and efficient, arousing the curiosity of students for the perception of physics in their daily life, observing the application of this theory in residential systems and analyzing the effects of current electrical power in matters common to their reality. The methodology and resources used in the didactic sequence start from the analysis of the students' prior knowledge through a pre-test and using the teacher-mediated product, providing to students the meaningful knowledge addressed. It was also sought to evaluate the growth, the development of skills and competences regarding electrical circuits and the signs of significant learning of the students, through the analysis of the classes and the application of a post-test based on questions of selective processes of vestibular and the National High School Examination (Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM). It is believed that the resources presented here, associated to the theoretical classes, provide a more favorable learning environment, making the student curious and happy to learn, being a valuable tool of didactic complementation.

Keywords: Electric Circuits, Electrical Current Effects, Ohm Laws, Basic Education, High School, Experimental Practices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Circuito equivalente utilizado no experimento da determinação qualitativa da condutividade elétrica de materiais.	29
Figura 2 - Circuito equivalente para uma célula eletrolítica para eletrodeposição de metais, na qual V corresponde a um voltímetro, A a um amperímetro, e os eletrodos de trabalho (o qual contém a peça a ser coberta por um metal eletrodepositado) e o eletrodo auxiliar estão imersos em um recipiente contendo a solução com os íons (elipse pontilhada no desenho). ..	32
Figura 3 - Tábua de análise de circuitos elétricos. As diferentes associações de interruptores e resistores estão destacadas nos retângulos com as seguintes cores: (i) amarelo: interruptor simples; (ii) verde: associação de resistores em paralelo; (iii) rosa: associação de resistores em série; (iv) laranja: associação de interruptores paralelos (three-way); (v) azul-claro: associação de interruptores intermediários (3 pontos); (vi) vermelho: interruptor fotossensível.	34
Figura 4 - Sentido da corrente convencional e corrente real - imagem própria.....	52
Figura 5 - Gráfico da tensão versus tempo da diferença entre corrente contínua e alternada.	53
Figura 6 - Continuidade da corrente elétrica - imagem própria.....	53
Figura 7 - - Modelo do sistema de ligação para verificação de condutores e isolantes – foto própria.....	55
Figura 8 - - Circuito equivalente ligação para verificação de condutores e isolantes – imagem própria.....	55
Figura 9 - Experimento abordando técnica de cobriamento de uma peça de metal realizada com os alunos – imagem própria.....	62
Figura 10 - Modelo da montagem do motor elétrico - imagem própria	64
Figura 11 - - Motor elétrico simples - imagem própria	65
Figura 12 - Representação característica de um resistor.....	68
Figura 13 - Multímetro digital e seus comandos e ligações	70
Figura 14 - Modelo da bancada de instalação elétrica com os sistemas de ligação para análise dos circuitos elétricos resistivos e associação de resistores e múltiplos acionadores de circuito – foto própria.	74
Figura 15 - Ligação simples - lâmpada e interruptor.....	75
Figura 16 - Diagrama da ligação do sistema de proteção e interruptor simples acionando uma lâmpada.....	75

Figura 17 - Ligação de lâmpadas em paralelo	77
Figura 18 - Diagrama de ligação da associação de lâmpadas em paralelo	77
Figura 19 - Ligação de lâmpadas em série	78
Figura 20 - Diagrama de ligação da associação de lâmpadas em série	79
Figura 21 - Ligação de interruptores paralelos	80
Figura 22 - Diagrama de ligação de interruptores paralelos.....	80
Figura 23 - Ligação de interruptores intermediários - três pontos.....	81
Figura 24 - Diagrama de ligação de interruptores intermediários - três e quatro pontos. ...	82
Figura 25 - Ligação de sensor de luminosidade	83
Figura 26 - Imagem dos resultados coletados em sala com os alunos presentes no dia do experimento	114

LISTA DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1 - Percentual das respostas questão 01 - a.....</i>	<i>87</i>
<i>Gráfico 2 - Percentual das respostas questão 01 - b.....</i>	<i>87</i>
<i>Gráfico 3 - Percentual das respostas questão 01 - c.....</i>	<i>88</i>
<i>Gráfico 4 - Percentual das respostas questão 01 - d.....</i>	<i>89</i>
<i>Gráfico 5 - Percentual das respostas questão 02 - a.....</i>	<i>90</i>
<i>Gráfico 6 - Percentual das respostas questão 02 - b.....</i>	<i>91</i>
<i>Gráfico 7 - Percentual das respostas questão 02 - c.....</i>	<i>92</i>
<i>Gráfico 8 - Percentual das respostas questão 02 - d.....</i>	<i>93</i>
<i>Gráfico 9 - Percentual das respostas questão 02 - e.....</i>	<i>93</i>
<i>Gráfico 10 - Percentual das respostas questão 03.....</i>	<i>95</i>
<i>Gráfico 11 - Percentual das respostas questão 04 - a - 220 volts.....</i>	<i>96</i>
<i>Gráfico 12 - Percentual das respostas questão 04 - a - 60 Hz.....</i>	<i>97</i>
<i>Gráfico 13 - Percentual das respostas questão 04 - b ; c.....</i>	<i>98</i>
<i>Gráfico 14 - Percentual das respostas questão 05 - a.....</i>	<i>99</i>
<i>Gráfico 15 - Percentual das respostas questão 05 - b.....</i>	<i>100</i>
<i>Gráfico 16 - Percentual das respostas questão 05 - c.....</i>	<i>101</i>
<i>Gráfico 17 - Percentual das respostas questão 05 - d.....</i>	<i>101</i>
<i>Gráfico 18 - Percentual das respostas questão 01 - a.....</i>	<i>104</i>
<i>Gráfico 19 - Percentual das respostas questão 01 - b.....</i>	<i>105</i>
<i>Gráfico 20 - Percentual das respostas questão 01 - c.....</i>	<i>106</i>
<i>Gráfico 21 - Percentual das respostas questão 01 - d.....</i>	<i>107</i>
<i>Gráfico 22 - Percentual das respostas questão 02.....</i>	<i>108</i>
<i>Gráfico 23 - Percentual das respostas questão 03 - a, b, c, d.....</i>	<i>109</i>
<i>Gráfico 24 - Percentual das respostas questão 04 - a, b, c, d.....</i>	<i>111</i>
<i>Gráfico 25- Percentual das respostas questão 05 - a; b.</i>	<i>112</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Referências que versam sobre o uso de experimentos em aulas de física.	19
Tabela 2 - Sumário da sequência didática do presente trabalho.	39
Tabela 3 - Modelo de tabela para verificação de materiais condutores e isolantes elétricos	57
Tabela 4 - Tabela para cálculo de consumo de energia elétrica residencial	66

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Corrente elétrica.....	52
Equação 2 - Quantidade de carga elétrica.....	52
Equação 3 - 1ª Lei de Ohm – cálculo da diferença de potencial	58
Equação 4 - Quantidade de calor em função da corrente elétrica.....	60
Equação 5 - Cálculo da potência elétrica.....	60
Equação 6 - Equação da 1ª Lei de Ohm – cálculo da resistência elétrica.....	67
Equação 7 - Equação da 2ª Lei de Ohm.....	68

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 A utilização de experimentos nas aulas de Física.....	25
2.2 Proposta do trabalho	26
2.2.1. Determinação qualitativa da condutividade de materiais	29
2.2.2. Eletrodeposição de metais sobre objetos (cobreamento).....	31
2.2.3. Motor elétrico	33
2.2.4. Uso de instrumentos de medidas elétricas: o multímetro	33
2.2.5. Tábua de análise de circuitos elétricos	34
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E PRODUTO.....	37
3.1 – RESULTADOS ESPERADOS.....	49
3.2 – PRODUTO EDUCACIONAL.....	49
Aplicação do pré-teste 1	50
AULA 01 – Corrente elétrica	50
AULA 02 - Experimento sobre Condutores e Isolantes	54
AULA 03 – Efeitos da Corrente Elétrica.....	59
AULA 04 - Leis de Ohm e resistores elétricos.....	66
Aplicação do segundo pré-teste 02	68
AULA 05 - Associação de Resistores	69
AULA 06 – Medidas elétricas de corrente e tensão em circuitos resistivos	69
AULA 07 - Instalação de lâmpadas e múltiplos sistemas acionadores (interruptores) – análise prática da resistência elétrica e das associações de resistores.	71
SISTEMA 01 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR SIMPLES.....	75
AULA 08 – Associação de resistores em paralelo	79
SISTEMA 02 - LIGAÇÃO EM PARALELO	79
AULA 09 – Associação de resistores em série.....	78
SISTEMA 03 - LIGAÇÃO EM SÉRIE.....	78
AULA 10 – Sistema de acionamento por mais de um ponto e acionamento automático (sensor LRD - fotocélula).....	80
SISTEMA 04 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTORES THREE-WAY.....	80
SISTEMA 05 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR INTERMEDIÁRIO.....	81
SISTEMA 06 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR FOTOSSENSÍVEL.....	83
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DOS TESTES E ANÁLISE DE DADOS.	84
RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE 01	86
RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE 02	103

RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO CONDUTORES E ISOLANTES	114
RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO PROJETO	118
CAPÍTULO 5 – COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES SOBRE O PRODUTO	135
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
ANEXOS	142
ANEXO I - PRÉ-TESTE – 01	142
ANEXO II - PRÉ-TESTE – 02.....	144
ANEXO III - PÓS-TESTE	146

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A utilização de experimentos em aulas de circuitos elétricos no ensino de eletrodinâmica consiste em uma ferramenta importante e complementar de ensino. Quando elaborados visando à aprendizagem de conteúdos, um experimento tem potencial para tornar-se uma importante e eficaz ferramenta de aprendizagem, apresentando grande capacidade para despertar o interesse dos alunos pelo conteúdo que se deseja ministrar, principalmente porque abordam esses conceitos dentro de um ambiente prático e lúdico, propício a uma melhor aprendizagem, auxiliando desta maneira as aulas teóricas e a assimilação de conteúdo por parte dos estudantes.

O produto educacional proposto nesta dissertação busca utilizar aulas experimentais como ferramenta no ensino e aprendizagem da física no ensino médio na análise de circuitos elétricos resistivos. A proposta sugerida no presente trabalho utiliza não apenas aulas expositivas e laboratoriais e instrumentos de laboratório controlados, mas também as experiências mais simples, focando mais na busca de conceitos e análise de fenômenos por meio de sistemas de baixo custo, mostrando a física em sua aplicação cotidiana, analisando desta maneira seu potencial na aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica.

Este trabalho tem foco nos efeitos da corrente elétrica e na análise de sistemas resistivos e as associações de resistores, incluindo o estudo dos sistemas elétricos nas instalações residenciais. Surgiu da tentativa de analisar e compreender a atual situação do ensino de Física, mas precisamente da eletricidade, voltado para análise de sistemas eletrodinâmicos e circuitos elétricos resistivos, com referência as aulas práticas, abordando sistemas de instalação residencial, com o intuito de desenvolver uma sequência didática, composta por 10 (dez) aulas expositivas e/ou experimentais, motivadoras para a 3ª série do ensino médio, aplicada na Escola La Salle de Águas Claras - DF.

Em primeiro lugar, uma das maiores dificuldades no ensino de física reside na percepção negativa da área pelos alunos. Câmara (Câmara, 2014) realiza uma pesquisa por meio da aplicação de questionários, verificando as principais dificuldades apontadas pelos estudantes no ensino de física. A disciplina ainda é vista como pouco atraente para a maioria dos alunos, motivado pelo fato de o ensino de física ministrado nas salas de aula, muitas vezes se restringir em apresentar os assuntos do conteúdo programático por meio de resolução de problemas e do uso da linguagem matemática, sendo essencialmente formal. Mas ainda, são apontados como fatores para o baixo interesse dos alunos por física a pouca motivação dos estudantes e a dificuldade de contextualização dos porquês dos conteúdos de física para a

resolução dos problemas, nos quais o foco é a memorização pura e simples de fórmulas e equações para serem aplicadas em sua resolução e que muitas vezes não fazem conexão com o dia a dia do aluno.

Verificando alguns dos problemas e as dificuldades enfrentadas atualmente ao ministrar o conteúdo de eletricidade, onde o aluno muitas vezes não consegue formular um modelo conceitual correto sobre o que é a corrente elétrica e sua aplicação e efeitos, surge uma proposta de buscar ferramentas alternativas que possam contribuir para uma melhoria desse processo. Somado à visão negativa da área, há ainda a demanda por abstração no ensino de eletricidade. Ao ministrar o conteúdo de eletricidade, em particular corrente elétrica e circuitos resistivos, uma das maiores barreiras reside na dificuldade do aluno em formular um modelo conceitual correto sobre corrente elétrica e suas aplicações. Desta maneira, experimentos em sala de aula consistem em uma ferramenta alternativa para que o processo de ensino possa ser otimizado.

Os experimentos didáticos podem ser uma opção para contornar esses problemas, devido a sua importância no processo de ensino-aprendizagem. Além de facilitar a mediação dos conteúdos específicos, os experimentos permitem endereçar aspectos importantes como a cognição, a afeição, a socialização, a motivação e a criatividade, envolvendo o aluno na disciplina, despertando nele uma curiosidade em aprender. As atividades experimentais permitem aos alunos uma compreensão de como a Física se comporta e como os fenômenos físicos podem ser analisados. A experimentação orientada e controlada feita por meio de observação ou manipulação, como forma de introduzir um assunto ou revisá-lo, propicia o aluno a organizar, acumular e relacionar informações necessárias para a elaboração de conceitos fundamentais abordados nesta disciplina, adquirindo capacidade de utilizar os símbolos e significados das grandezas físicas, suas leis, fórmulas, modelos e representações próprias da linguagem física atual.

O educador, ao buscar alternativas para motivar seus alunos, geralmente encontrará experimentos que podem ser apresentados aos alunos em práticas laboratoriais, com a utilização de componentes ou materiais muitas vezes não acessível aos alunos ou não pertencentes à realidade ou cotidiano dos mesmos. Borges (Borges, 2002) faz uma crítica às atividades práticas tradicionalmente aplicadas, com roteiros experimentais pré-estabelecidos, sem a participação do aluno, onde a simples coleta de dados e os cálculos para obtenção de respostas esperadas consomem muito ou todo tempo disponível da aula, não sendo interessantes e motivadoras do ponto de vista dos alunos. Borges argumenta que este tipo de

laboratório é pouco efetivo em provocar mudanças nas concepções e modelos prévios dos estudantes, constituindo assim uma barreira para o estudante compreender as ideias e conceitos envolvidos no experimento e relacioná-los com seu cotidiano.

Endereçando esta lacuna, este trabalho procura aplicar as dinâmicas e analisar os efeitos dos experimentos no ensino de circuitos elétricos por meio de uma sequência de aulas práticas de apoio ao ensino deste tópico, que trabalhe com a questão interacional, tendo o professor como mediador do processo de aprendizagem. Para tanto foram utilizados componentes experimentais do cotidiano do aluno, tais como lâmpadas, interruptores, fios entre outros elementos elétricos que fazem parte de uma instalação residencial convencional, apresentando desta maneira o conteúdo com mais significado para o estudante, tentando despertar nele um interesse pela disciplina, facilitando o processo de aprendizagem e de assimilação de conteúdo de eletricidade e circuitos elétricos.

Em seu artigo, (Séré, Coelho, & Nunes, 2003), os autores sugerem abordagens no ensino experimental de alguns conceitos de física, apontando a importância da exploração dos aspectos conceituais e processuais na atividade experimental, concebendo a experimentação como uma forma de favorecer o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos, mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas. De acordo com os autores ao apresentarem os assuntos por meio de abordagens experimentais que estimulem a participação ativa do aluno, cria-se no aluno uma nova concepção de conteúdo e uma motivação e novo interesse para a realização das atividades experimentais.

A importância das práticas laboratoriais e das experiências no ensino de física são pontos relevantes abordados nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Os PCN são referências para o Ensino Fundamental e Médio de todo País, criados para garantir uma educação equiparada dos estudantes, independente da localidade onde vivem ou da sua condição de renda, abordando um conjunto de conhecimentos reconhecidos nacionalmente como necessários para a formação do estudante como cidadão. Não possuem um caráter obrigatório, podendo ser adaptado as diversas realidades do País, mas são uma referência significativa para a formulação de planejamentos de aula, fornecendo uma base de objetivos, conteúdos e didáticas voltadas para o ensino. A observação das propostas abordadas nos PCN para o Ensino Médio permite ao educador uma reflexão sobre a sua prática diária em sala de aula, auxiliando-o na montagem e na estruturação dos conteúdos e metodologias implementados nos planejamentos anuais dos professores e no currículo escolar de todas as disciplinas.

Em sua estrutura, na parte de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, percebe-se com clareza o caráter indispensável da prática laboratorial, uma vez que o documento aborda a importância do fazer, manusear, operar, agir em diferentes níveis e formas, evidenciando a necessidade destas práticas ao longo de todo processo de desenvolvimento das competências exigidas no ensino das Ciências Exatas. A partir da experimentação, é possível despertar a curiosidade dos alunos e garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno e a criação do hábito de pesquisa e indagação. De acordo com o PCN (PCN MEC, 2002) o laboratório de física é parte fundamental da formação e construção do conhecimento na área, conforme expresso em seu texto.

Expressar-se corretamente na linguagem física requer identificar as grandezas físicas que correspondem às situações dadas, sendo capaz de distinguir, por exemplo, calor de temperatura, massa de peso, ou aceleração de velocidade. Requer também saber empregar seus símbolos, como os de vetores ou de circuitos, fazendo uso deles quando necessário. Expressar-se corretamente também significa saber relatar os resultados de uma experiência de laboratório, uma visita a uma usina, uma entrevista com um profissional eletricista, mecânico ou engenheiro, descrevendo no contexto do relato conhecimentos físicos de forma adequada. (PCN MEC, 2002)

Ainda de acordo com o PCN (PCN MEC, 2002) para Ensino Médio, as práticas de laboratório devem ir além das situações de experimentação tradicionalmente utilizadas em laboratório. Devem-se evitar aulas experimentais que se reduzem à execução de um roteiro experimental com procedimentos pré-fixados, cujo objetivo não fica claro para o estudante, sendo apenas uma reprodução mecânica sem real significado. Faz-se interessante, desta maneira, o trabalho com materiais de baixo custo, podendo ser associado com equipamentos de medição dos laboratórios, tais como voltímetros ou amperímetros, como uma forma de apresentar uma nova ferramenta e tecnologia, porém contextualizada com a realidade do estudante, sendo que a questão principal não deve ser a montagem do experimento e a coleta de dados, mas sim as competências que estarão sendo desenvolvidas nas atividades propostas. Segundo o PCN a experimentação tem uma importância para todas as áreas de Ciências da Natureza:

Deve ficar claro aqui que a experimentação na escola média tem função pedagógica, diferentemente da experiência conduzida pelo cientista. A experimentação formal em laboratórios didáticos, por si só, não soluciona o problema de ensino-aprendizagem em Química. As atividades experimentais podem ser realizadas na sala de aula, por demonstração, em visitas e por outras modalidades. Qualquer que seja a atividade a ser desenvolvida, deve-se ter clara a necessidade de períodos pré e pós atividade, visando à construção dos conceitos. Dessa forma, não se desvinculam “teoria” e “laboratório”. (PCN MEC, 2002)

Além da ênfase na resolução de problemas e da linguagem matemática, o ensino de Física deve buscar novas formas e metodologias para aprendizagem significativa dos conteúdos ministrados. Todas as estratégias e metodologias que permitam formas mais dinâmicas e interativas de aprendizagem contribuem para reforçar conceitos, signos e significados das grandezas e fenômenos físicos, levando o aluno a uma percepção da física de forma contextualizada, contribuindo para uma aprendizagem dos conteúdos de forma significativa.

Na análise de referências que colaboram com a metodologia de ensino utilizando as práticas laboratoriais tradicionais ou diferenciadas associadas às aulas expositivas, pode-se citar vários pesquisadores da área de educação e autores que publicaram sobre o tema conforme exibido na tabela 1. É interessante como se processou a discussão do tema nos últimos anos. Inicialmente, a discussão se concentrava na maneira como o experimento era utilizado nas aulas de Física assim como os processos de ensino e aprendizagem relacionados. Com o desenvolvimento da pesquisa na área houve uma mudança de foco para o professor, verificando se ele utiliza experimentos complementar as aulas teóricas, em caso afirmativo, como ele escolhe seus experimentos e quais as dificuldades encontradas na aplicação destas práticas.

Tabela 1 - Referências que versam sobre o uso de experimentos em aulas de física.

Autor	Considerações sobre uso de experimentos em aulas de Física
(Borges, 2002)	Verifica como o laboratório de ciências tem sido utilizado, discutindo o papel das atividades práticas no ensino de ciências.
(Rosa, 2003)	Analisa o processo de ensino aprendizagem da Física por meio de atividades práticas/experimental, desenvolvidas nos laboratórios didáticos durante o curso de graduação em Física.
(Villani & Nascimento, 2003)	Discute a argumentação dos alunos em experimentos realizados no laboratório e a importância da análise de dados e planejamento das atividades laboratoriais
(Leite & Esteves, 2005)	Investiga grupos de estudantes de graduação quanto à capacidade de realizarem uma análise crítica dos protocolos laboratoriais, identificando as dificuldades encontradas pelos estudantes em realizar tal análise.
(Laburú, 2005)	Investiga a justificativa dada pelos professores de Física para a escolha dos experimentos propostos e dos equipamentos

	laboratoriais utilizados no planejamento de aula.
(Laburú, Barros, & Kanbach, 2007)	É feita uma investigação das razões particulares que levam ou professores de ensino médio a utilizarem ou não as práticas laboratoriais.
(Pena & Filho, 2009)	Investiga, a partir de relatos de experiências pedagógicas, as dificuldades apontadas pelos educadores na utilização de experimentos de Física.

Dentro deste contexto, este trabalho propõe a utilização de experimentos envolvendo circuitos elétricos para complementar as aulas teóricas e proporcionar uma melhor assimilação do conteúdo. Para tanto, foram utilizados uma bancada de simulação de instalação elétrica residencial, montagem de circuito elétrico para avaliação qualitativa da condutividade de diversos materiais, montagem de motores elétricos simples e experimento de deposição de metais por via eletrolítica. É também analisado o desempenho dos alunos antes e após as aulas ministradas, com a utilização de testes para verificação do conteúdo aprendido, validando assim a prática laboratorial como ferramenta para melhoria da compreensão e do significado dos conteúdos abordados nas aulas teóricas.

O produto educacional aqui apresentado está embasado de acordo com as pesquisas e artigos citados na dissertação, que regem sobre a importância e as dificuldades de implementação das práticas laboratoriais aliadas ao ensino teórico de ciências, em especial da ciência física, propondo que o aluno, por intermédio do professor, seja levado a um nível de conhecimento mais significativo, mediante a utilização dos recursos experimentais propostos e das aulas expositivas na área de eletrodinâmica, em especial na análise de circuitos resistivos. O professor atua como mediador na capacitação dos estudantes, com a construção de uma visão mais abrangente e crítica sobre os fenômenos físicos relacionados ao presente trabalho. A aplicação das práticas ministradas em sala e da teoria por ela abordada promove uma discussão mais contextualizada, com o intuito de solucionar problemas na compreensão do conteúdo.

Este trabalho está apresentado em seis capítulos descritos abaixo:

No capítulo 1 é feita uma breve apresentação do produto educacional desenvolvido, incluindo a revisão de artigos que abordam a importância das práticas laboratoriais e as dificuldades no ensino e aprendizagem de física, além de uma análise crítica aos laboratórios convencionais presente nas escolas.

No Capítulo 2 é feita uma análise de artigos que foram utilizados como referencial teórico no estudo laboratorial de física, fundamentando o produto aqui apresentado como um trabalho pedagógico.

No Capítulo 3 são apresentados os objetivos e a proposta de trabalho que foi desenvolvida, bem como é apresentada a metodologia empregada na sequência didática e nas propostas de avaliação que foram desenvolvidas. É feita uma breve análise dos resultados esperados. O produto educacional é apresentado neste capítulo. Este capítulo está dividido em 10 aulas, de acordo com a sequência didática proposta, no qual as práticas expositivas e as aulas laboratoriais estão inseridas conforme os conteúdos forem apresentados.

- Aula 01 – Corrente elétrica
- Aula 02 – Experimento sobre condutores e isolantes
- Aula 03 – Efeitos da corrente elétrica
- Aula 04 – Leis de Ohm e resistores elétricos
- Aula 05 – Associação de resistores
- Aula 06 – Medição elétrica de corrente e tensão em circuitos resistivos
- Aula 07 – Ligação de lâmpadas por interruptor simples.
- Aula 08 – Experimento de associação de resistores em paralelo
- Aula 09 – Experimento de associação de resistores em série
- Aula 10 – Sistema de acionamento de lâmpadas por mais de um ponto e sensor LDR.

No Capítulo 4 é feita a análise dos resultados obtidos com a aplicação da sequência didática e dos experimentos propostos, de acordo com a metodologia descrita no capítulo 3.

No capítulo 5 são feitos comentários sobre produto e a conclusão sobre a sequência didática proposta e suas consequências na aprendizagem significativa do ensino de circuitos elétricos.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Ao analisar as dificuldades e os problemas enfrentados por estudantes do ensino médio na aprendizagem de certos conteúdos e conceitos no estudo de Física, verifica-se a necessidade em tornar o estudo mais concreto e mais próximo de sua realidade. Devido ao grau de abstração demandado no ensino de conceitos mais complexos em Eletricidade, habilidade ainda em fase de desenvolvimento nos alunos, a aplicação de experimentos em sala de aula, evidenciando a teoria em exemplos práticos que podem aparecer na rotina dos alunos, pode facilitar, motivar e incrementar o aprendizado destes conceitos entre os alunos, surgindo como uma ferramenta alternativa que vem a contribuir para uma melhoria desse processo de aprendizagem.

Segundo Gaspar (GASPAR;CASTRO,2005) é por meio dos experimentos que as ciências encantam e aguçam o interesse das pessoas. As atividades de demonstração não precisam se restringir às salas de aula, podendo ser apresentadas em outros ambientes, adequando a explicação dos temas a serem apresentados ao público à qual se destina. Atividades em museus ou centros de ciências são experimentos expostos destinados à apresentação da teoria para visitantes que poderá, dependendo da prática proposta, interagir ou até mesmo manipular o experimento.

A partir da década de 1970, começaram a surgir em todo mundo museus e centros de ciências, locais onde as demonstrações experimentais são o centro da atenção e do encantamento de seus visitantes [...]. (GASPAR; CASTRO, 2005, p. 2)

O uso de aulas experimentais poderá proporcionar aos estudantes a comprovação prática de diferentes teorias abordadas no processo de aprendizagem, motivando-os para a participação e a interação com a matéria ministrada. Por meio dessa metodologia de ensino o educador é capaz de oferecer ao aluno uma aprendizagem mais eficiente dos conteúdos, levando-o a compreender, inserido em seu contexto histórico-cultural, a importância e a significação de assuntos antes distantes da sua realidade, resultando na construção do saber, onde o aluno será levado a alcançar um nível de conhecimento além do que possui por intermédio do professor, operando como mediador e da interação com o meio no qual está inserido.

Inicialmente o estudante depara com o tema a ser estudado e cria dúvidas. É papel do educador mediar esses conflitos proporcionando a evolução do conhecimento. O estudante consegue compreender melhor a realidade dos fenômenos científicos através da

experimentação e recria o conceito associando-o com modelos por ele vivenciado; é por meio da mediação que ocorrerá a internalização de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais, onde este processo inclui a utilização de instrumentos de aprendizagem e signos. Desta maneira, as práticas laboratoriais no ensino da física podem atingir seus objetivos, colaborando com o método de ensino tradicional e teórico, buscando valorizar o estudante em todos os aspectos: físico, psíquico, social e cultural. Assim os experimentos podem ser utilizados como complemento á ação didática, visando uma melhor aprendizagem.

Ao propor atividades experimentais em sala de aula, com a participação dos alunos, cada aluno interage com os demais, com o professor e com o conteúdo, onde o professor vai promover uma troca de ideias e conhecimentos na tentativa de explicar e compreender a situação proposta. Sem interação social, ou sem intercâmbio de significados, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo. Segundo Gaspar (2005):

Grande parte das concepções espontâneas, senão todas, que a criança adquire resultam das experiências por ela vividas no dia-a-dia, mas essas experiências só adquirem sentido quando ela as compartilha com adultos ou parceiros mais capazes, pois são eles que transmitem a essa criança os significados e explicações atribuídos a essas experiências no universo sociocultural em que vivem. (GASPAR A. , 2005)

Ao vislumbrar a possibilidade de implementação desse tipo de ferramenta nas salas de aula, é necessário que o educador planeje adequadamente suas aulas, para que as práticas aplicadas forneçam o suporte eficiente aos conteúdos que estão sendo abordados na teoria, complementando o processo de ensino e aprendizagem. É interessante que estas práticas não sejam ações isoladas, mas que o educador as utilize, com aulas mais simples ou mais elaboradas, constantemente, incorporando-as no seu planejamento de ensino e criando momentos para troca de ideias entre os estudantes e entre educando e educador, para avaliação da metodologia empregada e verificação da aprendizagem. A criação deste ambiente de investigação e motivação dentro de sala é uma responsabilidade do educador. Desta maneira, caberá ao educador a tarefa de propor experimentos, destacando o quê e como deverão ser analisados e observados; explicando os fenômenos por trás da experiência, apresentando ao educando modelos teóricos que facilitem a compreensão do que foi observado experimentalmente, analisando o ensino e aprendizagem dos alunos e propondo melhorias e novas práticas, reavaliando o trabalho constantemente.

A atividade experimental, seja demonstrativa ou interativa, quando compartilhada por toda classe, sob a orientação do educador, tem o potencial de simular a experiência vivida pelo aluno fora da sala de aula, fortalecendo e enriquecendo os conceitos associados a essa

atividade, potencializando a assimilação dos signos e significados da teoria científica abordada, por meio da motivação proposta na apresentação da atividade.

Quando o indivíduo atinge a autonomia do criar e desenvolver, ele compartilha e discute esse conhecimento adquirido com outros indivíduos, levando assim a interação à uma aprendizagem; quando o educador apresenta o conhecimento científico somente de maneira abstrata, sem uma conexão do assunto abordado com as relações socioculturais do aluno, o mesmo estará tirando a oportunidade de contextualização e convívio do teoria abordada, minimizando assim a ação do aprender. Desta maneira, o processo de aprendizagem utilizando práticas experimentais em sala de aula, auxilia o aluno na compreensão dos conteúdos, tornando-o multiplicador de conhecimentos. Assim, a inclusão de aulas práticas no planejamento escolar, como um recurso didático, é um método muito valioso em qualquer nível de ensino, desde a educação infantil até o ensino superior.

O processo de aprendizagem não é resultado apenas da atividade em si, mas das interações sociais que são capazes de desencadear no estudante uma relação entre a teoria abordada e suas experiências vividas. Desta maneira, a atividade laboratorial ou experimental deve promover interações que possibilitem o ensino de determinados conteúdos. Uma opção aplicável no ambiente escolar, voltada ao ensino de circuitos elétricos é a proposta da atividade experimental contextualizada com sistemas elétricos conhecidos dos alunos, abordando as questões e situações-problema referentes a instalações elétricas típicas das residências, promovendo interações sociais que sejam capazes de tornarem as explicações e os conceitos mais acessíveis e eficientes aos alunos. Na análise das teorias pedagógicas socioculturais, a rigor, não existe diferença cognitiva entre uma atividade teórica, como um problema a ser resolvido por escrito e uma atividade experimental. Ambas as atividades podem contribuir para a construção das estruturas de pensamento que o conteúdo tratado exige, sendo atividades complementares, onde o aluno exposto a estímulos e vivências diferentes aumenta sua capacidade de assimilação de conteúdo e de aprendizagem significativa.

Justifica-se, dessa forma, uma análise e estudo a respeito da função, aplicação e importância das atividades práticas no processo de ensino, principalmente, no ensino de física, analisado neste projeto, uma vez que o ato de experimentar é de fundamental importância para os alunos poderem fixar e compreender os fenômenos físicos que são abordados nas aulas teóricas e necessários para a boa formação do indivíduo dentro dos aspectos socioculturais vigentes.

2.1 A utilização de experimentos nas aulas de Física

Frequentemente a física é vista como uma área que se resume em resolver equações, sem que os alunos consigam perceber sua conexão com os fenômenos observados na natureza. A utilização de aulas expositivas teóricas nem sempre consegue atingir o objetivo de prover um significado para as equações e leis apresentadas aos alunos, nem consegue mostrar a física como uma ciência que formula e estuda modelos para descrever a natureza. A física é vista como uma disciplina essencialmente formal, cujo foco é a resolução de problemas de forma algébrica, em um contexto no qual a fenomenologia não é tão realçada quanto a teoria. Uma maneira de contornar esta percepção distorcida da área por parte dos alunos reside na exploração do estudo de fenômenos por meio de experimentos, com os quais os alunos podem ter sua curiosidade estimulada, além de aprender a formular hipóteses, a elaborar maneiras para verificar e/ou determiná-las. Ainda, pode ser uma ferramenta importante para desmistificar a maneira como a pesquisa e as descobertas científicas são feitas: muitos alunos têm a visão distorcida de que um experimento é uma mera ferramenta criada para confirmar uma lei física, mas não de que a recíproca também é verdadeira e igualmente importante. Assim, empregar experimentos em sala de aula permite motivar os alunos, em um ambiente que favorece o aprendizado a partir da observação de fenômenos, da coleta de dados a partir do estabelecimento de hipóteses, além de possibilitar compreender como os conceitos em sala de aula estão relacionados aos fenômenos observados, e a analisá-los criticamente.

As atividades experimentais utilizadas em sala de aula podem ser classificadas em três tipos: (i) demonstrativas, (ii) de verificação e (iii) investigativas (Araújo e Abib, 2003). As atividades experimentais demonstrativas são aquelas nas quais o aluno é um observador e o professor um executor do experimento. A demonstração pode despertar o interesse do aluno e contribuir para o aprendizado, e, neste tipo de experimento, cabe ao professor estabelecer a correlação entre o experimento, seus objetivos e o conteúdo. Sobre as vantagens de se empregar experimentos demonstrativos em sala de aula, é bastante adequado para escolas que contam poucos recursos laboratoriais. Também é uma ferramenta interessante para o caso de escolas que apresentam um currículo que apresenta pouca flexibilidade em termos de carga horária passível de ser destinada à realização de práticas experimentais. Em termos de interações sociais, a relação aluno-professor é estreitada, estabelecendo assim um ambiente propício à aprendizagem. Como desvantagens, os experimentos demonstrativos não permitem que o aluno execute o experimento, não desenvolvendo assim habilidades como operar equipamentos, além de ser um elemento passivo na aula.

Os experimentos de verificação são aqueles elaborados para verificar uma lei ou teoria. Este tipo de experimento pode ser utilizado após a aula expositiva, de maneira que o aluno apresente conhecimento prévio sobre os conceitos a serem tratados no experimento. Nesta categoria de experimentos, há a possibilidade de questionar as hipóteses estabelecidas, de discutir os resultados esperados, de modificar parâmetros no experimento, e assim verificar se e quais alterações podem ocorrer, e de discutir quais são as explicações para possíveis discrepâncias. Ainda, o aluno aprende a manusear equipamentos e a pensar sobre os experimentos, a como confeccioná-los e como propor alterações, bem como melhor compreender como experimentos célebres foram propostos. Já os experimentos classificados como investigativos são os alunos que apresentam um papel fortemente ativo, enquanto o professor é um mediador. Os alunos identificam um problema a ser investigado, e devem refletir e propor experimento para investigar o problema, realizar a coleta e análise dos dados obtidos. Uma das vantagens deste tipo de experimento reside na não necessidade de uma aula prévia ao experimento para que este seja realizado. Entretanto, experimentos demonstrativos e de verificação se mostram mais adequados para o Ensino Fundamental e Médio, uma vez que os alunos estão sendo apresentados aos conceitos e não estão habituados a executar e elaborar experimentos por conta própria (Arruda e Laburú, 1989, Borges 2002)

2.2 Proposta do trabalho

Os conceitos vistos em Eletricidade, em particular corrente elétrica, resistência elétrica e circuitos, costumam ser vistos pelos alunos como abstratos e distantes de seu cotidiano. A abordagem destes tópicos é frequentemente realizada por meio de aulas expositivas teóricas; entretanto, aulas experimentais podem complementar as aulas teóricas de maneira concreta e lúdica. Ao promover a experimentação em sala de aula, os alunos têm a oportunidade de verificar, testar e medir aqueles conceitos vistos apenas teoricamente, identificar associações de resistores e outros componentes em malhas, bem como simular malhas que representem uma instalação elétrica residencial.

A teoria matemática associada à teoria de corrente elétrica e circuitos elétricos resistivos é bastante abstrata, sendo necessária criação de modelos conceituais para representá-la, o que gera um distanciamento entre o modelo teórico abordado e fenômeno físico que realmente está sendo estudado. Nenhum dos elementos que constituem o modelo teórico existe de fato, sendo uma representação que melhor se adéqua para a explicação do fenômeno que se quer estudar. A correspondência entre tais elementos e os elementos dos

circuitos reais não é imediata ou sequer perfeita, mas isso não impede o modelo de prever, através de sua operacionalização matemática, resultados numéricos que podem corresponder muito precisamente aos resultados numéricos que são obtidos por meio de medidas. Além de prever resultados, o modelo também tem a capacidade de explicar através de operações teóricas e abstratas, mediadas por teorias e conceitos que podem não apresentar nenhuma semelhança com os elementos visíveis e, mais ainda, podem descrever entidades que jamais podem ser observadas. Portanto, o que se conclui é que a explicação permanece sempre hipotética, provisória e passível de revisão, e a observação prática em experimentos laboratoriais pode tornar esta teoria mais próxima da realidade do estudante, como um equivalente prático da teoria que está sendo observada.

O presente trabalho surgiu da tentativa de aumentar o interesse dos alunos pelos temas corrente elétrica, resistência e circuitos elétricos, simultaneamente a aprofundar a compreensão ao tornar os temas menos abstratos por meio da utilização de experimentos no tema em sala de aula, com referência às aulas práticas, abordando sistemas de instalação residencial com o intuito de desenvolver uma sequência didática de aulas experimentais motivadoras para a 3ª série do ensino médio.

Nesta perspectiva pretende-se construir e utilizar nas aulas experimentais, uma bancada de instalação elétrica sobre madeira, com possibilidades de ligações de lâmpadas incandescentes em série, paralelo e mista, além de sistemas de comandos por interruptores utilizando sistemas de acionamento por múltiplos pontos e acionamentos automáticos; desenvolver experimentos junto aos alunos para aferição qualitativa da condutividade elétrica de alguns materiais, além da possibilidade de verificação de alguns dos fenômenos ou efeitos provenientes da eletricidade, como o efeito Joule, efeito magnético, efeito luminoso. Através dos experimentos propostos realizar a aferição qualitativa e quantitativa de sistemas elétricos resistivos utilizando materiais de instalação elétrica residencial, implementando circuitos simples, ligações em série e em paralelo de resistores, sistemas de múltiplos acionamentos de lâmpadas e utilização de sensores automatizados para acionamento de lâmpadas, visando o baixo custo e a compreensão da corrente elétrica e suas aplicações.

O produto proposto neste trabalho (Anexo IV) é composto por uma sequência didática de 10 (dez) aulas sobre resistência elétrica e circuitos envolvendo resistores. Além das aulas expositivas, foram realizados cinco experimentos, a ver:

- (i) Determinação qualitativa da condutividade elétrica de materiais
- (ii) Eletrodeposição de cobre em objetos (Cobreamento)

- (iii) Motor elétrico
- (iv) Uso de instrumentos de medida elétrica: o multímetro
- (v) Tábua de análise de circuitos

Os experimentos supracitados foram propostos com a finalidade de complementar as aulas expositivas, de forma a evitar que os temas corrente elétrica, resistência elétrica e circuitos elétricos com associação de resistores seja visto como um mero conjunto de equações e leis abstratas. Os experimentos aqui propostos são de demonstração e de verificação. Cada um destes será discutido ao longo das próximas subseções.

2.2.1. Determinação qualitativa da condutividade de materiais

A definição do conceito de corrente elétrica é realizada a partir do movimento dos portadores de carga em um determinado material em função de uma diferença de potencial aplicada. Frequentemente é explorado o movimento líquido de elétrons em um metal; entretanto, também é interessante explorar o conceito de corrente elétrica como movimento de portadores de carga, sejam elétrons e buracos em estado sólido, e íons em solução. Ao definir a corrente elétrica desta maneira, a definição posterior de conceitos como junção p-n e células solares, por exemplo, pode facilitar o aprendizado destes conceitos. Ainda, também pode impactar de maneira positiva conceitos vistos em áreas como a química e biologia, como, por exemplo, conceitos como pilhas, condutividade elétrica de soluções, vistas em físico-química, ou ainda, a transmissão de impulsos nervosos por neurônios, na biologia, contribuindo assim para diminuir a compartimentação excessiva de conceitos, equações e leis comuns às áreas correlatas.

Como primeiro experimento desta sequência didática, foi elaborado um circuito para a determinação qualitativa da condutividade elétrica de diversos materiais. O circuito utilizado, bem como seu circuito equivalente, são exibidos na figura 1. O circuito em questão é alimentado na rede elétrica da sala de aula (220V) e é composto por uma lâmpada, um disjuntor DR, e dois contatos livres nos quais serão conectados os materiais que se deseja avaliar a condutividade. O circuito é fechado quando há a passagem de corrente elétrica pelo material a ser investigado. Com esta configuração, é possível utilizar tanto materiais sólidos, como metais, madeira, grafite, salsicha, dentre outros, bem como soluções, como água salgada, água de torneira, dentre outros.

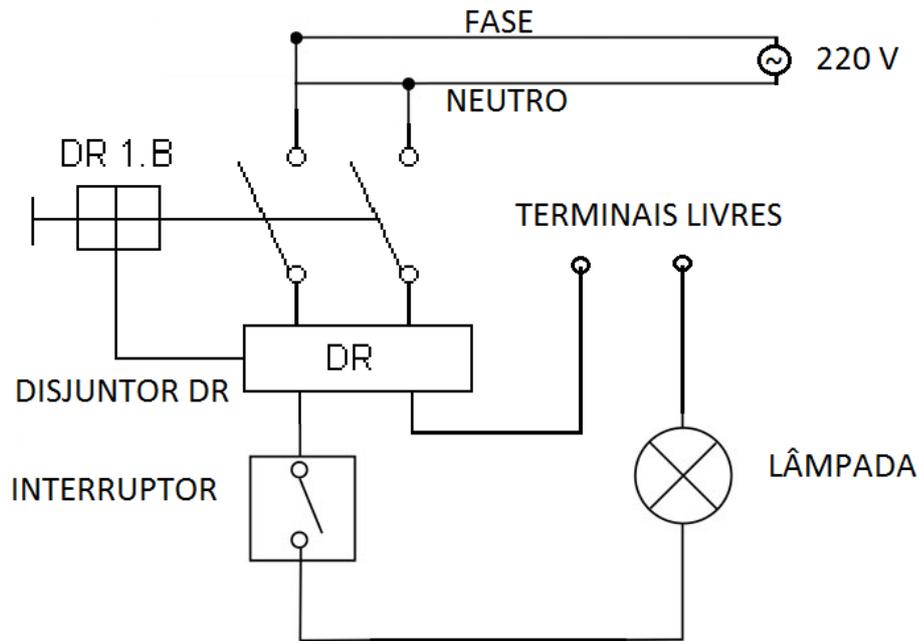


Figura 1 - Circuito equivalente utilizado no experimento da determinação qualitativa da condutividade elétrica de materiais.

O presente experimento é um experimento de verificação, realizado após a aula expositiva na qual foi definido o conceito de corrente elétrica. Ao elencar diferentes materiais (fio de cobre, pedaço de madeira seca, grafite, resistência de chuveiro, salsicha, água de torneira, solução de cloreto de sódio, solução de sacarose, detergente neutro e água com café), é possível, antes da realização do experimento, formular junto aos alunos hipóteses sobre como se processa e quais são os portadores de carga responsáveis pelo estabelecimento da corrente elétrica nestes materiais, e também como os materiais podem ser classificados com relação à condutividade elétrica apresentada. Entretanto, cabe lembrar que este experimento é uma determinação qualitativa, sendo, portanto, possível apenas classificar os materiais como bons e maus condutores, e/ou isolantes. A lâmpada no circuito serve como indicador de que há a passagem de corrente elétrica no circuito contendo o material, sendo a intensidade luminosa o indicador qualitativo que permite classificar em bons ou maus condutores. Caso se deseje fazer uma determinação quantitativa da condutividade dos materiais, é necessário empregar uma ponte de Wheatstone com eletrodos inertes (Ohlweiler, 1976).

Ao questionar os alunos sobre quais materiais eles julgam serem maus e bons condutores, além daqueles previamente classificados como isolantes, o professor pode questionar as hipóteses formuladas pelos alunos, bem como os resultados esperados. É

importante ter em mente que os alunos do 3º ano do Ensino Médio já foram apresentados aos seguintes conceitos relacionados à carga elétrica e corrente elétrica, tanto na área de física como de química:

- Condução em sólidos: Ao explorar como a condução elétrica se processa em nível microscópico, ainda que qualitativamente, o professor pode se valer de conceitos já vistos em aulas de química geral, tais como ligações químicas e arranjos cristalinos, ainda que apenas a relação entre estrutura cristalina e elétrons quase livres (como no caso dos metais) não seja suficiente para explicar, em sua totalidade, a condução em metais, por exemplo, mas permite ao professor fazer considerações qualitativas sobre as diferenças de condutividade/resistividade para diferentes metais e demais materiais.

Mais ainda, o professor pode, adicionalmente, tratar a questão de maneira simplificada, se valendo da 2ª lei de Newton para um elétron em um campo elétrico (eq. 1), a partir da qual é possível obter uma expressão para a aceleração do elétron a partir de sua carga (e), da intensidade do campo (E) e da massa do elétron (m) (eq. 3):

$$F_R = F \quad (1)$$

$$ma = eE \quad (2) \quad a = \frac{eE}{m} \quad (3)$$

Calculando a velocidade do elétron por meio da eq. 4, onde τ consiste no tempo característico entre colisões sucessivas para o elétron (vide modelo de Drude, Purcell e Morin 2013) e a a aceleração, ao substituí-la na equação que define a densidade de corrente J em função da concentração volumétrica de portadores de carga (N), de sua carga elementar (e) e de sua velocidade (v), conforme exibido na eq. 6, finalmente é obtida uma expressão que relaciona densidade de corrente (J) com o campo elétrico (E), onde o termo dado por

$\left(Ne^2\tau/m \right)$ é definido como a condutividade de um metal a uma dada temperatura (Purcell e

Morin, 2013).

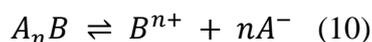
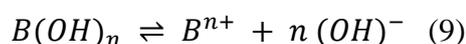
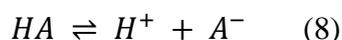
$$v = a\tau \quad (4)$$

$$v = \frac{eE}{m}\tau \quad (5)$$

$$J = Nev \quad (6)$$

$$J = \frac{Ne^2\tau}{m}E \quad (7)$$

- Soluções eletrolíticas: Este conceito também é visto em química em diversos momentos do Ensino Médio. O experimento aqui apresentado, de determinação qualitativa da condutividade elétrica, apresenta circuito análogo àquele empregado por Arrhenius no século XIX e cujos resultados o levaram a propor a sua Teoria da dissociação iônica (Mahan, 1972). A condutividade elétrica de soluções foi interpretada por Arrhenius como um resultado da dissociação das moléculas de um ácido, base e/ou sal em íons. As equações químicas correspondentes são exibidas nas equações (8), (9) e (10), nas quais HA corresponde a um ácido de Arrhenius, $B(OH)_n$ corresponde a uma base de Arrhenius e A_nB a um sal, que se dissociam em seus respectivos íons H^+ , OH^- , A^- e B^{n+} :



Arrhenius também utilizou outras soluções além das que continham ácidos e bases, tais como soluções aquosas contendo sais e compostos moleculares. Ao inserir como parte do circuito estas soluções, Arrhenius estabeleceu que o comportamento elétrico das soluções se devia à presença de cargas elétricas, no caso íons, como os responsáveis por fechar o circuito e pela condução elétrica observada em solução, e ainda, forneceu um tratamento quantitativo para esta teoria. Desta maneira, química e eletricidade foram mescladas para explicar a relação entre fenômenos químicos e elétricos, já observados por outros cientistas como Jöns Jacob Berzelius e Humphry Davy (Törnebladh, 1903). O professor de física pode explorar que a parte experimental que Arrhenius utilizou é estudada na física, em particular nos tópicos de resistência elétrica e circuitos. Finalmente, a determinação quantitativa da condutividade em soluções pode ser realizada utilizando um condutímetro, que consiste em um aparelho cujo circuito equivalente básico corresponde à uma Ponte de Wheatstone, cuja resistência desconhecida é aquela da própria solução, e o aparelho mostra a condutância da solução, que corresponde ao recíproco da resistência medida (Skoog, West e Holler, 1996).

2.2.2. Eletrodeposição de metais sobre objetos (cobreamento)

O segundo experimento utilizado neste produto, explorado nas aulas de corrente elétrica e seus efeitos, é a eletrodeposição de metais. Apesar de comumente ser um tema restrito às aulas de química, este tópico pode ser utilizado nas aulas de física para ilustrar

como eletricidade e reações químicas podem estar relacionadas (efeito químico da corrente elétrica).

Na química, a utilização de uma célula eletrolítica para proceder à deposição de metais faz parte de um conjunto de métodos estudados em físico-química e eletroanalítica, conhecidos como métodos eletrogravimétricos e coulométricos (Skoog, West e Holler, 1996; Ohlweiler, 1972). Este conjunto de métodos têm em comum três características principais:

- (i) Na célula eletrolítica é necessário que passe uma corrente elétrica;
- (ii) A célula eletrolítica contém íons do metal a ser eletrodepositado, e estes íons sofrem uma mudança no seu número de oxidação por meio de reações de transferência de carga (TC);
- (iii) Estes métodos podem ser utilizados de maneira quantitativa, uma vez que a massa do metal a ser depositado é proporcional à quantidade de carga transferida, e que pode ser calculada via a lei de Faraday para a eletrólise.

A eletrodeposição consiste no recobrimento de um objeto por um metal a partir de uma solução contendo seu íon correspondente a partir de reações de transferência de carga entre um eletrodo e íons em solução, que passam da solução para o estado sólido. Uma célula eletrolítica para eletrodeposição é composta por dois eletrodos conectados a uma fonte, a um voltímetro e a um amperímetro, com os eletrodos imersos na solução que contém os íons a serem reduzidos e assim depositados. O circuito equivalente para esta célula é exibido na figura 2.

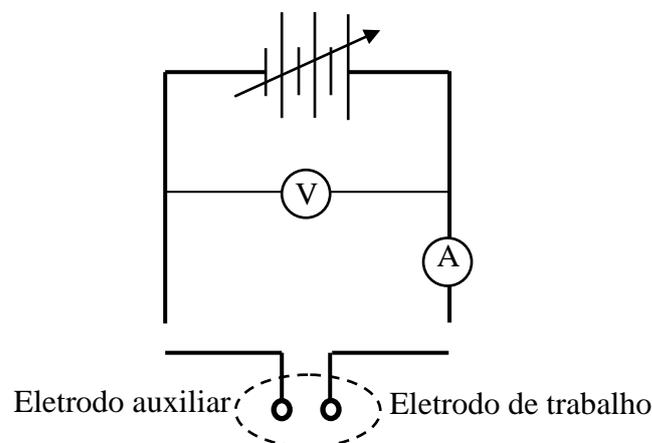


Figura 2 - Circuito equivalente para uma célula eletrolítica para eletrodeposição de metais, na qual V corresponde a um voltímetro, A a um amperímetro, e os eletrodos de trabalho (o qual contém a pela

a ser coberta por um metal eletrodepositado) e o eletrodo auxiliar estão imersos em um recipiente contendo a solução com os íons (elipse pontilhada no desenho).

O conceito de corrente elétrica relacionada a uma reação química (efeito químico) permite ilustrar e explorar a relação entre eletricidade e reações químicas. Nada raro, muitos alunos relacionam a corrente elétrica apenas em metais, ainda que a corrente possa ser devido ao movimento tanto de elétrons e buracos em um sólido quanto de íons em solução. Assim, o fenômeno de eletrodeposição pode ser um exemplo para ilustrar como é possível elaborar um circuito misto no qual a corrente elétrica se deve ao movimento de elétrons e íons como portadores de carga. Em função do metal a ser depositado, podemos ter o recobrimento com cobre (cobreamento), com zinco (galvanização), com ouro (douração), dentre outros metais. Além do aspecto qualitativo, também é possível variar parâmetros como diferença de potencial, intensidade da corrente elétrica, geometria e dimensões dos eletrodos e concentração dos reagentes. Neste trabalho, foi explorado o aspecto qualitativo do experimento, uma vez que o objetivo era demonstrar o efeito químico da corrente elétrica.

2.2.3. Motor elétrico

O terceiro experimento empregado neste trabalho consiste no motor elétrico. Este experimento teve caráter demonstrativo, cujo objetivo foi de demonstrar o efeito magnético da corrente. Neste produto foi utilizado um motor elétrico com rotor composto por uma bobina de cobre e um ímã permanente como estator. A alimentação elétrica deste motor pode ser realizada com pilhas. Em virtude do fato que os conceitos relacionados à parte de magnetismo serão vistos posteriormente à esta aula, este experimento foi demonstrativo e de caráter qualitativo. Maiores detalhes a respeito deste experimento são exibidos no próximo capítulo.

2.2.4. Uso de instrumentos de medidas elétricas: o multímetro

A fim de preparar os estudantes para o último experimento proposto neste trabalho, foi realizado um experimento de verificação utilizando um multímetro para a realização de medidas elétricas. Este foi um experimento de verificação, com o qual os alunos, após a explicação do multímetro e seu funcionamento como voltímetro, amperímetro e ohmímetro, puderam realizar medidas elétricas. Durante a aula foi explicado quais são as características de um voltímetro, de um amperímetro ideal, e como estes são inseridos em um dado circuito elétrico para realizar as medidas corretamente. É interessante lembrar que os circuitos dos

experimentos anteriores, no caso o de medida de condutividade elétrica de materiais e a eletrodeposição de cobre, podem ser utilizados também como exemplo de como as medidas registradas de corrente e de diferença de potencial elétrico foram realizadas.

2.2.5. Tábua de análise de circuitos elétricos

O quinto e último experimento proposto nesta sequência didática consiste na tábua de análise de circuitos. Esta tábua foi confeccionada de maneira que existam diversas malhas que podem ser exploradas em diversas aulas que versam sobre os diferentes arranjos de resistores. Os detalhes de sua montagem, bem como os circuitos equivalentes, estão descritos no Capítulo 3 – Produto Educacional. A tábua em questão é exibida na fig. 3.

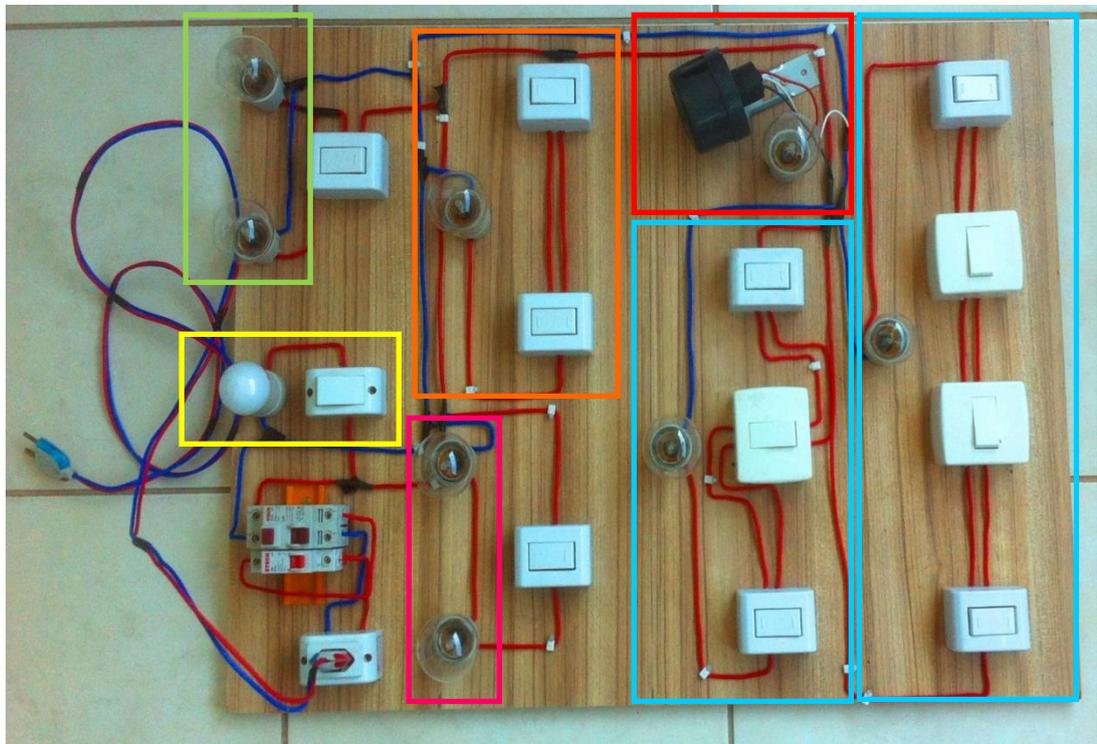


Figura 3 - Tábua de análise de circuitos elétricos. As diferentes associações de interruptores e resistores estão destacadas nos retângulos com as seguintes cores: (i) amarelo: interruptor simples; (ii) verde: associação de resistores em paralelo; (iii) rosa: associação de resistores em série; (iv) laranja: associação de interruptores paralelos (three-way); (v) azul-claro: associação de interruptores intermediários (3 pontos); (vi) vermelho: interruptor fotossensível.

A utilização da tábua de circuitos permite ao professor explorar experimentalmente junto aos alunos os diversos tipos de arranjos de resistores e de interruptores. Ainda, os alunos podem realizar medidas elétricas nestes circuitos utilizando o que já aprenderam sobre o uso

do voltímetro, amperímetro e ohmímetro. Com estes dados, o professor pode questionar e verificar junto aos alunos se a lei de Ohm e as leis de Kirchhoff são válidas para estes circuitos. Para tanto, o professor pode primeiramente calcular, com base nos valores nominais das resistências e de tensão aplicada, os valores das resistências equivalentes, bem como os valores de diferença de potencial e corrente elétrica para cada resistor e para a associação, e comparar estes resultados com aqueles obtidos experimentalmente. Assim, este experimento apresenta dupla utilidade, além daquela de contribuir para o aprendizado do conteúdo de circuitos elétricos:

- (i) O experimento permite que o professor explore junto aos alunos não apenas como calcular, com base em dados do fabricante e em dados obtidos experimentalmente, as grandezas físicas envolvidas (diferença de potencial, corrente elétrica, resistência e potência), mas também a levar os alunos ao questionamento e formulação de hipóteses para explicar os resultados e possíveis discrepâncias entre os valores calculados. Este tipo de atividade contribui para a formação científica dos alunos, levando-os a aprender estabelecer hipóteses, a testá-las e a encontrar informações e explicações para o que foi verificado, de maneira que os alunos podem aprender a fazer uma análise crítica dos cálculos realizados, da maneira como os dados experimentais foram obtidos, da validade das hipóteses e dos resultados inicialmente esperados, bem como também de testar outros parâmetros experimentais, caso seja de interesse em um experimento. Desta maneira, os alunos podem ao mesmo tempo entender questões conceituais e entrar em contato com o método científico, além de verificar que modelos teóricos são úteis, ainda que apresentem limites de aplicabilidade.

- (ii) Ainda, ao realizar medidas experimentais, os alunos têm a oportunidade de aprender a manusear equipamentos, e a elaborar experimentos para verificar ou estudar um determinado fenômeno físico. O conteúdo de Eletricidade e Magnetismo costuma ser visto como o mais abstrato de todo o Ensino Médio, e ao realizar medidas, os alunos têm a oportunidade de experimentar uma maneira alternativa para estudar conceitos e abstrações como carga elétrica, potencial elétrico, energia potencial, dentre outras.

Em suma, a utilização de experimentos pode ser uma ferramenta fundamental para contribuir para a aprendizagem de conceitos abstratos como corrente elétrica, resistência elétrica e circuitos, em um contexto no qual o formalismo deve ter sentido para os alunos. A utilização de experimentos no ensino dos conceitos aqui tratados nesta dissertação encontra respaldo em estudos realizados anteriormente. De acordo com McDermott, Shaeffer e Constantinou (2000):

“A educação científica para estudantes é sabida ser mais eficiente quando a experiência concreta estabelece a base para a construção de conceitos. (...) Contudo, apenas executar não é suficiente. Atividades que não forem bem estruturadas não auxiliam os estudantes a construir uma estrutura conceitual consistente. Questões escolhidas cuidadosamente são necessárias para auxiliá-los a pensar criticamente sobre o que foi observado e o que eles conseguem inferir.”

Apesar da importância das atividades experimentais no ensino de física, é necessário ter em mente que apenas os experimentos não solucionam os problemas encontrados; contudo, um experimento, se bem planejado e utilizado com critério, permite não apenas a construção de uma estrutura conceitual mais sólida, mas também possibilita aos alunos associarem o conhecimento teórico visto em equações e leis aos fenômenos observados no cotidiano.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E PRODUTO

Com o intuito de ensinar conceitos de física, referentes a circuitos resistivos e a construção de modelos teóricos sobre o tema é proposto o produto didático que faz parte desta dissertação, apresentando uma sequência didática baseada na utilização de experimentos didáticos para o ensino de circuitos elétricos. Os experimentos aqui propostos foram confeccionados com materiais de baixo custo de fabricação, de forma que sejam acessíveis em ampla faixa de orçamentos disponíveis ao professor que desejar executá-los em sala de aula. Ao propor a utilização de matérias de baixo custo, estende-se a possibilidade do aluno replicar os experimentos propostos em suas próprias residências, como motivadores para a educação de toda família, em uma etapa de expansão de conhecimento adquirido.

O objetivo geral é apresentar uma relação entre a física teórica e sua aplicação prática no cotidiano por meio da construção de uma sequência didática de aulas experimentais e teóricas sobre corrente elétrica, seus efeitos e sua aplicação em circuitos elétricos resistivos, utilizando materiais de baixo custo para a confecção das práticas realizadas em sala e aulas expositivas teóricas, fazendo uma abordagem do conteúdo de circuitos resistivos qualitativa e quantitativamente.

Como objetivos deste trabalho, podemos listar:

- Propor uma sequência didática baseada em aulas práticas e teóricas desenvolvidas em sala como metodologia de motivação, abordando conteúdos importantes em eletrodinâmica no ensino médio como, corrente elétrica, diferença de potencial, efeito Joule, resistores, associações de resistores em série e paralelo e circuitos elétricos resistivos. Empregar experimentos complementares à teoria desenvolvida nas aulas expositivas utilizando materiais acessíveis a realidade dos estudantes.

Ainda como objetivos específicos deste trabalho é possível elencar os objetivos a seguir:

- Aferir qualitativamente a condutividade elétrica de alguns materiais e verificar os efeitos da corrente elétrica.
- Analisar sistemas de instalação elétrica e associação de resistores, utilizando lâmpadas incandescentes e sistemas de comandos por interruptores variados.
- Construir e utilizar uma bancada de instalação elétrica sobre madeira, com possibilidades de ligações de lâmpadas incandescentes em associações em série,

paralelo e mista, além de sistemas de comandos por interruptores utilizando sistemas de acionamento por múltiplos pontos e acionamento automático.

- Realizar a aferição qualitativa e quantitativa de sistemas elétricos resistivos utilizando materiais de instalação elétrica residencial, implementando circuitos simples, ligações em série e em paralelo de resistores, sistemas de múltiplos acionamentos de lâmpadas e utilização de sensor automatizado para acionamento de lâmpadas, visando a compreensão da corrente elétrica e suas aplicações.
- Verificar se houve melhoria na aprendizagem do conteúdo por meio da aplicação de pré-testes, para a avaliação de conhecimentos prévios, e de pós-teste, para verificar se houve aprendizagem do conteúdo. Ainda, comparar os resultados obtidos no pós-teste com resultados com turmas de perfil semelhante que não sofreram a intervenção do produto por meio da utilização do programa +ENEM.
- Analisar a possibilidade de melhora do conhecimento e aprendizagem no ensino de circuitos elétricos com a utilização dos experimentos propostos.

Para análise do conhecimento prévio, foi aplicado um teste de conhecimento, pré-teste, sobre eletricidade e seus efeitos, levantando desta maneira o conhecimento inicial do aluno sobre este assunto. Após aplicação do pré-teste, as aulas introdutórias sobre corrente elétrica foram ministradas com o auxílio dos aparatos experimentais propostos no produto, de forma interativa, onde os alunos, supervisionados pelo professor, poderão testar vários elementos e sua condutividade, tais como: água, água com sal ou açúcar, metais, madeira, óleo, borracha, grafite, detergente. Além deste experimento, foram disponibilizadas também práticas laboratoriais para verificar o efeito Joule sobre condutores, efeito magnético da corrente elétrica (motor elétrico), efeito luminoso (funcionamento das lâmpadas fluorescentes).

As aulas sobre sistemas elétricos resistivos foram acompanhadas de práticas realizadas com os estudantes e utilização de bancadas para análise de sistemas resistivos ligados em série, em paralelo e misto, utilizando lâmpadas incandescentes como resistores, disponibilizando ainda medições de tensões e correntes elétricas para aferir valores de potência elétrica dos equipamentos ligados e seu funcionamento nas situações propostas.

Ao final deste conjunto de aulas foi ministrado um teste para verificar o conhecimento adquirido pelos alunos. Foram utilizados para elaboração do pós-teste, questões já aplicadas pelo Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM). Os resultados obtidos com a aplicação do pós-teste foram comparados com aqueles disponibilizados na plataforma +ENEM. A

plataforma +ENEM (<https://maisenem.meritt.com.br/>) possui um banco de dados com os resultados de todas as questões do ENEM respondidas por alunos de todas as instituições da região, incluindo a instituição na qual o produto foi aplicado, possibilitando realizar um levantamento da média do desempenho dos alunos por questão, comparando-os com outras instituições de ensino. A sequência didática apresentada neste trabalho é resumida na tabela 2 exibida a seguir:

Tabela 2 - Sumário da sequência didática do presente trabalho.

Atividade/Aula	Tema da atividade/aula	Objetivos da atividade/aula	Recurso utilizado
Pré-teste 1	Pré-teste sobre os conceitos de carga elétrica e corrente elétrica	Aplicar um pré-teste para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos carga elétrica e corrente elétrica.	Pré-teste 1 (Anexo I)
Aula 1	Corrente elétrica	<ul style="list-style-type: none"> - Introduzir o conceito de corrente elétrica, abordando, do ponto de vista qualitativo/microscópico, como se processa o movimento dos portadores de carga em um condutor. - Definição de corrente contínua e corrente alternada - Definição da Conservação da Carga e sua aplicação à um condutor transportando corrente elétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aula expositiva (50 minutos) - Atividade extraclasse:

Aula 2	Experimento de condutividade dos materiais	<ul style="list-style-type: none">- Construir um circuito para determinar qualitativamente a condutividade de materiais- Averiguar o comportamento de diferentes materiais, tais como soluções, água, grafite, salsicha, dentre outros, e discutir a classificação dos diferentes materiais com relação à condutividade elétrica.- Discussão da relação entre condutividade, resistividade de um material e resistência elétrica de um objeto.	Experimento de condutividade dos materiais
---------------	--	--	--

<p>Aula 3</p>	<p><i>Experimento de galvanização e do motor elétrico</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar os diferentes efeitos relacionados à passagem de corrente: efeito térmico (Efeito Joule), efeito luminoso. (eletroluminescência), efeito magnético, e efeito químico (célula galvânica/eletrolítica). - Realizar o experimento de cobreamento para demonstrar que a passagem de uma corrente elétrica em condições controladas pode ser empregada para proceder à uma reação química. - Realizar o experimento do motor elétrico para demonstrar como um eletroímã pode ser utilizado para construir um motor elétrico. - Discutir o efeito Joule com base nos experimentos realizados nas aulas 2 e 3. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experimento de cobreamento - Experimento do motor elétrico - Atividade extraclasse: verificar em casa o consumo de energia de diversos equipamentos utilizados em residências, tais como geladeira, fogão, ar condicionado, ferro de passar roupas, chuveiro, computadores, dentre outros.
----------------------	---	--	--

Aula 4	<i>Lei de Ohm</i>	<ul style="list-style-type: none">- Apresentar a Lei de Ohm, relacionando o comportamento linear entre tensão e corrente com o conceito de resistência elétrica.- Relacionar, qualitativamente, a resistividade de um material com a resistência de um objeto.	<ul style="list-style-type: none">- Aula expositiva (50 minutos)- Atividade extraclasse:
---------------	-------------------	---	---

Pré-teste 2	<i>Aplicação de um teste intermediário</i>	<p>- Aplicar um teste intermediário (pré-teste 2) para avaliar os seguintes tópicos:</p> <p>(i) Avaliar se os conceitos de carga elétrica, corrente elétrica, os efeitos relacionados à passagem da corrente elétrica, e resistência elétrica foram assimilados.</p> <p>(ii) Avaliar conhecimento prévio dos alunos sobre circuitos e associação de resistores.</p> <p>- A partir dos resultados obtidos direcionar as aulas seguintes.</p>	- Pré-teste 2
Aula 5	<i>Associação de resistores</i>	<p>- Demonstrar as associações de resistores: em série, em paralela e mista.</p> <p>- Calcular as relações entre diferença de potencial, corrente elétrica em diversos tipos de circuitos elétricos a partir da Lei das Malhas e Lei dos Nós de Kirchhoff.</p>	<p>- Aula expositiva (50 minutos)</p> <p>- Atividade extraclasse:</p>

Aula 6	<i>Instrumentos de medidas elétricas</i>	<ul style="list-style-type: none">- Demonstrar como funcionam os aparelhos utilizados para determinar valores de corrente elétrica (amperímetro), de potencial elétrico (voltímetro) e de resistência elétrica (ohmímetro).- Utilização experimental de um multímetro em sala de aula para determinação experimental de valores de tensão e corrente em tomadas.	<ul style="list-style-type: none">- Aula expositiva- Utilização de um multímetro em sala para demonstração prática da realização de medidas elétricas nos modos voltímetro e amperímetro
---------------	--	---	---

<p>Aula 7</p>	<p><i>Experimento tábua de circuitos elétricos</i> – Parte I</p>	<p>- Montar um circuito misto que simula uma instalação residencial, utilizando lâmpadas e diferentes tipos de interruptores e disjuntores. O circuito em questão apresenta diversas malhas: simples (um único resistor), associação de resistores em série, em paralelo e misto. Ainda, conta também com diferentes tipos de associações entre resistores e interruptores.</p> <p>- A partir dos circuitos mostrar como se aplicam as leis das malhas e lei dos nós, e comparar os valores calculados de diferença de potencial, corrente elétrica, potência e resistência equivalente com aqueles obtidos experimentalmente utilizando a tábua de circuitos.</p> <p>- Explorar na presente aula a associação simples entre um resistor (lâmpada) e um interruptor.</p>	<p>- Apresentação da Tábua de circuitos</p> <p>- Aula experimental com o estudo de um circuito simples composto por uma lâmpada e um interruptor, que é parte integrante da Tábua de circuitos</p>
----------------------	--	--	--

<p>Aula 8</p>	<p><i>Experimento tábua de circuitos elétricos</i></p> <p>– <i>Parte II: Associação de resistores em paralelo</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar a tábua de circuitos para investigar experimentalmente a associação em paralelo de resistores - Calcular os valores teóricos de diferença de potencial, corrente elétrica, potência e resistência equivalente para a associação - Determinar experimentalmente, utilizando voltímetro, os valores de diferença de potencial, corrente elétrica, potência e resistência equivalente para o circuito em questão - Comparar os resultados experimentais com aqueles obtidos a partir da teoria e discutir as possíveis discrepâncias com os alunos 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização da tábua de circuitos (seção de lâmpadas em paralelo)
----------------------	---	---	--

<p>Aula 9</p>	<p><i>Experimento tábua de circuitos elétricos</i> – <i>Parte III: Associação de resistores em série</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar a tábua de circuitos para investigar experimentalmente a associação em série de resistores - Calcular os valores teóricos de diferença de potencial, corrente elétrica, potência e resistência equivalente para a associação - Determinar experimentalmente, utilizando voltímetro, os valores de diferença de potencial, corrente elétrica, potência e resistência equivalente para o circuito em questão - Comparar os resultados experimentais com aqueles obtidos a partir da teoria e discutir as possíveis discrepâncias com os alunos 	<ul style="list-style-type: none"> - Tábua de circuitos (seção de lâmpadas em série)
----------------------	---	--	---

<p>Aula 10</p>	<p><i>Experimento Tábua de circuitos – Parte IV: Sistemas de acionamento por mais de um interruptor e acionamento automático</i></p>	<p>- Utilizar a tábua para demonstrar as ligações/conexões elétricas dos seguintes tipos de interruptores:</p> <ul style="list-style-type: none"> (i) Three-way (ii) Interruptor intermediário (iii) Interruptor fotossensível <p>- Demonstrar qualitativamente, por meio de circuitos equivalentes, como são realizadas as ligações destes interruptores em diferentes circuitos, além das finalidades de cada tipo de interruptor.</p>	<p>- Tábua de circuitos</p>
<p>Pós-teste</p>	<p>Aplicação do pós-teste junto às turmas</p>	<p>- Elaboração de um pós-teste contendo questões referentes aos tópicos e conceitos explorados nesta sequência didática.</p> <p>- Avaliação se houve aprendizagem significativa dos conteúdos abordados nesta sequência didática.</p> <p>- Comparação entre os resultados obtidos juntos às turmas com aqueles obtidos por turmas de mesmo perfil mas que não sofreram a intervenção do produto, por meio do programa +ENEM.</p>	<p>- Pós-teste</p> <p>- Programa +ENEM</p>

3.1 – RESULTADOS ESPERADOS

Após a aplicação das práticas e aulas ministradas sobre eletricidade e corrente elétrica, espera-se que o aluno compreenda mais sobre este conceito, analisando melhor um sistema de ligação de lâmpadas residenciais, identificando no próprio lar a utilização desses sistemas e das possibilidades de melhoria com múltiplos interruptores e acionadores automáticos.

Espera-se também que o aluno compreenda o método para cálculo de potência elétrica, sendo capaz de identificar em sua residência os equipamentos que geram mais custos e os mais econômicos na instalação elétrica, além de compreender um pouco mais sobre o funcionamento dos equipamentos resistivos, tais como ferro de passar, chuveiro elétrico, forno elétrico e dos fenômenos oriundos da corrente elétrica.

Com esses conceitos adquiridos, o aluno terá capacidade de reconhecer sistemas elétricos básicos, aumentando assim a sua capacidade de compreensão do mundo tecnológico que o cerca e o motivando a buscar explicações para os fatos e acontecimentos que possam aparecer em sua vida.

3.2 – PRODUTO EDUCACIONAL

O produto consiste em uma sequência didática de 10 aulas, composta por aulas expositivas teóricas e aulas experimentais utilizando aparatos fabricados a partir de materiais acessíveis ou reutilizados ministradas, recursos multimídia e quadro branco. Foram abordados os seguintes temas:

- Conceito de corrente elétrica.
- Diferença entre corrente alternada e corrente contínua.
- Diferença entre materiais condutores e isolantes.
- Efeitos da corrente elétrica (efeito luminoso, efeito Joule, efeito magnético, efeito fisiológico).
- Associação de resistores (associação em série, associação em paralelo, associação mista).
- Cálculo da energia elétrica consumida em unidades residenciais.
- Acionamento de lâmpadas por mais de um comando (sistema three-way e sistema four-way).
- Sensores de acionamento de lâmpadas por fotocélula.

Cada aula abordará um dos conteúdos acima de forma teórica, sendo a prática uma complementação para a aprendizagem, utilizada em determinados momentos conforme o assunto que será abordado, sendo descrito para o professor os seguintes tópicos:

- Objetivo da aula
- Questões motivadoras para a aula
- Abordagem teórica do conteúdo a ser ministrado
- Experimento prático a ser realizado
- Roteiro do experimento
- Questões para serem resolvidas em casa e discutidas na próxima aula

Conforme o andamento das atividades propostas, as aulas descritas poderão ser divididas em mais de um encontro, de acordo com a necessidade do professor e da compreensão dos assuntos ministrados pelos estudantes.

Aplicação do pré-teste 1

Antes de iniciar a sequência didática referente ao produto educacional proposto nesta dissertação foi aplicado um pré-teste (ANEXO I) com o intuito de analisar os conhecimentos prévios dos alunos. Com base nos dados obtidos no pré-teste pode-se fazer uma abordagem mais direcionada sobre determinados tópicos do produto, levando em consideração os pontos de maiores erros e acertos do pré-teste. Ao final da aplicação do produto os alunos foram avaliados em um pós-teste. Os resultados obtidos nos testes e as considerações sobre eles serão apresentadas no Capítulo 05.

AULA 01 – Corrente elétrica

OBJETIVO

Introduzir o conceito de corrente elétrica, caracterizando a corrente em circuitos elétricos. Demonstrar o sentido convencional da corrente e o sentido real. Abordar a definição matemática de corrente elétrica. E definir qualitativamente, do ponto de vista microscópico, como se processa o movimento dos portadores de carga responsáveis pela corrente elétrica em metais e outros meios materiais. Definir corrente contínua e corrente alternada e enunciar o princípio de conservação da carga aplicada a circuitos elétricos (lei dos nós de Kirchhoff).

QUESTÕES MOTIVADORAS

Por que passarinhos pousam em fios de alta tensão e não morrem eletrocutados?

Se o chuveiro elétrico é ligado na tomada, por que não tomamos choque quando estamos tomando banho?

Porque não tomamos choques ao manipularmos uma bateria ou pilha?

Qual a diferença entre uma pilha e a tomada residencial?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

É interessante que o professor nesta aula comente sobre os assuntos abaixo relacionados, tendo como foco a teoria aplicada ao cotidiano para que o aluno, ao final da explicação consiga retornar as questões motivadoras e responde-las adequadamente.

Conceitos a serem trabalhados:

- Corrente elétrica
- Diferença de potencial ou tensão elétrica.
- Movimentação de cargas no condutor (elétrons livres ou íons).
- Descargas atmosféricas e linhas de transmissão para distribuição de energia elétrica
- Sentido real e sentido convencional da corrente elétrica.

Observação: o sentido convencional da corrente é utilizado em análise de circuitos elétricos e toda vez que for mencionado termo corrente elétrica será relacionado ao sentido da corrente convencional, fluindo do terminal positivo de um gerador em direção ao terminal negativo do mesmo, atravessando o condutor, como de acordo com a figura 4.

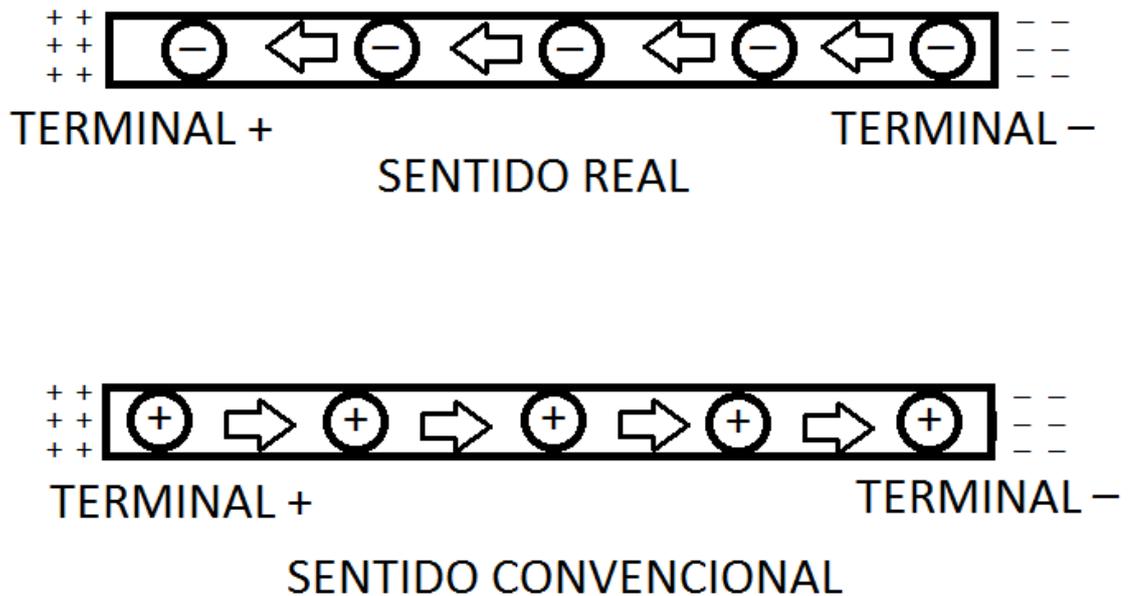


Figura 4 - Sentido da corrente convencional e corrente real - imagem própria

- Corrente elétrica em meios materiais diferentes (sólido, líquido, gasoso).
- Intensidade da corrente elétrica (i), podendo apresentar ao estudante a equação 1:

$$i = \frac{Q}{\Delta t} \left[\frac{\text{coulomb}}{\text{segundo}} \right]$$

Equação 1 - Corrente elétrica

i = corrente elétrica [A]

Q = quantidade de carga elétrica [C]

Δt = intervalo de tempo [s]

Onde a carga total que passa pela seção transversal de um condutor pode ser calculada por meio da equação 2.

$$Q = n \cdot e$$

Equação 2 - Quantidade de carga elétrica

Onde:

n = quantidade de elétrons livres que atravessam a seção transversal

e = carga elétrica elementar = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

- Tipos de correntes elétrica, classificando-a em corrente contínua, denominada de C.C ou D.C. (exemplo: pilhas, baterias, carregadores de celulares) e corrente alternada, denominada de C.A ou A.C. (exemplo: corrente elétrica residencial)

Graficamente pode-se demonstrar esta diferença como representado na figura 5.

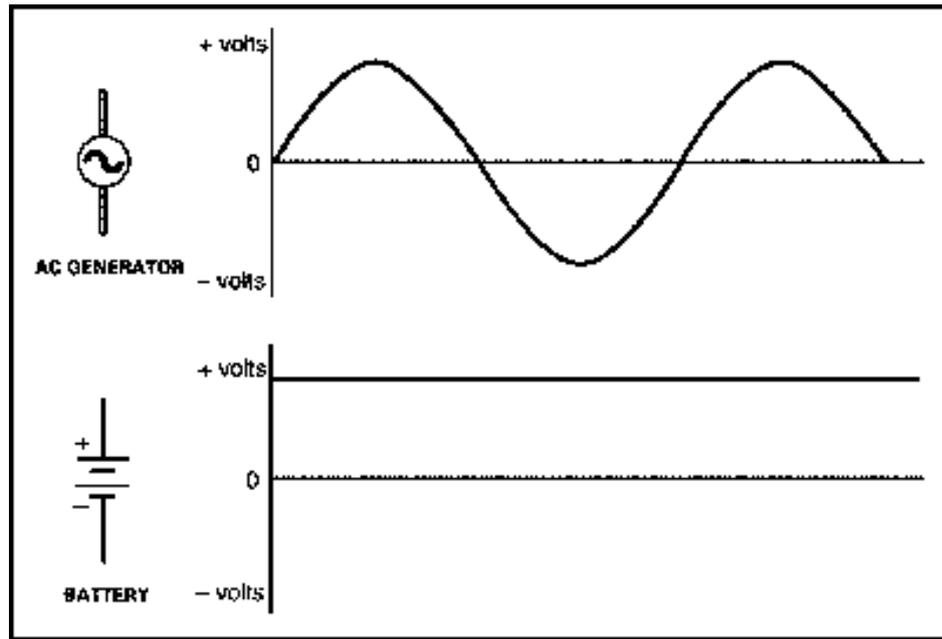


Figura 5 - Gráfico da tensão versus tempo da diferença entre corrente contínua e alternada.

- Continuidade da corrente elétrica em um condutor ligado aos terminais de uma fonte geradora de eletricidade. Reforçando que se no caminho de condução os portadores de cargas se depararem com uma derivação (bifurcação no sistema condutor), também chamada de nó, a corrente elétrica total de entrada no nó será igual à soma das correntes elétricas que seguirão pelos caminhos criados, conforme representado na figura 6. Pode-se chamar esta propriedade de continuidade da corrente elétrica ou Lei dos Nós de Kirchhoff para circuitos elétricos.

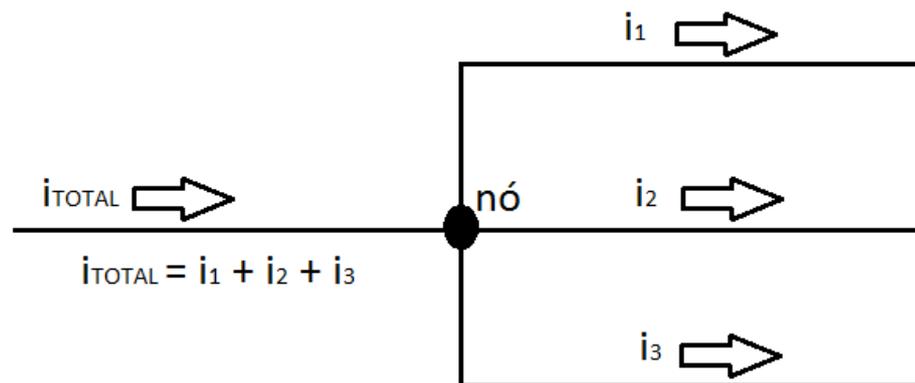


Figura 6 - Continuidade da corrente elétrica - imagem própria

ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.

AULA 02 - Experimento sobre Condutores e Isolantes

OBJETIVO

Verificar junto aos alunos a capacidade de condução elétrica de vários materiais, classificando-os em bons condutores, maus condutores e isolantes elétricos, 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?

Como realizar a ligação de um equipamento elétrico?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Convém ao professor orientar os alunos sobre a capacidade de condutividade de corrente elétrica dos materiais, classificando-os como condutores elétricos ou isolantes elétricos. No intuito de esclarecer aos alunos o que são materiais condutores e materiais isolantes, será proposto uma prática experimental, onde o aluno ou grupo de alunos receberão uma folha contendo o nome de vários materiais do cotidiano para classificá-los em bons condutores, maus condutores ou isolantes elétricos. Pode-se também realizar um levantamento das características de condução ou isolamento elétrico através de votação em sala com uma única tabela projetada ou desenhada no quadro da sala.

Essa atividade pode ser aplicada após uma explicação sobre corrente elétrica e suas formas de condução de eletricidade, deixando-os com curiosidade para experimentação. Após a prática, verifica-se a pontuação dos alunos para definir qual o percentual de acertos e erros, seguindo com uma discussão em sala, agora mais aprofundada, sobre condutividade elétrica, resistência elétrica dos materiais, isolamento elétrico.

ATIVIDADE PRÁTICA

Montagem da tábua de análise dos materiais, onde será ligado um sistema com disjuntor diferencial residual (DR), para evitar possíveis acidentes com choque elétrico, em série com um interruptor simples para controle liga-desliga da corrente e também em série

com uma lâmpada incandescente que permitirá, por meio do seu brilho, estabelecer de forma qualitativa, uma análise da condutividade ou resistividade do material a ser estudado. Este sistema em série com um sistema de fios conectados de modo a permitir a ligação de vários materiais em suas extremidades, conforme ilustrada na figura 7 e no diagrama esquemático da figura 8.

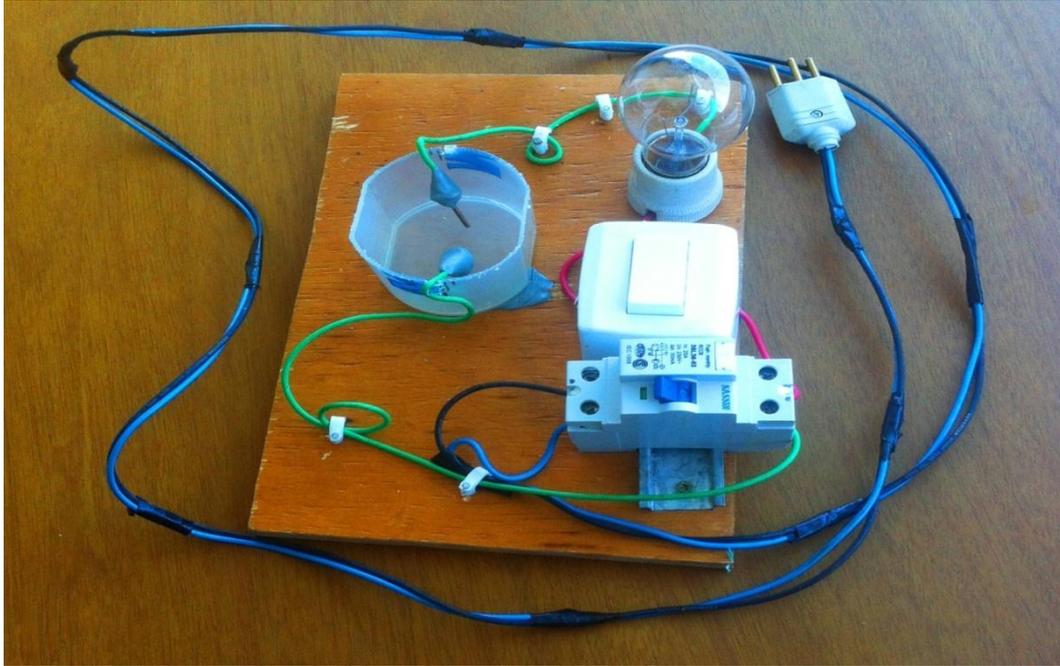


Figura 7 - - Modelo do sistema de ligação para verificação de condutores e isolantes – foto própria.

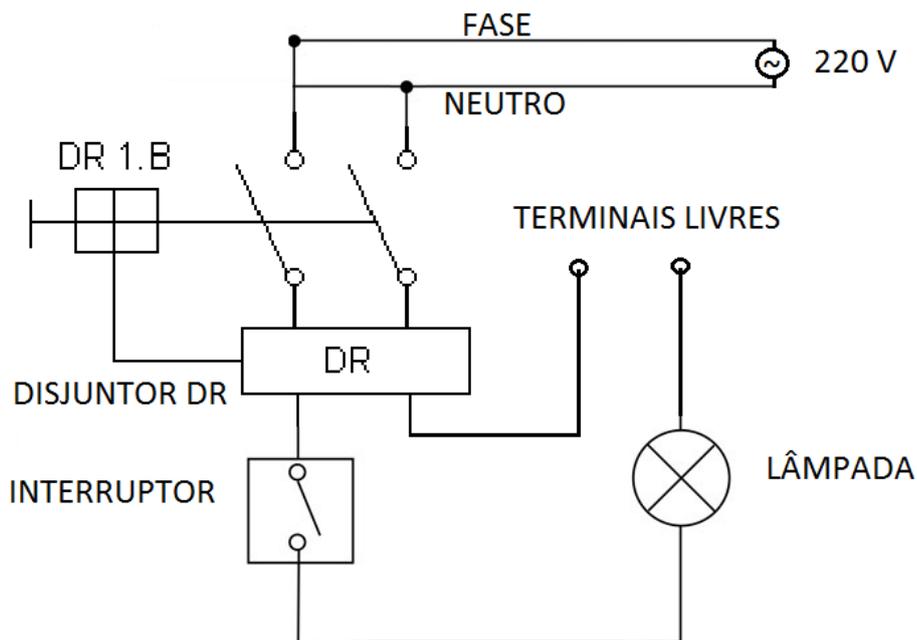


Figura 8 - - Circuito equivalente ligação para verificação de condutores e isolantes – imagem própria.

Na figura 7 e 8 é exibida a foto e o circuito equivalente do modelo da tábua utilizada para análise dos circuitos confeccionada com a ideia de implementação utilizando materiais reutilizados, sem a necessidade de compra, montado com os próprios alunos. O circuito da figura 7 permite analisar a condutividade dos materiais. Importante lembrar que por questão de segurança recomenda-se a utilização de um disjuntor diferencial residual (DR) como proteção de choques elétricos. As ligações deverão ser realizadas sempre pelo professor, com circuito desligado, utilizando como elementos para conexão entre os contatos elétricos os materiais propostos na ficha entregue aos alunos, que previamente deverão ser providenciados pelo professor para que a experiência aconteça adequadamente.

MATERIAL

Bancada de madeira para ligação dos dispositivos:

- Disjuntor de proteção contra choque (DR)
- Interruptor simples
- Lâmpada incandescente (100W, 60W ou 40W)
- Tomada com extensão para alimentação da bancada
- Voltímetro digital e alicate amperímetro
- Materiais para análise conforme os listados na tabela 1.

MONTAGEM

- Fixar sobre a tábua de madeira o trilho do disjuntor DR, o bocal da lâmpada incandescente e o interruptor simples
- Ligar uma extensão elétrica na entrada do disjuntor DR (fase e neutro) segundo especificação do equipamento.
- Conectar a saída de neutro do disjuntor a um fio que ficará com a ponta livre para ligação dos materiais para análise de condutividade.
- Conectar a saída de fase do disjuntor a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor à um terminal do bocal da lâmpada e o outro terminal do bocal um fio que ficará livre para ligação dos materiais para análise de condutividade.

- Para facilitar as ligações aos materiais que serão analisados recomenda-se a utilização de fio rígido de 2,5 mm², sendo possível desencapar sua extremidade livre e recobri-la de massa epox para torna-la menos flexível.
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Tabela 3 - Modelo de tabela para verificação de materiais condutores e isolantes elétricos

Marque, para os elementos representados abaixo, como você os classificaria, como bons condutores, maus condutores ou material isolante.			
MATERIAL	Bom condutor	Mau condutor	Isolante
ÁGUA DA TORNEIRA			
FIO DE COBRE			
PEDAÇO DE MADEIRA SECA			
ÁGUA COM AÇUCAR			
ÁGUA COM SAL			
RESISTÊNCIA DE CHUVEIRO			
SALSICHA			
ÓLEO			
GRAFITE DO LÁPIS			
ÁGUA COM CAFÉ			
DETERGENTE NEUTRO			
TOTAL DE ACERTOS:			

EXPLICAÇÃO DO EXPERIMENTO

Por meio da montagem proposta, pode-se avaliar a condutividade dos materiais ligando-os aos terminais do circuito. De uma maneira qualitativa, o estudante observará que

materiais bons condutores permitirão a passagem da corrente elétrica, produzindo um brilho acentuado na lâmpada incandescente, enquanto materiais maus condutores dificultarão a passagem da corrente elétrica (dissipação de energia elétrica principalmente na forma de calor) fazendo a lâmpada brilhar, porém em uma intensidade bem menor, mostrando que alguma característica do material (resistência do elemento é mais elevada) irá reduzir a passagem da corrente elétrica. Por fim, materiais isolantes não permitirão a passagem da corrente elétrica e conseqüentemente a lâmpada não acenderá.

Uma forma de incrementar os estudos é levar para a sala um amperímetro e conectá-lo em série no circuito, podendo assim, além de avaliar a passagem de corrente e a condutividade de forma qualitativa, realizar quantitativamente o cálculo da resistência elétrica do circuito, levando em consideração o valor de corrente medido, com a tensão aproximada da rede (220V, para Brasília) e a Lei de Ohm, mostrada na equação 03.

$$U=R.I$$

Equação 3 - 1ª Lei de Ohm – cálculo da diferença de potencial

Onde:

U = diferença de potencial (volt)

R = resistência elétrica (ohm)

I = corrente elétrica (ampère)

Pode-se utilizar este experimento para introduzir os conceitos de resistência elétrica que será abordado em aulas futuras, reaplicando esta prática de forma quantitativa para aferir resistência elétrica, corrente elétrica e conceitos de potência e energia elétrica.

Outro fenômeno possível de ser observado nesta prática é o Efeito Joule, onde a passagem de corrente gera aquecimento no condutor, com elementos como a água com café, salsicha e palha de aço, pode-se verificar este fenômeno, relacionado ao aumento de temperatura quando submetidos à corrente elétrica. O café, se esperado algum tempo após a ligação, entrará em ebulição; a palha de aço, quando conectada nos dois terminais entrará em combustão, e a salsicha poderá ser cozida quando inserida no circuito elétrico.

ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.

AULA 03 – Efeitos da Corrente Elétrica

OBJETIVO

Identificar os vários efeitos que a corrente elétrica pode criar em um circuito, tais como: efeito térmico ou efeito Joule, efeito luminoso, efeito magnético e efeito químico; analisando-os de forma qualitativa dentro de experimentos realizados em sala de aula.

QUESTÕES MOTIVADORAS

Como a lâmpada funciona e qual a diferença entre a incandescente e a fluorescente?

Como os motores elétricos funcionam (ventiladores, batedeira, liquidificador)?

O que acontece com uma pessoa quando toma choque, quais os efeitos da corrente elétrica sobre o corpo humano?

Como se faz para banhar uma peça a ouro? E a cromagem?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Nesta aula o professor deverá abordar de forma sucinta e preferencialmente qualitativa os principais efeitos da corrente elétrica e se possível, apresentar uma aplicação dos efeitos estudados de forma prática e/ou teórica, conforme sugerido neste produto.

Um problema encontrado na análise da corrente elétrica se deve ao fato dos portadores de cargas elétricas não serem visíveis, um condutor não energizado ou energizado, aparentemente não apresenta nenhuma alteração visível, pois os elétrons ou íons circulando em um condutor percorrido por corrente não podem ser observados, porém o fluxo de cargas que atravessa o condutor pode ser aferido por instrumentos de medida (amperímetro). Deve-se, desta forma criar um modelo que melhor explique as situações, uma maneira da verificação da passagem da corrente elétrica é realizar a análise dos efeitos gerados pela corrente elétrica em um circuito fechado, que comprovam a existência da corrente por meio da transformação da energia elétrica em outras formas de energia.

Ao analisar a passagem da corrente elétrica por um condutor, pode-se verificar uma série de fenômenos provocados pela corrente elétrica, onde, para o ensino médio, destacam-se cinco efeitos principais: fisiológico (efeito sobre o corpo e tecidos), térmico (ou efeito Joule), químico, magnético e luminoso.

- **Efeito fisiológico:**

Comentar sobre a passagem da corrente elétrica por organismos vivos que poderá provocar desde contrações musculares leves à parada respiratória e parada cardíaca; quando isso ocorre, dizemos que houve um choque elétrico. Pode-se também abordar o valor mínimo de intensidade de corrente que se pode perceber pela sensação de cócegas ou formigamento leve, que é 1 mA até a faixa de valores letais de corrente elétrica está compreendido entre 10mA e 3A onde nesta intensidade, a corrente, atravessado o tórax, atinge o coração com intensidade suficiente para modificar seu ritmo. Cabe também relatar que nossos impulsos nervosos são transmitidos por estímulos elétricos, logo a eletricidade está naturalmente presente no nosso corpo.

- **Efeito térmico:**

Pode-se fazer uma breve introdução histórica sobre a corrente elétrica e a produção de calor, através da análise dos experimentos propostos por James Prescott Joule (1818 – 1889).

No decorrer da aula é interessante que o professor comente sobre as conclusões dos experimentos de Joule onde, a partir destas observações Joule definiu que o calor gerado em um circuito elétrico percorrido por corrente deveria ser diretamente proporcional à resistência elétrica do condutor (R), ao quadrado da corrente elétrica (i) que o percorre e do tempo de exposição (Δt) do condutor a corrente elétrica, conforme exibido na equação 4.

$$Q = R \cdot i^2 \cdot \Delta t.$$

Equação 4 - Quantidade de calor em função da corrente elétrica

Considerando a quantidade de calor como energia ($Q = E$) e a potência elétrica (P) como a razão entre a energia e o tempo, tem-se na equação 5:

$$P = \frac{E}{\Delta t} = R \cdot i^2$$

Equação 5 - Cálculo da potência elétrica

Este feito de transformação de energia elétrica em energia térmica é denominado efeito térmico, também conhecido como efeito Joule. O professor pode comentar ainda que esse efeito é muito aplicado nos aquecedores em geral, como o chuveiro, mergulhão, churrasqueira elétrica, forno elétrico, fogão elétrico, lâmpadas incandescentes e que em geral, todos os condutores quando percorridos por correntes elétricas sofrem um aquecimento.

Para demonstração do efeito Joule, pode-se utilizar a montagem da figura 4 (modelo do sistema de ligação para verificação de condutores e isolantes), ligando, por exemplo, um pedaço de palha de aço ou uma salsicha entre os terminais, verificando desta forma que após

algum tempo a temperatura da salsicha irá aumentar e começará o processo de cozimento do alimento, se for realizado um curto-circuito nos terminais da lâmpada, a salsicha será alimentada por tensão de aproximadamente 220 V e começará a aquecer-se mais rapidamente, mostrando que o aumento da tensão elétrica acarretará em um aumento da corrente elétrica sobre o equipamento e conseqüentemente um aumento da potência elétrica dissipada pelo alimento e sua carbonização.

- **Efeito químico:**

O professor pode relatar sobre o efeito químico abordando determinadas reações químicas que ocorrem quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas. Este processo é aplicado, por exemplo, no recobrimento de metais por outros metais (niquelação, cromação, prateação, banho de ouro).

Para demonstração do efeito químico foi proposto um processo de galvanização, revestindo uma peça metálica com cobre, escolhido devido a maior facilidade de realização e custo baixo, realizando então um experimento que aborda a galvanização eletrolítica, onde se realiza uma eletrólise aquosa de cobreamento.

A galvanização é todo processo de galvanoplastia em que metais são revestidos por outros mais nobres, com o objetivo de proteção ou para fins estéticos e decorativos. Trata-se de um processo de revestimento de superfícies por meio da eletrólise onde o metal a ser revestido funciona como cátodo, logo, sofrerá redução, e o metal que irá revestir a peça funciona como o ânodo que, por conseguinte, sofrerá oxidação. A galvanização possui grande uso na indústria como, por exemplo, no desenvolvimento de joias e semijoias que não são feitas totalmente de metais nobres, apenas revestidas por estes. Por meio do mesmo processo é possível cobrir objetos com cromo, níquel, cobre, ouro, dentre outros, efeito utilizado principalmente em peças de carros e motos, semijoias e processos industriais. Em geral, a galvanização é utilizada para proteger esses artefatos, e produzir peças resistentes à corrosão. Assim, caso haja danificação, será sempre mais fácil trocar o material revestidor do que o revestido.

ATIVIDADE PRÁTICA

A prática desse experimento se dá a partir do uso alguns materiais laboratoriais; para o processo realizado em sala de aula pode-se utilizar:

250 ml de água deionizada

75 g de sulfato de cobre

01 peça de metal que será galvanizada (no caso utilizou-se um pingente, uma chave e um abridor de lata).

Além disso, é necessário um pedaço de cobre por se tratar de uma eletrólise cujo objetivo é o cobreamento de tal peça. Tanto o pedaço de cobre quanto o metal que se deseja revestir com cobre serão conectados aos eletrodos de uma fonte de alimentação contínua, mergulhados em seguida na solução eletrolítica. A peça que será galvanizada recebe nome de cátodo e o pedaço de cobre recebe o nome de ânodo.

A montagem experimental é exibida na figura 9.

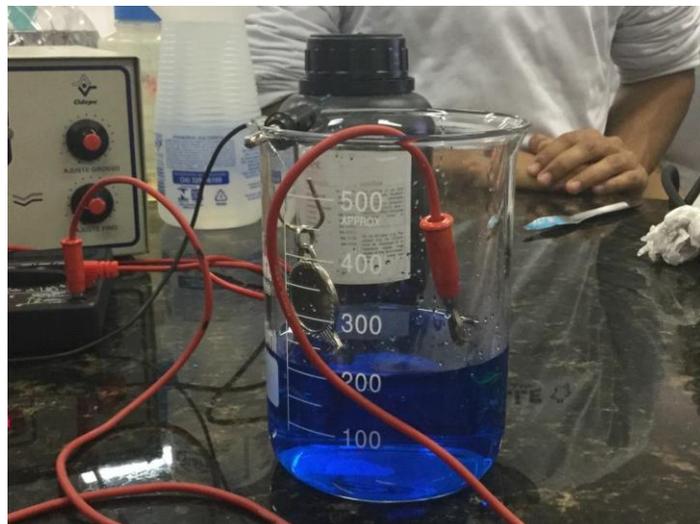


Figura 9 - Experimento abordando técnica de cobriamento de uma peça de metal realizada com os alunos – imagem própria.

É fundamental que haja uma fonte de energia elétrica, podendo ser utilizado um gerador de tensão contínua, com extrabaixa tensão (25 volts), controlando a intensidade de corrente em torno de 5,0 ampères. Após ligar o gerador espera-se cerca de 60 segundos para que seja possível observar o cobreamento da peça. É importante fixar que a intensidade da corrente elétrica pode alterar o tempo de fixação de cobre no metal, caso esta seja maior ou menor o processo irá ocorrer mais rápido ou mais devagar respectivamente, além disso, o tempo pode modificar a qualidade da cor do objeto revestido.

O controle da espessura da camada de cobre que será depositada no eletrodo pelo processo de galvanização é feito por meio de modelos matemáticos, abordando os aspectos quantitativos da eletrólise, porém este cálculo não será abordado nas aulas de física, onde nosso objetivo com tal experimento é puramente qualitativo, uma vez que as aulas de química

referentes a este experimento serão vistas com maior detalhamento no terceiro trimestre, ao passo que esta matéria foi ministrada nas aulas de física no primeiro e segundo trimestre. Em parceria com os professores de química pode-se solicitar que este experimento seja revisto e que as reações químicas sejam reanalisadas.

- **Efeito magnético:**

O professor deve fazer um relato breve e qualitativo sobre o efeito magnético, que pode ser observado por meio da criação de um campo magnético na região em torno de um fio percorrido por corrente elétrica. Cabe ressaltar que, dependendo do cronograma da instituição de ensino os tópicos relacionados ao magnetismo só serão abordados após o estudo de eletrodinâmica, logo os alunos podem não possuir conhecimento prévio sobre ímãs e sistemas eletromagnéticos.

ATIVIDADE PRÁTICA

Esta prática demonstra o efeito magnético da corrente elétrica, mostrando como a corrente elétrica, ao passar por uma bobina, gera um campo magnético, observando a interação entre a bobina e um ímã permanente, explicando qualitativamente o princípio básico de funcionamento de motores elétricos e suas partes fundamentais. A construção do aparato é simples, para que os alunos possam refazer a experiência em casa, se acharem necessário. Para isso o professor deverá utilizar materiais de uso cotidiano e fáceis de serem encontrados.

O modelo de motor proposto no projeto terá como estator (parte fixa do motor) um ímã permanente, que pode ser obtido na desmontagem de uma caixa de som ou autofalante. O rotor (parte móvel do motor) será feito com fio de cobre esmaltado, retirado de algum bobinamento de um motor já sem utilidade. A fonte de alimentação poderá ser uma pilha ou associação em série de pilhas, ou um carregador de celular ou qualquer outra fonte de corrente contínua de baixa d.d.p. (diferença de potencial) e para montagem é proposto à fixação de todo o aparato em um pedaço de madeira ou outra superfície isolante. Os mancais para o apoio da bobina devem ser feitos com o fio de cobre rígido, com as extremidades raspadas (para retirar o verniz isolante) ou utilizando fio nu, isto é, fio desencapado.

Para dobrar o fio é interessante a utilização de um alicate. As extremidades inferiores desses mancais serão fixadas diretamente sobre a madeira, com fita adesiva ou cola quente, criando um ponto de ligação para os terminais (+) e (-) da pilha ou carregador de celular. A altura correta é aquela que permitirá à bobina passar bem rente ao ímã.

A bobina (rotor do motor), será feita inicialmente com uma só espira para aferir a dimensão do sistema, em seguida o enrolamento será realizado na mesma dimensão da primeira espira, criando uma bobina entre 10 e 20 voltas. A bobina deverá ter uma das extremidades totalmente raspada para retirar o verniz isolante e a outra apenas raspada só metade do fio, como forma de conduzir a corrente elétrica em metade do ciclo, interagindo com o ímã e a segunda metade, com circuito fechado, a bobina girará pela inércia adquirida. Esta raspagem funciona como o comutador de um motor de corrente contínua, a montagem descrita acima é exibida na figura 10.



Figura 10 - Modelo da montagem do motor elétrico - imagem própria

Uma vez terminada a montagem, às vezes é necessário um pequeno impulso no rotor para que ele inicie o movimento e continue girando. Se não girar, um dos motivos pode ser a posição da extremidade semirraspada do terminal da bobina; com o alicate, o professor ou o aluno sob sua orientação deverá lentamente torcer esse terminal até obter a posição correta. Outro motivo possível é a distribuição de massa da bobina, onde deve ser observado que o eixo imaginário da bobina deverá passar pelo centro da circunferência, criando uma melhor distribuição do seu peso sobre os mancais.

ATIVIDADE PRÁTICA ALTERNATIVA OU COMPLEMENTAR

Uma forma de mostrar o mesmo princípio, construindo um motor mais simples, consiste em acoplar uma pilha palito (AAA) ou pilha pequena (AA) a um conjunto de ímãs de neodímio em forma de pastilha circular, criando a fonte acoplada ao estator. Com um fio de cobre fino, deve-se montar uma bobina simples que terá como mancal o próprio contato

elétrico em um terminal e na parte inferior um enrolamento para contato com o outro terminal elétrico da pilha, conforme mostra a figura 11.



Figura 11 - - Motor elétrico simples - imagem própria

Uma vez conectados o sistema iniciará o movimento seguindo os mesmos princípios da outra montagem proposta. Esta montagem poderá ser realizada com os alunos como uma forma alternativa de criação de motor elétrico simples e mais barato.

Efeito luminoso:

Também é um fenômeno elétrico em nível molecular que pode ser analisado através do funcionamento de sistemas elétricos como lâmpadas fluorescentes onde a excitação eletrônica pode gerar a emissão de radiação ultravioleta, e o revestimento da lâmpada a base de fósforo, por sua vez, produz luz na faixa do espectro visível. Este sistema ilustra como em determinadas condições, a passagem da corrente elétrica através de um gás rarefeito faz com que ele emita radiações eletromagnéticas visíveis ou não. As lâmpadas fluorescentes, os anúncios luminosos, os relâmpagos oriundos de descargas atmosféricas, são aplicações desse efeito. Neles há transformação de energia elétrica em energia luminosa.

Vale resaltar que a lâmpada incandescente não tem como princípio de funcionamento o efeito luminoso, elas são consideradas como resistores elétricos, operando através do efeito Joule, convertendo energia elétrica em calor e posteriormente calor em energia luminosa através do aquecimento do filamento de tungstênio presente no seu interior.

ATIVIDADES PARA CASA:

- 1- Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.
- 2- Análise da medição da corrente elétrica, da energia elétrica e potência elétrica de aparelhos elétricos encontrados em residências.
- 3- Proposta de preenchimento da planilha de verificação de consumo de energia elétrica residencial com tarefa para casa, para posterior discussão dos dados coletados em sala de aula.

Poderá ser disponibilizada para os alunos uma planilha como a do modelo abaixo em Excel, como forma de introduzir esta ferramenta para os estudantes.

Tabela 4 - Tabela para cálculo de consumo de energia elétrica residencial

Modelo de Trabalho para o aluno realizar em casa:				Valor da tarifa (preço do kWh da sua conta Le Luz)		
Aferição do consumo de energia de equipamentos residenciais						
SIMULADOR DE CONSUMO DE ENERGIA						
EQUIPAMENTOS	POTÊNCIA (WATTS)	QUANTIDADE DE APARELHOS	HORAS DE USO POR DIA	DIAS DE USO NO MÊS	CONSUMO [kWh/mês]	VALOR R\$(em reais)
Aparelho de som						
AR CONDICIONADO						
Aspirador de pó						
Batedeira						
Cafeteira elétrica						
Carregador de celular						
Máquina de lavar roupa						
Chapinha de cabelo						
Chuveiro elétrico						
Coifa ou exaustor de cozinha						
Geladeira						
Espremedor de frutas						
Ferro de passar roupa						
Lâmpadas						
Forno elétrico						

AULA 04 - Leis de Ohm e resistores elétricos

OBJETIVO DA AULA

Compreender o efeito da corrente elétrica em sistemas resistivos e suas relações matemáticas, identificando aparelhos elétricos resistivos e resistores, analisando as Leis de Ohm referentes a tais equipamentos.

QUESTÕES MOTIVADORAS PARA A AULA

Como um chuveiro elétrico, um forno elétrico e um ferro de passar roupa funcionam?

Qual destes equipamentos será percorrido por maior corrente elétrica quando ligados a mesma tensão elétrica?

O que aconteceria se um equipamento de 220V fosse ligado em uma rede elétrica de 110V?

O que aconteceria se um equipamento de 110V fosse ligado em uma rede elétrica de 220V?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Na análise de corrente elétrica, verificou-se a possibilidade de conversão da energia elétrica em outras formas de energia, como energia luminosa, calor, magnetismo para acionamento de motores e energia química. Nesta aula o professor deverá abordar a conversão de energia elétrica em calor, compreendendo como equipamentos elétricos, como torradeiras, chuveiro, fogão elétrico, cafeteira e outra variedade de sistemas conseguem realizar esta conversão. Vale ressaltar para os alunos que estes equipamentos possuem uma característica ou propriedade em comum, que será nomeado de resistência elétrica (R).

Neste momento o professor pode fazer um breve relato histórico sobre Georg Ohm e abordar as equações que descrevem as observações por ele feitas, representadas como as Leis de Ohm, em uma análise voltada para o ensino médio onde o valor da “Resistência Elétrica” do material, simbolizado pela letra R, que pode ser calculada de acordo com a equação 6, onde a unidade será $\left[\frac{V}{A}\right] = [ohm] = [\Omega]$.

$$R = \frac{U}{i}$$

Equação 6 - Equação da 1ª Lei de Ohm – cálculo da resistência elétrica

Na apresentação da segunda relação proposta por Ohm, o professor pode relacionar a resistência elétrica com as características e dimensões do material condutor, verificando as relações entre o comprimento do condutor (L), sua área de seção transversal (A) e o tipo de material utilizado, representado pela sua resistividade (ρ), pois materiais diferentes tendem a conduzir correntes diferentes, mesmo feitos com as mesmas dimensões.

Desta forma a resistência elétrica pode ser calculada como sendo diretamente proporcional à resistividade do material, ao comprimento e inversamente proporcional à área de seção transversal reta do respectivo objeto, expressa conforme a equação 7:

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

Equação 7 - Equação da 2ª Lei de Ohm

Vale a pena o professor resaltar que as Leis de Ohm são válidas para resistores operando em determinadas faixas de temperaturas e de diferença de potencial aplicadas sobre eles. Desta maneira, os resistores são considerados ôhmicos porque obedecem à lei de Ohm dentro dos limites de tensão aplicados no local do circuito onde forem instalados. Alguns dispositivos à base de semicondutores, como diodos e transistores não apresentam comportamento que obedecem as Leis de Ohm, sendo considerados equipamentos não ôhmicos, estes materiais não são explorados por não fazerem parte do programa do Ensino Médio. No estudo de resistência elétrica um equipamento será considerado como Resistor elétrico (R) quando tiver como função transformar energia elétrica em energia térmica. Este fenômeno é chamado de efeito Joule. Em um circuito elétrico um resistor poderá ser representado conforme a figura 12:



Figura 12 - Representação característica de um resistor

ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos - Leis de Ohm e circuito resistivo.

Aplicação do segundo pré-teste 02

Antes de iniciar as aulas referentes à associação de resistores em série, paralelo e mista recomenda-se a aplicação de um pré-teste 02 com o intuito de analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre associações elétricas e verificar o nível de conhecimento adquirido sobre circuitos elétricos resistivos até esta etapa da sequência didática (ANEXO II).

AULA 05 - Associação de Resistores

OBJETIVO DA AULA

Analisar circuitos resistivos observando as várias formas de associação de resistores possíveis, associação em série, associação em paralelo e associação mista. Demonstrar para cada tipo de associação as relações entre corrente elétrica, tensão elétrica e resistência equivalente dos circuitos.

QUESTÕES MOTIVADORAS PARA A AULA

Como realizar a ligação de mais de uma lâmpada em um único interruptor?

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?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Nesta aula deve-se observar que de forma geral, os resistores podem ser associados de três maneiras: associação em série, associação em paralelo, associação mista. O professor deverá analisar cada uma destas associações e suas características, levando o aluno a compreender a relação entre tensão elétrica e corrente elétrica em cada uma das associações e o cálculo da resistência equivalente qualquer que seja o tipo de associação de resistores utilizada, a qual é normalmente simbolizada pela forma abreviada de escrita R_{eq} .

ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.

AULA 06 – Medidas elétricas de corrente e tensão em circuitos resistivos

OBJETIVO

Identificar dentro de um circuito resistivo as tensões e correntes através de equipamentos que possibilitem fazer a aferição destes valores. Apresentar os equipamentos voltímetro e amperímetro, explicitando suas formas de conexão dentro dos circuitos elétricos. Este conteúdo será de fundamental importância para a aplicação da bancada de circuitos

elétricos residencial, parte desse produto educacional, e que será utilizada nas aulas 07, 08 e 09.

QUESTÕES MOTIVADORAS PARA A AULA

Como realizar a medição da tensão elétrica de uma tomada residencial, uma bateria de carro ou uma pilha?

Como realizar a medição da corrente elétrica que passa por um circuito resistivo?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

É importante que o professor reflita com os alunos a necessidade da realização de medidas de tensão elétrica e da corrente elétrica, pois através destas análises, como visto em aulas anteriores, é possível aferir os valores de potência elétrica, resistência elétrica e realizar uma estimativa da energia elétrica consumida em um circuito resistivo. Para isso é necessário a apresentação e forma de utilização de dois aparelhos: o voltímetro e o amperímetro. Existe um aparelho, o multímetro, conforme representado na figura 13, que possui uma chave seletora e pode funcionar como voltímetro e amperímetro e estes equipamentos devem ser apresentados aos alunos para que possam manuseá-los e compreender as possibilidades de ligações e medidas. Deve-se, entretanto, ficar atento na forma de conexão destes equipamentos no circuito e em suas características, pois se ligados errados poderá gerar dano ao equipamento e ao circuito ou não registrar adequadamente os valores que se quer medir.

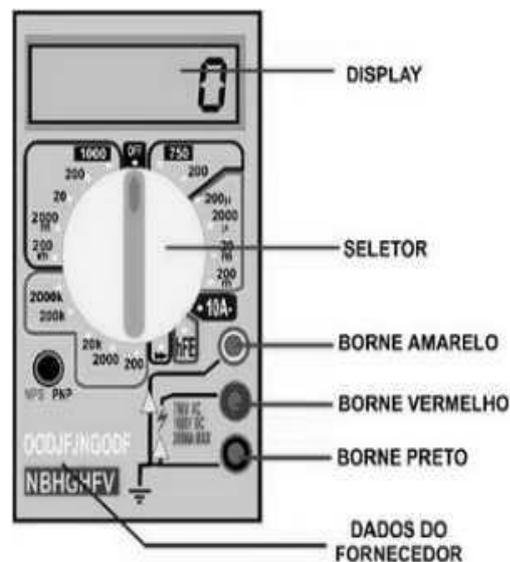


Figura 13 - Multímetro digital e seus comandos e ligações

O professor deve explicar as características de cada um dos equipamentos de medidas e a forma de ligação dos equipamentos com o circuito elétrico.

Deve-se orientar o aluno a tomar cuidado ao ligar um amperímetro, pois caso este equipamento seja ligado em paralelo com o circuito, por possuir uma baixa resistência, será percorrido por uma corrente elevada, podendo gerar dano ao equipamento que esta realizando a medição bem como a instalação ou circuito elétrico onde estará conectado. Desta maneira, quando utilizado o multímetro para medição destes valores, recomenda-se o chaveamento da chave seletora para a posição de medição antes de conecta-lo ao circuito, evitando assim, uma ligação inadequada do aparelho de medição.

ATIVIDADE PRÁTICA

Apresentar para os alunos os aparelhos de medição e aferir com estes instrumentos a tensão elétrica das tomadas da sala de aula.

AULA 07 - Instalação de lâmpadas e múltiplos sistemas acionadores (interruptores) – análise prática da resistência elétrica e das associações de resistores.

OBJETIVO

O experimento proposto tem como objetivo analisar e demonstrar de forma qualitativa e quantitativa a lei de ohm, efeito Joule, bem como os sistemas de instalações elétricas residenciais, a partir da análise de ligações simples, ligações em série e paralelo de resistores e sistemas de comandos de acionamento diferenciados.

CUIDADOS PRELIMINARES

ATENÇÃO!!

O experimento será montado utilizando a rede elétrica de tensão de 220V, que poderá gerar choques elétricos caso ocorra contato com partes metálicas do circuito. Para minimizar qualquer possibilidade de acidente nunca manuseie o circuito sem antes ter a certeza que os disjuntores estão devidamente desligados e que o circuito não esteja eletrizado.

Para segurança extra, a tábua de circuitos possui um dispositivo de proteção contra choques (disjuntor DR); antes de iniciar o experimento acione o disjuntor DR (diferencial residual) e pressione o botão de teste para que ele desarme, verificando seu funcionamento.

QUESTÕES MOTIVADORAS

Como realizar a ligação de uma lâmpada em um sistema elétrico?

Como realizar a ligação de varias lâmpadas comandadas por apenas um interruptor?

Como controlar o acionamento de uma lâmpada em mais de um ponto (dois ou mais interruptores)? Onde podemos verificar esse tipo de ligação?

Quem acende os postes de iluminação pública à noite?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Neste experimento serão analisadas as ligações de circuitos elétricos e interruptores, sendo abordados os tipos de associação de resistores (série e paralelo) e o Efeito Joule, utilizando lâmpadas para a análise qualitativa e quantitativa do experimento e diversos tipos de interruptores, que permitirão o comando das lâmpadas por vários pontos de controle.

Circuitos elétricos são constituídos por um conjunto de dispositivos utilizados nas instalações elétricas residenciais para controlar variáveis elétricas, tais como tensão (ddp) e corrente elétrica. Os circuitos são basicamente constituídos por:

- **CONDUTORES:** elementos de baixa resistência elétrica que servem para conduzir a corrente elétrica de um elemento a outro. Serão utilizados fios de cobre como condutores no circuito do experimento.
- **PROTEÇÃO:** dispositivos utilizados para limitar e controlar os valores de algumas grandezas no circuito. Serão utilizados como sistema de proteção: disjuntor termomagnético e disjuntor DR (Diferencial Residual).

Disjuntores são dispositivos eletromecânicos que funcionam como seccionadores da corrente elétrica para proteção da instalação elétrica na qual ele está associado. O disjuntor termomagnético gera proteção contra curto-circuito e sobre carga na instalação, desarmando eletromagneticamente para valores de correntes elétricas superiores a sua especificação e em caso de aquecimento excessivo, através de um sistema de lâminas bimetálicas (acionamento térmico). Já o disjuntor DR oferece, além das proteções de sobre carga de um disjuntor eletromagnético, uma proteção quanto a choques elétricos ou fugas de corrente, por realizar a comparação entre as correntes de fase e neutro no circuito, tendo seu desarme acionado eletromagneticamente quando a diferença de corrente elétrica for igual ou superior a 30 mA.

- **SECCIONADORES:** dispositivos utilizados para controlar o fluxo de corrente elétrica, liberando ou bloqueando o circuito elétrico. Serão utilizados chaves interruptoras simples, interruptores three-way, interruptores intermediários (four-way) e interruptores fotossensíveis (as formas de ligação serão abordadas nas aulas).

Interruptor simples: funciona abrindo ou fechando o circuito elétrico, possuindo dois terminais de contato para ligação de fios, onde o movimento do botão de acionamento permite que o contato entre as partes seja estabelecido ou não.

Interruptor three-way ou paralelo: são utilizados quando se pretende ter mais de um ponto de acionamento de lâmpadas, como em escadas, entradas de salas ou quartos. Possui três terminais para ligação de fios onde o polo central é a ligação comum e os polos externos são abertos os fechados em alternância, de forma não simultânea, conforme a movimentação da chave, permitindo uma combinação de ligações onde a instalação elétrica poderá ser comandada por mais de um ponto de controle.

Interruptor four-way ou intermediário: é utilizado quando se deseja um acionamento de uma carga ou lâmpada por três pontos ou mais de controle. Funciona como dois interruptores paralelos colocados lado a lado e acionados simultaneamente, chaveando os terminais em seis pontos, sendo que apenas quatro desses pontos (dois pontos externos e dois pontos centrais) são ligados diretamente no circuito elétrico e suas extremidades são interconectadas em cruz, permitindo uma combinação de ligações.

- **CARGA:** dispositivos utilizados para transformar a energia elétrica do circuito. Serão utilizadas lâmpadas incandescentes de diversos valores de potência, como representação das resistências que compõem um circuito elétrico.
- **ALIMENTADOR:** dispositivos utilizados para fornecer energia elétrica ao sistema. Será utilizada a alimentação direta da rede elétrica residencial, fornecida por uma tomada de 220 V.
- **DIAGRAMA ELÉTRICO:** serve para representar os dispositivos do circuito elétrico através de símbolo gráfico, que deverá ser preenchido antes da análise dos circuitos.

MATERIAL UTILIZADO

Bancada de madeira para ligação das lâmpadas composta por:

- 9 (nove) bocais para ligação de lâmpadas fixados na bancada
- Disjuntor de proteção contra choque (DR)

- Disjuntor termomagnético
- 2(dois) interruptores simples
- 7 (sete) interruptores three-way
- 3(três) interruptores intermediário
- 1(um) interruptor fotossensível
- Lâmpadas incandescentes de diferentes potências (100W, 60W, 40W)
- Tomada com extensão para alimentação da bancada
- Voltímetro digital e alicate amperímetro

Com os materiais listados acima foi montado a bancada que é exibida na figura 14, a bancada foi montada antes das aulas sendo utilizada para demonstração dos diferentes tipos de associação de resistores. Nas seções a seguir serão descritas as maneiras como se pode utilizar a bancada para ilustrar os diferentes tipos de associação de resistores e dos interruptores. As conexões e orientação de montagem serão mostradas por circuito conforme forem apresentadas as possibilidades de ligações disponíveis na bancada.

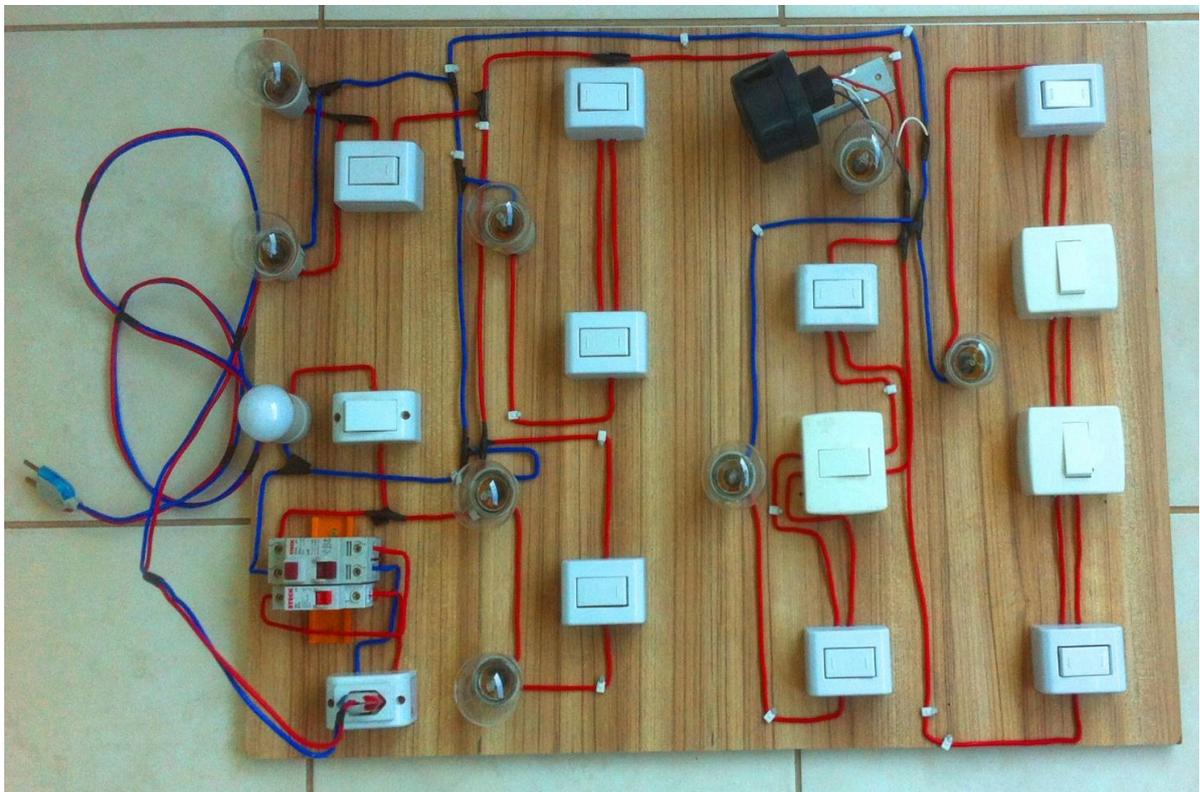


Figura 14 - Modelo da bancada de instalação elétrica com os sistemas de ligação para análise dos circuitos elétricos resistivos e associação de resistores e múltiplos acionadores de circuito – foto própria.

SISTEMA 01 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR SIMPLES

OBJETIVO

O primeiro sistema visa o entendimento da ligação simples de uma única lâmpada acionada por um interruptor simples, verificando a diferença de brilho devido à diferença de potência das lâmpadas.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema representado na figura 15, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com o interruptor e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 15 e diagrama de ligação exibido na figura 16.

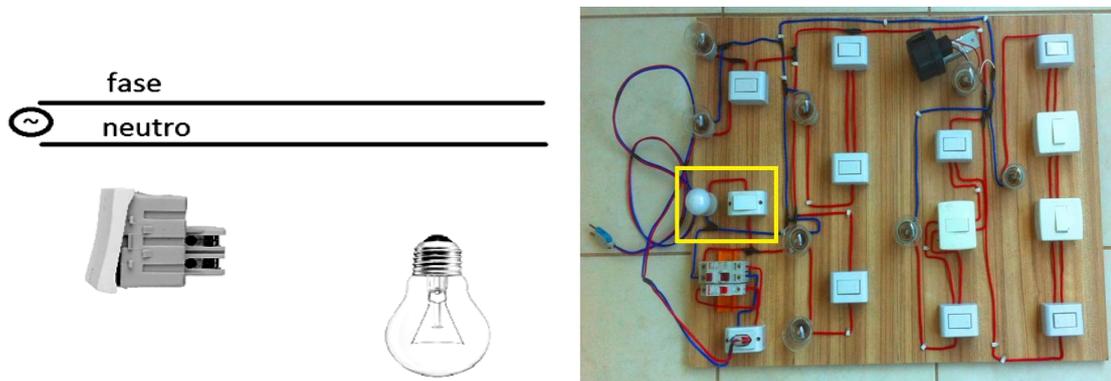


Figura 15 - Ligação simples - lâmpada e interruptor

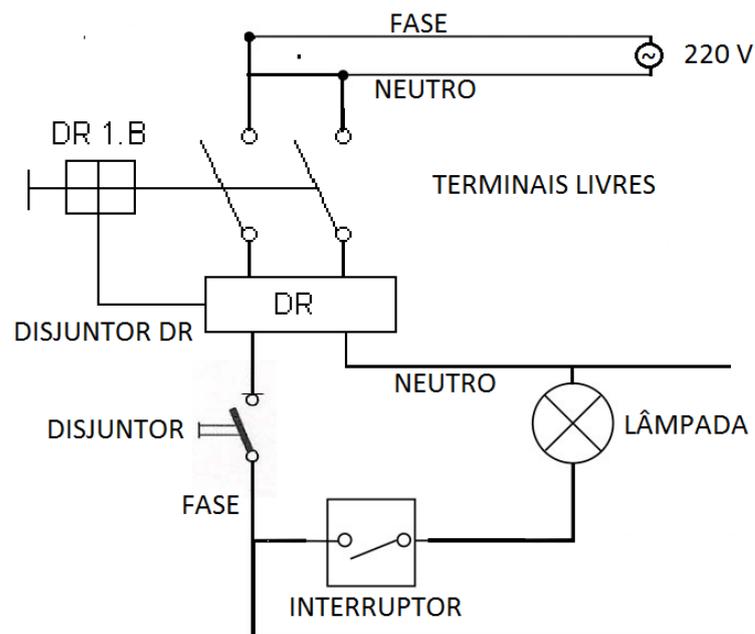


Figura 16 - Diagrama da ligação do sistema de proteção e interruptor simples acionando uma lâmpada

MONTAGEM

- Fixar sobre a tábua de madeira o trilho do disjuntor DR e do disjuntor termomagnético, o bocal da lâmpada incandescente e o interruptor simples
- Ligar uma extensão elétrica na entrada do disjuntor DR (fase e neutro) segundo especificação do equipamento.
- Conectar a saída de neutro do disjuntor a um fio que será conectado ao bocal da lâmpada (parte da rosca)
- Conectar a saída de fase do disjuntor DR à entrada do disjuntor termomagnético e a saída do disjuntor termomagnético a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor a um terminal do bocal da lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Comentar sobre medidas diretas (realizadas pelo voltímetro e amperímetro) e indiretas (cálculo da potência elétrica e da resistência elétrica da lâmpada).

Conectar a lâmpada de 100 W e verificar a diferença de potencial em seus terminais U (volts) e a corrente elétrica i (ampère).

Calcular assim o valor da sua resistência elétrica em funcionamento R (ohm) e da potência elétrica P (watt).

Trocar a lâmpada de 100 W por uma de 60 W e posteriormente 40 W analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas irá gerar e compara-las através de suas potências.

Medir a resistência elétrica com a lâmpada desconectada utilizando o multímetro na configuração de Ohmímetro.

Repetir o procedimento de verificação de tensão e corrente elétrica e o cálculo da resistência e potência para as lâmpadas de 60W e 40W.

Realizar uma comparação do brilho das lâmpadas e análise das resistências elétricas.

AULA 08 – Associação de resistores em paralelo

SISTEMA 02 - LIGAÇÃO EM PARALELO

OBJETIVO

Este sistema visa demonstração prática da associação em paralelo de resistores, com a conexão de duas lâmpadas em paralelo acionadas por um interruptor simples, verificando a relação de brilho com as potências e tensões das lâmpadas.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema representado na figura 17, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com o interruptor e com as lâmpadas, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 17 e diagrama esquemático da figura 18.

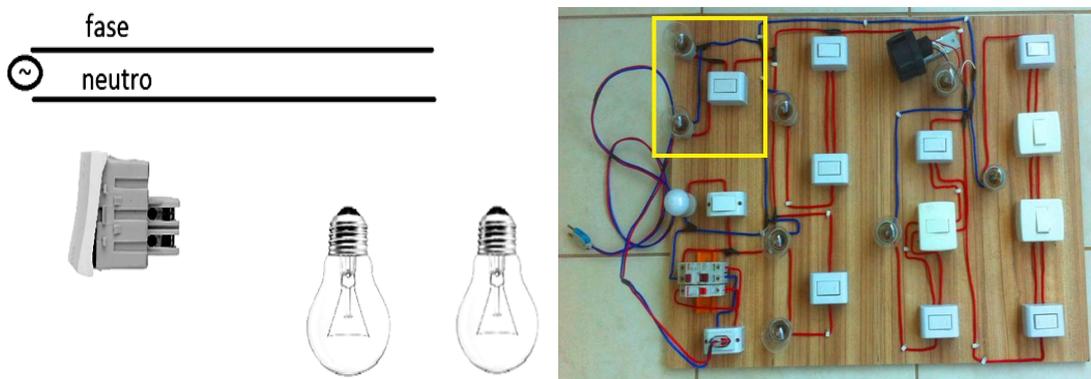


Figura 17 - Ligação de lâmpadas em paralelo

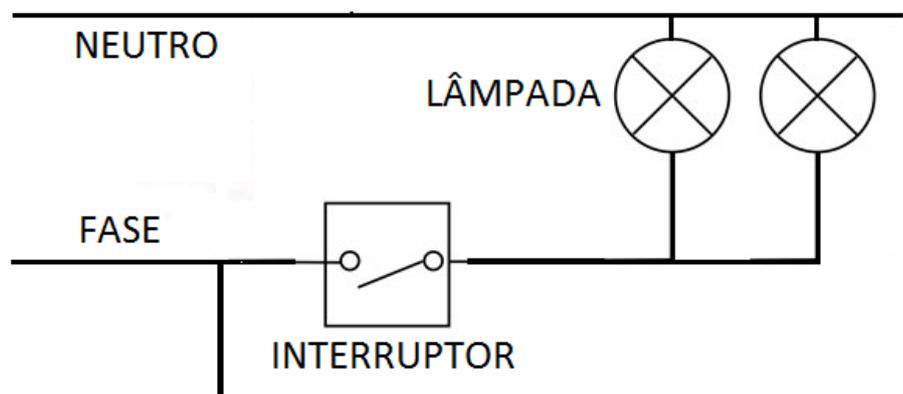


Figura 18 - Diagrama de ligação da associação de lâmpadas em paralelo

MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal das duas lâmpadas (parte da rosca)
- Conectar o fio fase a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor aos terminais do bocal das lâmpadas (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Conectar duas lâmpadas de 100 W e verificar a diferença de potencial em seus terminais e a corrente elétrica passando pelas lâmpadas, calculando assim o valor das suas resistências elétricas e da potência elétrica em funcionamento.

Trocar uma das lâmpadas de 100 W por uma de 60 W e posteriormente 40 W, verificando a diferença de potencial nos terminais de cada lâmpada e a corrente elétrica que está percorrendo cada equipamento, calculando as resistências elétricas e as potências para cada tipo de ligação, analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas irá gerar e compara-las através de suas potências.

Desconectar uma das lâmpadas e verificar como o sistema se comportará na ausência desta lâmpada de forma qualitativa, comentando o que está sendo observado.

AULA 09 – Associação de resistores em série

SISTEMA 03 - LIGAÇÃO EM SÉRIE

OBJETIVO

Este sistema visa à demonstração prática da associação em série de resistores, com a conexão de duas lâmpadas em série acionadas por um interruptor simples, verificando a relação de brilho com as potências e tensões das lâmpadas.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema da figura 19, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com o interruptor e com as lâmpadas, localizando esta montagem na bancada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 19 e diagrama esquemático exibido na figura 20.

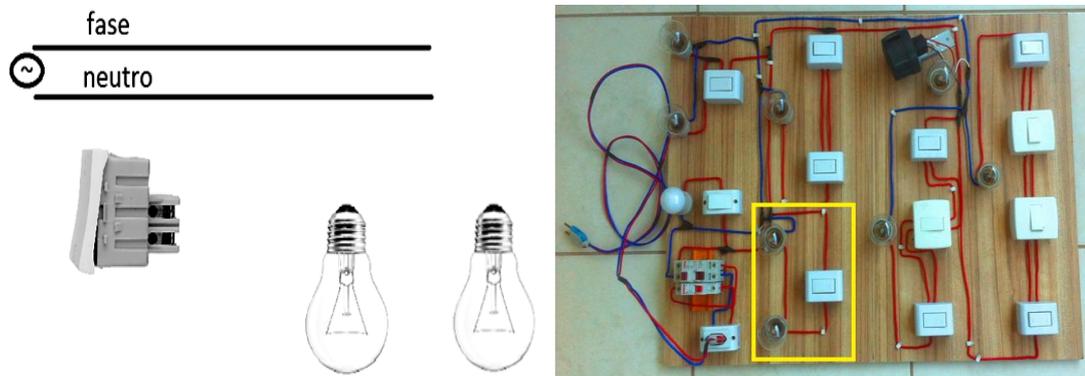


Figura 19 - Ligação de lâmpadas em série

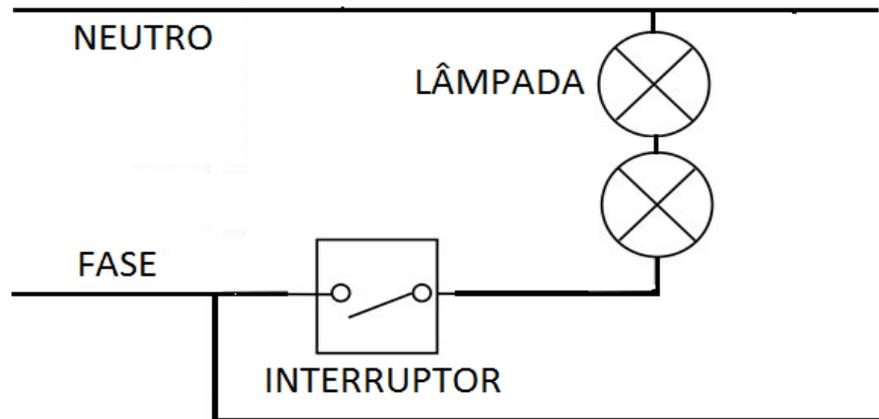


Figura 20 - Diagrama de ligação da associação de lâmpadas em série

MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal de uma das lâmpadas (parte da rosca)
- Conectar o outro terminal da primeira lâmpada a um terminal da segunda lâmpada
- Conectar o fio fase a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor ao terminal do bocal da segunda lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Conectar duas lâmpadas de 100 W e verificar a diferença de potencial em seus terminais e a corrente elétrica passando pelas lâmpadas, calculando assim o valor das suas resistências elétricas em funcionamento.

Trocar uma das lâmpadas de 100 W por uma de 60 W e posteriormente 40 W, verificando a diferença de potencial nos terminais de cada lâmpada e a corrente elétrica que está percorrendo cada equipamento, analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas irá gerar e compara-las através de suas potências.

Realizar uma análise qualitativa da intensidade de luminosidade das lâmpadas.

Desconectar uma das lâmpadas e verificar como o sistema se comportará na ausência desta lâmpada de forma qualitativa, comentando o que está sendo observado.

Comparar os valores das resistências elétricas calculadas para cada uma das lâmpadas e para as diversas ligações que foram realizadas, respondendo se a lâmpada pode ser considerada um resistor de valor constante (resistência ôhmica). Caso observe diferentes valores calculados para resistência de uma mesma lâmpada, responder quais os parâmetros físicos que estão alterando este valor e porque ocorre esta alteração.

AULA 10 - Sistema de acionamento por mais de um ponto e acionamento automático (sensor LRD - fotocélula)

SISTEMA 04 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTORES THREE-WAY

OBJETIVO

Este sistema visa à demonstração qualitativa de sistemas de acionamento por dois interruptores.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema da figura 21, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com os interruptores e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 21 e diagrama esquemático exibido na figura 22.

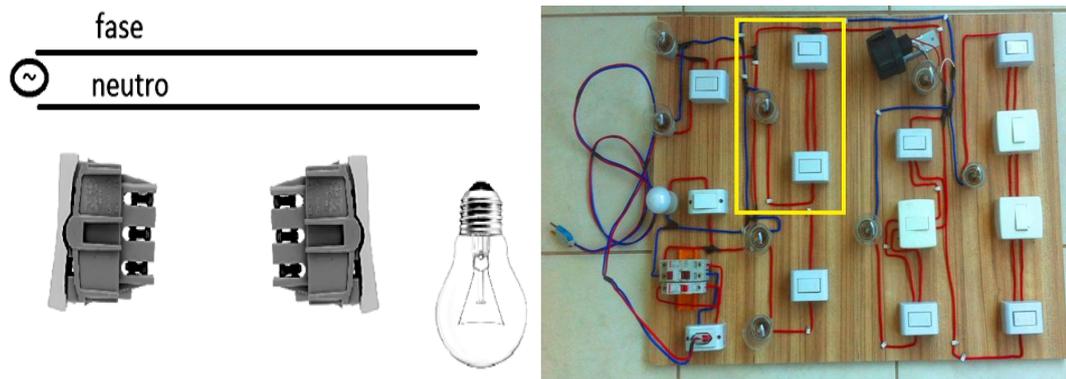


Figura 21 - Ligação de interruptores paralelos

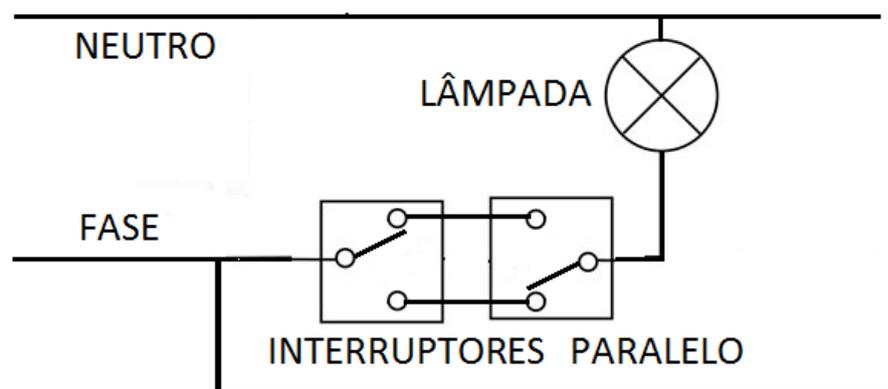


Figura 22 - Diagrama de ligação de interruptores paralelos

MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal da lâmpada (parte da rosca)
- Conectar o fio fase ao terminal central de um interruptor paralelo

- Conectar os terminais laterais do interruptor paralelo aos terminais laterais do outro interruptor paralelo
- Conectar o outro terminal central do segundo interruptor paralelo ao terminal do bocal da lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Identificar exemplos do cotidiano onde esta situação poderá ser aplicada.

Analisar o caminho percorrido pela corrente elétrica ao passar de um interruptor para outro e para a lâmpada, identificando as possíveis combinações para acionamento e desligamento do circuito.

SISTEMA 05 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR INTERMEDIÁRIO

OBJETIVO

Este sistema visa à compreensão de sistemas de acionamento por três pontos ou três interruptores.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema da figura 23, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com os interruptores e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 23 e no diagrama esquemático da figura 24.

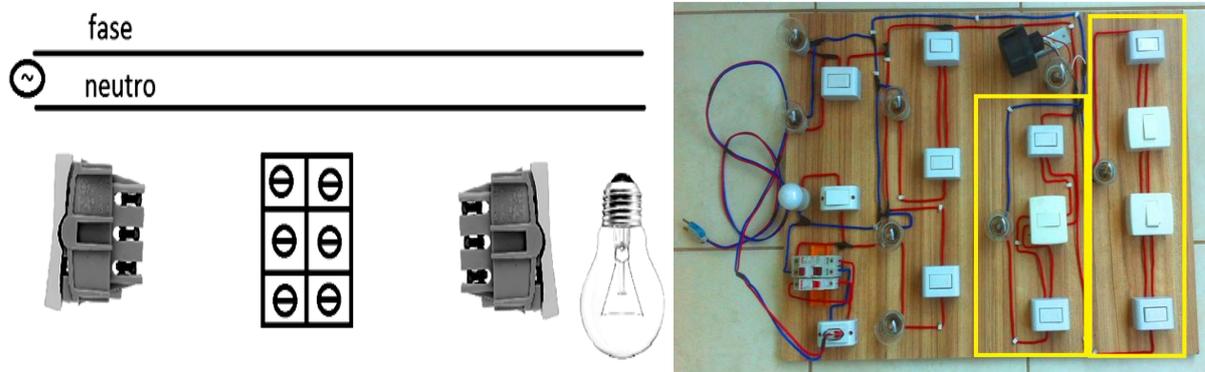


Figura 23 - Ligação de interruptores intermediários - três pontos.

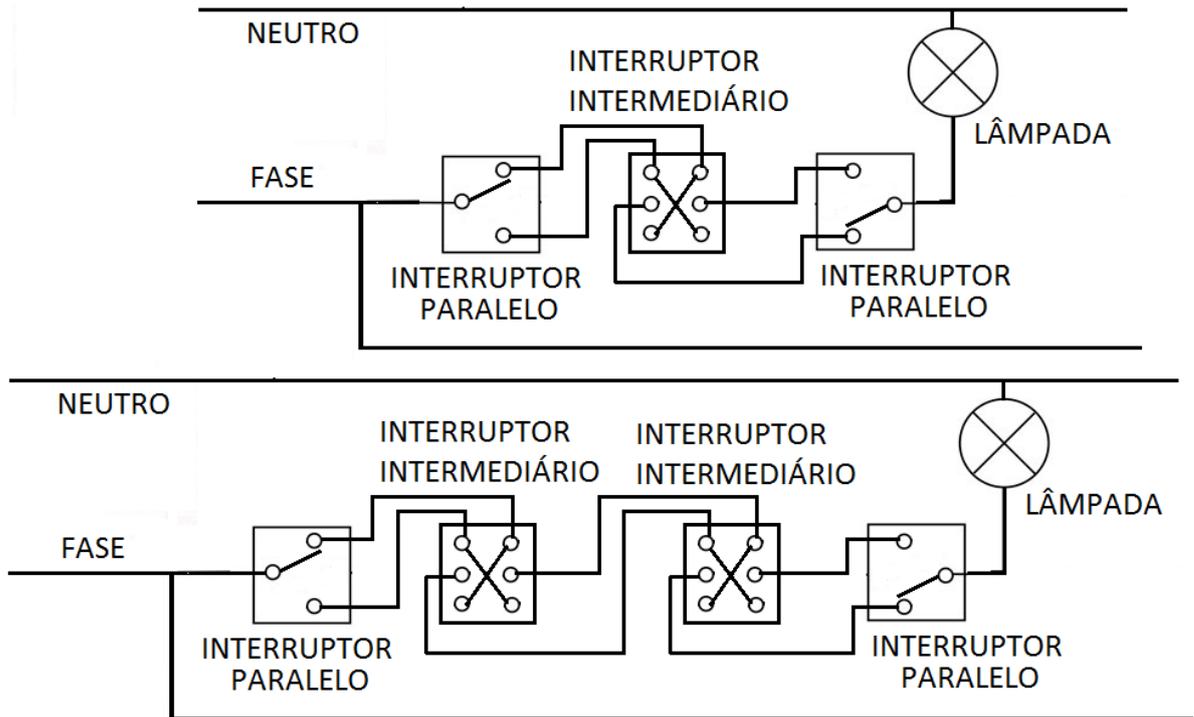


Figura 24 - Diagrama de ligação de interruptores intermediários - três e quatro pontos.

MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal da lâmpada (parte da rosca)
- Conectar o fio fase ao terminal central de um interruptor paralelo
- Conectar os terminais laterais do interruptor paralelo aos terminais superiores do interruptor intermediário.
- Conectar os terminais centrais do interruptor intermediário aos terminais laterais do outro interruptor paralelo
- Conectar o outro terminal central do segundo interruptor paralelo ao terminal do bocal da lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Identificar exemplos do cotidiano onde esta situação poderá ser aplicada.

Analisar o caminho percorrido pela corrente elétrica ao passar de um interruptor para outro e para a lâmpada, identificando as possíveis combinações para acionamento e desligamento do circuito.

SISTEMA 06 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR FOTOSENSÍVEL

OBJETIVO

Este sistema visa à demonstração de sistemas de acionamento por interruptor sensível a luz.

ATIVIDADE PRÁTICA

Observar a ligação no diagrama elétrico para o sistema exibido na figura 25, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com os interruptores e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 25.

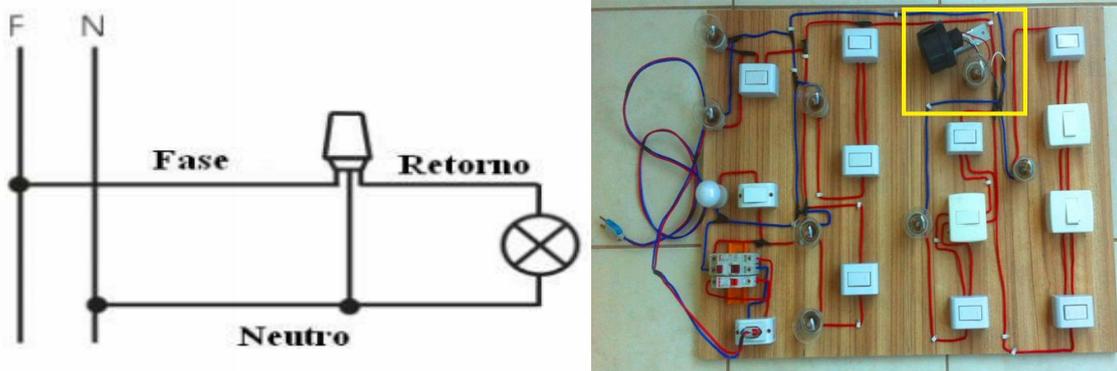


Figura 25 - Ligação de sensor de luminosidade

Fio branco – Neutro

Fio preto – Fase

Fio vermelho – direto na carga (lâmpada)

Identificar exemplos do cotidiano onde esta situação poderá ser aplicada.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DOS TESTES E ANÁLISE DE DADOS.

Este trabalho propõe a elaboração e aplicação de uma sequência didática para o ensino de circuitos e associações de resistores no 3º ano do Ensino Médio. A sequência compreende uma aplicação de um pré-teste, a aplicação do produto, composto por uma sequência de aulas teóricas e experimentais, e uma avaliação após a aplicação do produto. O público da aplicação dos testes compreende 3 (três) turmas de terceira série do Ensino Médio da Escola La Salle, localizada em Águas Claras (DF).

Para poder mensurar o nível de aprendizagem obtido pelos alunos na aplicação da sequência didática proposta neste trabalho foi realizado, antes da introdução do conteúdo de eletrodinâmica, um pré-teste com o intuito de monitorar qual o nível de conhecimento prévio que os alunos detinham para assim adequar as práticas e as aulas teóricas focando as principais dificuldades encontradas. O pré-teste aplicado para as turmas foi elaborado utilizando questões discursivas que abordam aspectos introdutórios da corrente elétrica, contendo questões que avaliavam os conhecimentos prévios sobre portadores de carga, conceito de corrente elétrica, sentido convencional e real da corrente, diferença de potencial para ligação de aparelhos elétricos em instalação residencial, diferença entre corrente contínua (C.C.) e corrente alternada (C.A.) e potência elétrica dos aparelhos.

No decorrer do processo, os alunos tiveram aulas experimentais e aulas expositivas sobre as causas, efeitos e o conceito da corrente elétrica e da energia elétrica, análise de sistemas eletrodinâmicos e cálculo de consumo de energia e potência elétrica, conforme abordado na sequência didática proposta no produto educacional analisado nesta dissertação.

Antes das aulas referentes à associação de resistores elétricos em série, paralelo e associação mista, foi aplicado um segundo teste de avaliação sobre este assunto (pré-teste 02) para verificação dos conhecimentos prévios que o aluno poderia ter sobre sistemas elétricos resistivos com mais de um elemento resistivo, uma vez que este tópico da disciplina que seria abordado nas aulas seguintes, tanto teóricas como também práticas, que incluíram a utilização da bancada de instalação elétrica residencial, com o intuito de verificar o nível de conhecimento até o momento adquirido e se os alunos teriam capacidade, apenas com o que foi ministrado até o momento, de reconhecer os diferentes tipos de ligação e as relações de tensão e corrente elétrica.

Após a aplicação da sequência didática os alunos foram submetidos a uma avaliação, com questões de nível de conhecimento superior ao pré-teste (questões classificadas como

médias ou difíceis), com o intuito de avaliar o aluno e verificar o nível de aprendizagem adquirido pelos estudantes.

Algumas questões foram retiradas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) onde através da matriz de referência do ENEM é possível, indicar as habilidades e competências a que se refere cada questão, além do seu grau de dificuldade. A matriz de referência aborda, na parte de eletricidade, os seguintes tópicos: fenômenos elétricos e magnéticos; carga elétrica e corrente elétrica; Lei de Coulomb, campo elétrico e potencial elétrico; linhas de campo; superfícies equipotenciais; poder das pontas; blindagem; efeito Joule; Lei de Ohm; resistência elétrica e resistividade; relações entre grandezas elétricas: tensão, corrente, potência e energia; circuitos elétricos simples; correntes contínua e alternada; medidores elétricos; representação gráfica de circuitos; símbolos convencionais; potência e consumo de energia em dispositivos elétricos.

Mediante a utilização de uma plataforma de internet (+ENEM - <https://app.maisenem.meritt.com.br>) adotada pela instituição La Salle de Águas Claras, foi possível verificar e comparar as respostas obtidas na aplicação do pós-teste, referentes às questões do ENEM, com as respostas obtidas na escola no ano de aplicação da prova do ENEM e com escolas semelhantes em nível socioeconômico da mesma região, isto é, escolas que tem um custo médio de ensino similar à escola onde o teste foi aplicado e estão localizadas no Distrito Federal, região a qual a escola onde foi aplicado o teste pertence. Esta comparação pode ser realizada com base no banco de dados que a plataforma +ENEM cria das questões e das respostas dadas pelos alunos em diversas instituições de ensino, fornecendo um valor médio percentual das respostas dos alunos por questão e por item respondido, podendo desta maneira gerar uma comparação das respostas obtidas com as respostas da escola onde foi aplicada e com escolas de padrão semelhante. As questões que compuseram a avaliação do pós-teste não foram abordadas nem resolvidas com os alunos antes da aplicação do teste, com o intuito de poder avalia-los através de um recurso com a maior fidelidade e sigilo possível.

Todos os dados obtidos no pré-teste e nos testes avaliativos pós-sequência didática foram convertidos para forma de dados estatísticos percentuais, tabelas e/ou gráficos, com o intuito de tornar a visualização de tais informações mais interessante e facilitar a análise dos dados obtidos.

Durante a aplicação do produto educacional proposto, nenhum resultado ou comentário sobre o pré-teste e sobre o pós-teste foi realizado em sala de aula, com o intuito de não desmotivar ou atrapalhar o andamento do produto que seria aplicado nas salas de aula.

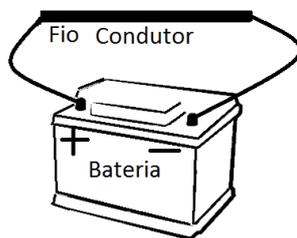
RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE 01

Questões aplicadas para 3 (três) turmas da terceira série do ensino médio com um total de 87 alunos presentes no dia da avaliação. Como o pré-teste foi composto exclusivamente de questões discursivas, onde o aluno tinha liberdade para escrever e dissertar sobre o assunto abordado, na análise dos resultados foi realizada uma sistematização das respostas, acoplando respostas semelhantes em um mesmo tópico que as representam.

Alguns alunos não responderam algumas questões, onde estas foram contabilizadas como “respostas em branco ou sem respostas”. Outro grupo de alunos escreveu não saber nada sobre o assunto ou desconhecer o que foi perguntado, estas respostas foram agrupadas como respostas tipo “não sei”. As respostas que não estavam de acordo com o que foi perguntado, gerando fuga ao tema ou ao assunto abordado, bem como as respostas erradas que não tiveram uma quantidade percentual significativa, foram agrupadas como “outras respostas”. Desta forma, cada questão foi analisada e comentada, observando os percentuais de cada grupo de respostas.

PRÉ – TESTE 01

Questão 01 – Um fio condutor é conectado aos terminais de uma bateria, conforme a figura abaixo.



- a) Qual a orientação do campo elétrico estabelecido no fio condutor?

RESPOSTAS:

1. Do terminal positivo para o negativo = 44%
2. Do terminal negativo para o positivo = 08%
3. Da bateria para o fio = 06%
4. Sem resposta (em branco) = 16%

5. Não sei = 17 %
6. Outras respostas = 9%

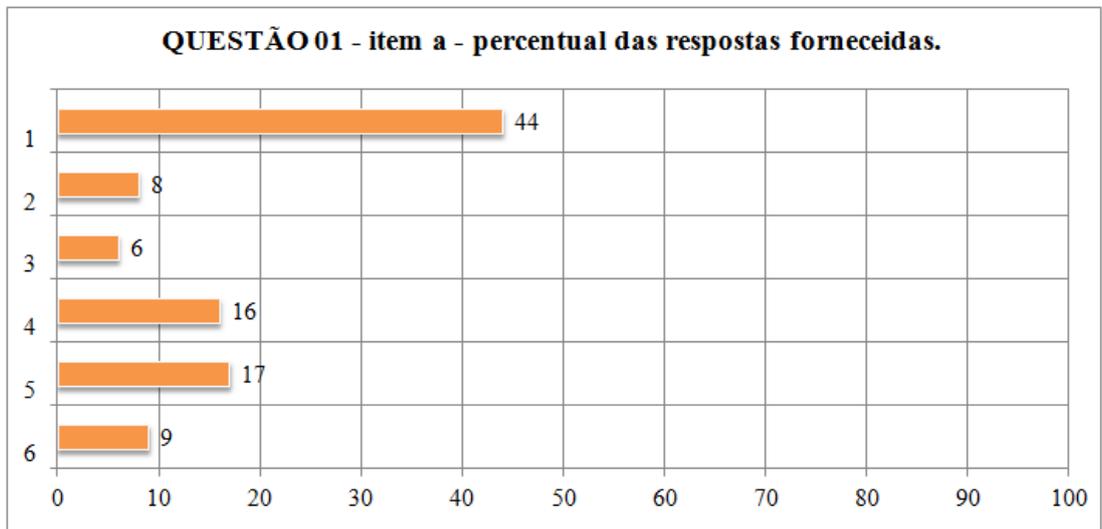


Gráfico 1 - Percentual das respostas questão 01 - a

- b) Que tipos de partículas se movimentarão no fio condutor?

RESPOSTAS:

1. Partículas negativas ou elétrons = 47%
2. Partículas positivas ou prótons = 17%
3. Partículas positivas e negativas, prótons e elétrons = 21%
4. Sem resposta (em branco) = 06%
5. Não sei = 05%
6. Outras respostas = 05%

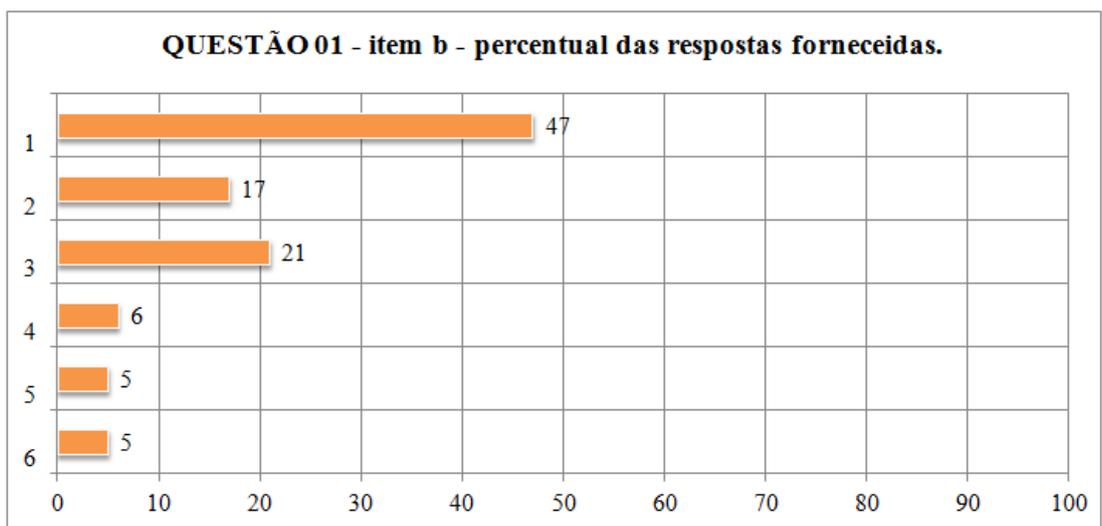


Gráfico 2 - Percentual das respostas questão 01 - b

- c) Qual o conceito de corrente elétrica, observando o modelo de ligação da figura?

RESPOSTA:

1. Referente ao fluxo de cargas negativas ou elétrons entre os terminais da bateria = 22%
2. Referente a um fluxo de cargas (positivas ou negativas) entre os terminais da bateria = 24%
3. Referente a uma energia elétrica ou a eletricidade entre os terminais da bateria = 18 %
4. Referente a um fluxo de cargas positivas ou prótons entre os terminais da bateria = 1%
5. Sem resposta (em branco) = 14%
6. Não sei = 11%
7. Outras respostas = 09%

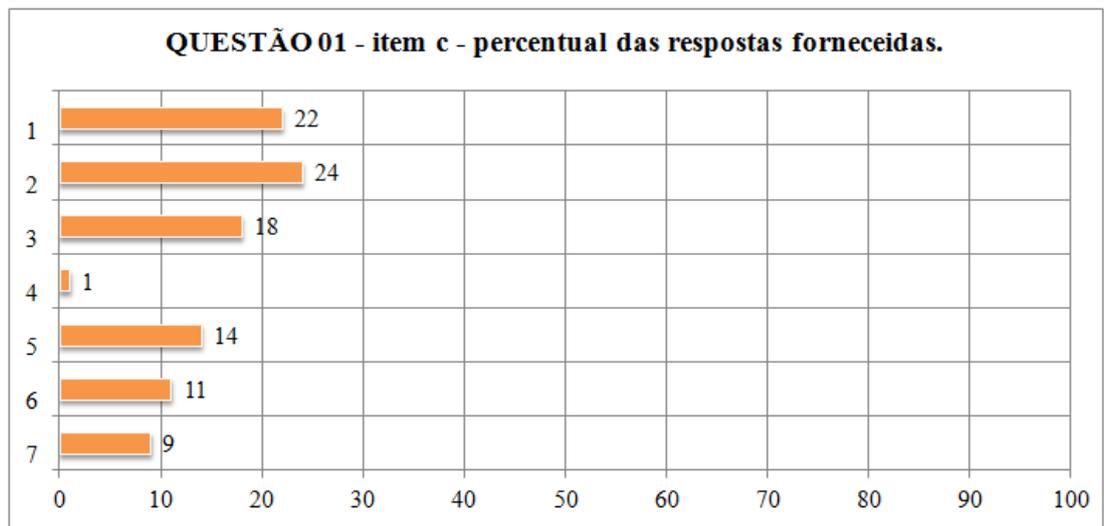


Gráfico 3 - Percentual das respostas questão 01 - c

- d) Qual será o sentido convencional da corrente elétrica na situação descrita na figura?

RESPOSTA:

1. Do terminal positivo para o negativo = 47 %
2. Do terminal negativo para o positivo = 13%
3. Da bateria para o fio = 2%
4. Sem resposta (em branco) = 16%
5. Não sei = 13%
6. Outras respostas = 9%

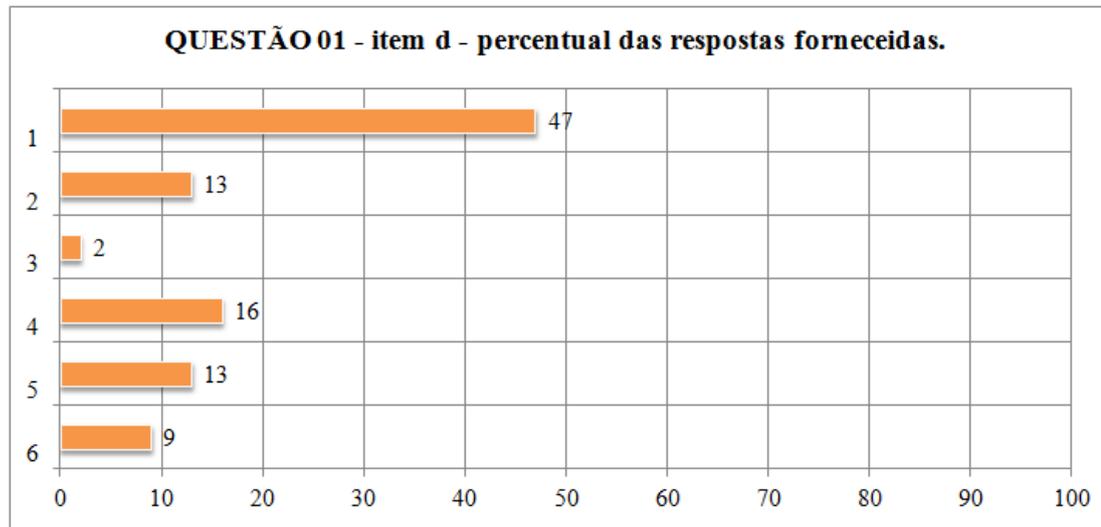


Gráfico 4 - Percentual das respostas questão 01 - d

A partir das respostas obtidas na questão 01, é evidenciado que a maioria dos estudantes não possui domínio sobre os conceitos de corrente elétrica, apresentado dificuldades em interpretar quais são os portadores de cargas envolvidos na condução de corrente elétrica em materiais condutores sólidos metálicos e na interpretação do sentido da corrente convencional.

Ainda, cerca de 47% dos estudantes atribuíram a corrente elétrica ao movimento ordenado dos elétrons livres do material condutor, e 47% descreveram a corrente convencional com sentido orientado do terminal positivo para o negativo, seguindo a orientação do campo elétrico sobre o fio, onde 44% orientaram o campo desta forma.

Desta forma pode-se verificar que aproximadamente metade da turma possui uma boa noção ou pelo menos capacidade de interpretar corretamente as relações de movimentação de cargas elétricas e relacionam a corrente elétrica em condutores metálicos aos elétrons livres. Isso pode ser devido ao conhecimento prévio obtido com a parte do conteúdo referente à eletrostática, matéria ministrada antes de eletrodinâmica. O conteúdo de eletrostática apresenta conceitos como elétron livre, campo elétrico, força elétrica, trabalho, energia potencial elétrica e potencial elétrico.

Cabe ressaltar que conceitos de eletrólise, pilha e processos de galvanização, que são conteúdos em intersecção com os conteúdos de eletrodinâmica em física, só foram abordados no terceiro trimestre, após a aplicação do produto educacional proposto nesta dissertação, que ocorreu no primeiro e segundo trimestre do ano letivo.

Questão 02 – A respeito da corrente elétrica responda os itens a seguir.

- a) Quais as condições necessárias para se estabelecer uma corrente elétrica?

RESPOSTAS:

1. Possuir uma diferença de potencial elétrico e um meio condutor: 06%
2. Ter um terminal positivo (carga +) e um negativo (carga -) e um meio condutor: 28%
3. Possuir uma diferença de cargas elétricas em um meio condutor: 16%
4. Possuir energia / energia elétrica dentro de um meio condutor: 11%
5. Outras respostas: 16%
6. Não sei : 13%
7. Sem resposta: 10%

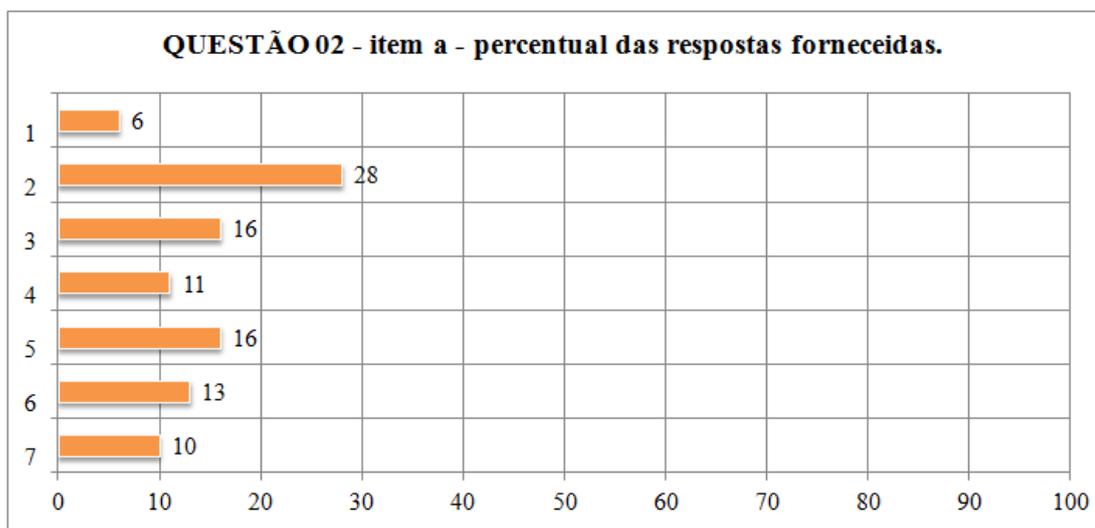


Gráfico 5 - Percentual das respostas questão 02 - a

Neste item pode-se verificar que o conceito de potencial elétrico não é totalmente dominado pelos estudantes, onde apenas uma minoria (6%) relataram a diferença de potencial como fator necessário para o estabelecimento de uma corrente elétrica, porém uma boa parte dos alunos relataram ser necessário uma diferença de cargas e alguns comentaram a diferença entre cargas positivas e negativas (44%) o que mostra que embora não compreendam o conceito direto de potencial elétrico aplicado a eletrodinâmica, já possuem uma percepção indireta de tal conceito, talvez por análise de sistemas comuns como pilhas e baterias, que apresentam polos eletrizados com cargas de sinais opostos. O número de respostas fora do contexto, sem respostas e não sei, somadas chegam a 39%, isso mostra que boa parte dos estudantes não compreendem as causas que geram a corrente elétrica estabelecida em um condutor.

b) Qual é a unidade de medida de corrente elétrica pelo Sistema Internacional (S.I.)?

RESPOSTAS:

1. Ampère = 05%
2. Volt = 44 %
3. Watt = 11%
4. Outras = 23%
5. Em branco = 10%
6. Não sei = 7%

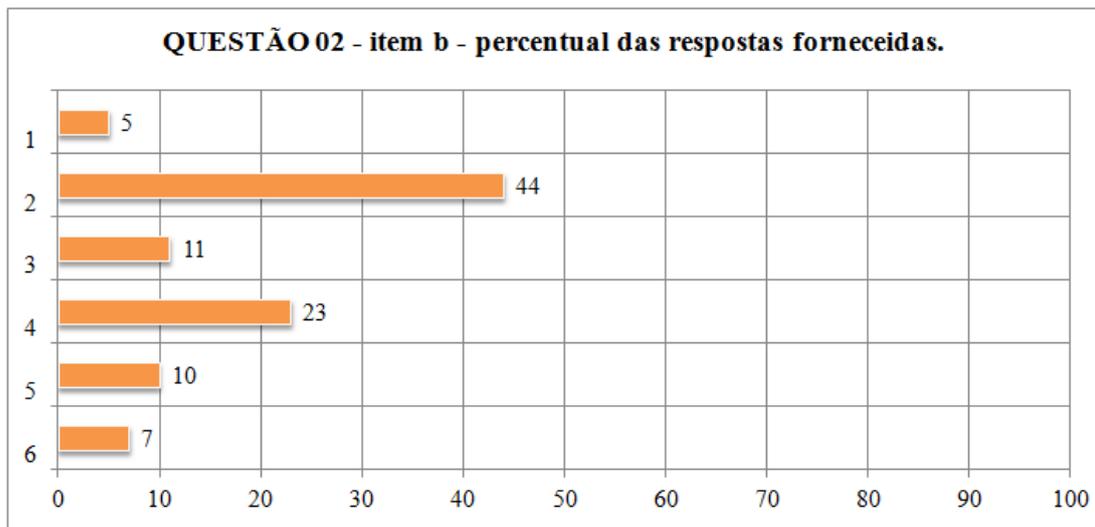


Gráfico 6 - Percentual das respostas questão 02 - b

Percebe-se neste item que os alunos não dominam, na sua maioria, o conceito de corrente elétrica, não fazendo distinção entre potencial elétrico e corrente elétrica, quanto a unidade de medida, onde 44% dos estudantes colocaram como unidade de corrente a mesma do potencial. Apenas 5 % dos estudantes relataram a unidade de medida de corrente elétrica corretamente (Ampère). Além disso, um percentual não respondeu, não sabia ou respondeu com sistemas fora do contexto físico de eletricidade (40%)

c) Quais são as partículas portadoras de carga elétrica em um condutor sólido?

RESPOSTAS:

1. Elétrons = 41%
2. Prótons = 08%
3. Elétrons e prótons = 08%
4. Elétrons, prótons e nêutrons = 01%
5. Outras = 02%

6. Em branco = 20 %

7. Não sei = 20%

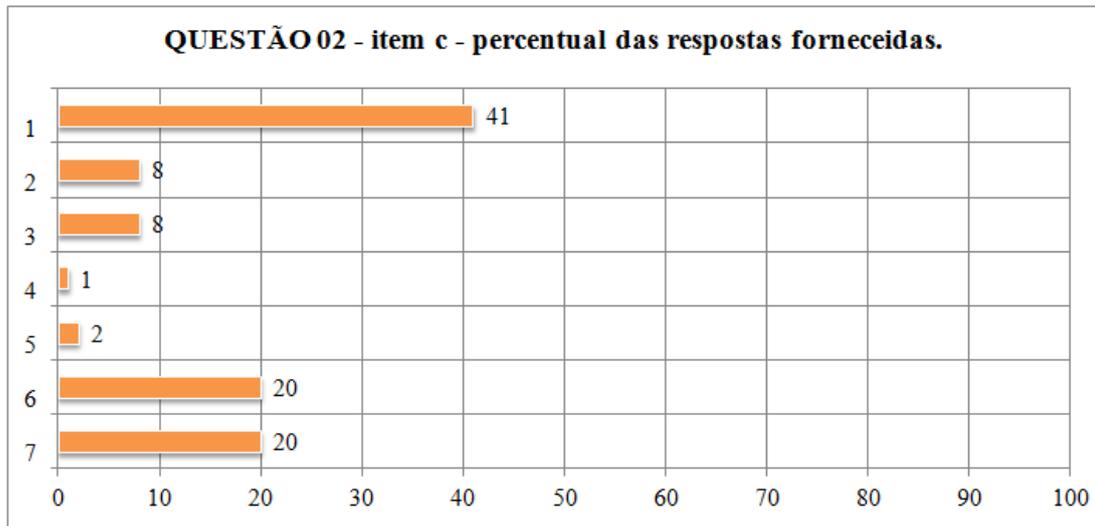


Gráfico 7 - Percentual das respostas questão 02 - c

d) Quais são as partículas portadoras de cargas elétricas em condutores líquidos e gasosos?

RESPOSTAS:

1. Elétrons = 28%

2. Íons = 09%

3. Prótons e elétrons = 03%

4. Átomo = 01%

5. Outros = 03%

6. Em branco = 31 %

7. Não sei = 24%

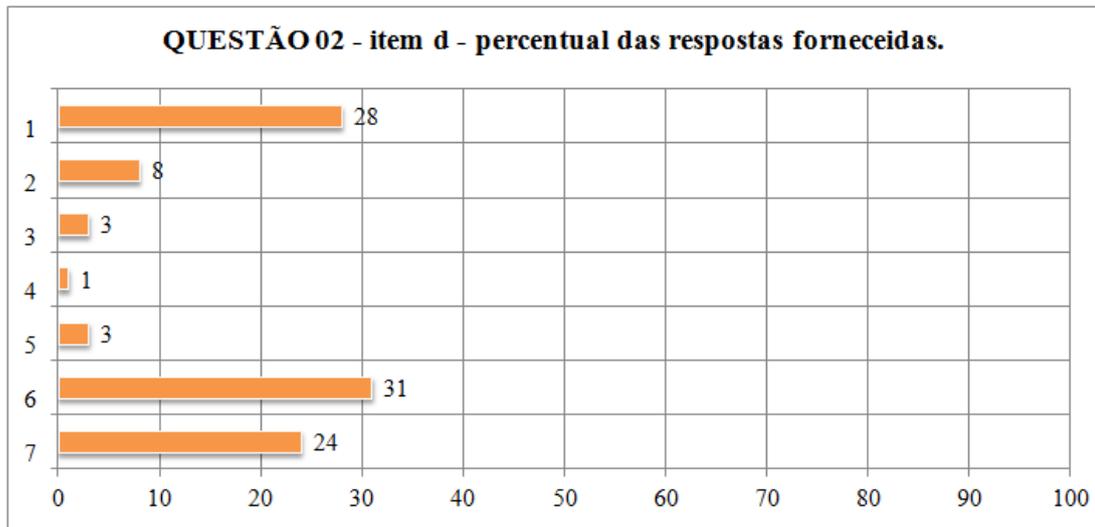


Gráfico 8 - Percentual das respostas questão 02 - d

e) Os prótons e nêutrons podem ser considerados como portadores de carga em uma corrente elétrica? Porque?

RESPOSTAS:

1. Não, pois somente os elétrons são trocados entre os corpos = 26%
2. Sim, pois também possuem carga e sim (sem explicação) = 37%
3. Prótons sim pois possuem carga, nêutron não = 16%
4. Outras respostas = 01%
5. Em branco = 08%
6. Não sei = 11%

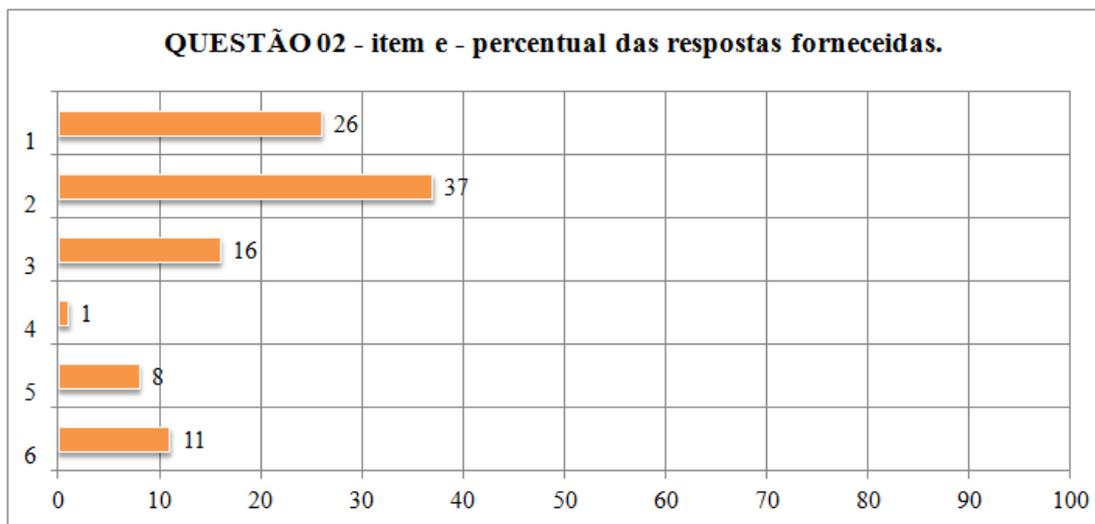


Gráfico 9 - Percentual das respostas questão 02 - e

Na análise dos itens c), d), e) percebe-se que a maioria dos alunos, embora associem as relações de cargas elétricas às partículas atômicas (elétron, próton e nêutron), não

compreendem o que são portadores de cargas e como a carga pode ser transferida entre os corpos. Isto fica claro pela quantidade de respostas em branco ou não sei e por um número significativo de respostas envolvendo o nêutron com portador de carga.

Uma explicação para tal fato pode ser a associação de portador de carga ao fato do elemento possuir ou não carga, não estando claro para os estudantes a ideia de portadores de carga associados ao fenômeno da corrente elétrica onde esta é definida como movimento dos portadores de carga.

Embora não tenham, na maioria, os conceitos de corrente elétrica incorporados no seu conhecimento, a maioria dos estudantes relatam conhecimento da existência das partículas atômicas (prótons, nêutrons e elétrons) o que ajudará bastante na incorporação de novos conceitos como o da corrente elétrica.

Questão 03 – Cite três exemplos de ocorrência de corrente elétrica e seus efeitos dentro dos exemplos citados.

RESPOSTAS:

Considerando que cada aluno deveria citar três exemplos de ocorrência da eletricidade, os dados observados foram através da quantidade de exemplos descritos pelos alunos, sendo considerados também, para contagem do espaço amostral, a ausência de exemplos, isto é, questões em branco. Desta forma pode-se observar os seguintes percentuais:

1. 50% em branco ou não souberam responder
2. 04% relacionaram eletricidade com os fenômenos eletrostáticos (gaiola de Faraday e processos de eletrização)
3. 04% relacionaram a eletricidade com acionamento de lâmpadas e geração de luz.
4. 06% citaram o fenômeno de descargas atmosféricas (raios e para-raios)
5. 11% citaram sistemas de geração de energia como pilhas e baterias
6. 08% citaram as tomadas das instalações residenciais
7. 03% citaram os carregadores de celular
8. 05% citaram os fios de eletricidade e o sistema de distribuição de energia urbano (postes e fios)
9. 07% citaram a utilização de aparelhos eletroeletrônicos residenciais
10. 02% citaram as cercas elétricas ou sistemas de choques elétricos em pessoas.

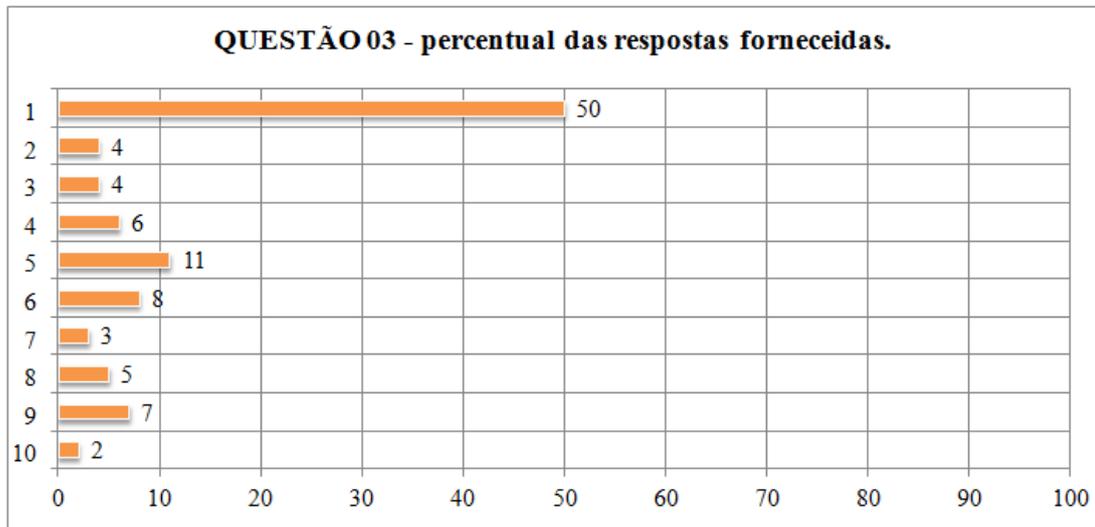


Gráfico 10 - Percentual das respostas questão 03

Através destes dados, percebe-se que embora a eletricidade e a corrente elétrica estejam presentes na vida moderna, metade dos alunos apresentam dificuldades em relacionar ou citar a ocorrência deste fenômeno em sistemas de uso comum, evidenciando que a relação entre o conceito de eletricidade e corrente elétrica não está inserida no seu campo de conhecimento prático, pois não conseguem, em sua maioria, relacionar este fenômeno com a realidade que os cerca.

Questão 04 – Observando uma tomada residencial padrão em Brasília, verificaremos que ele é uma tomada de 220 volts e 60 Hz.

- a) Quais são as grandezas físicas que estão sendo comentadas? O que elas representam na instalação elétrica?

220 volts:

RESPOSTAS:

1. Potencial elétrico = 44%
2. Volts = 05%
3. Voltagem = 01%
4. Eletricidade = 03%
5. Potência elétrica ou carga elétrica = 07%
6. Corrente elétrica = 08%
7. Campo elétrico = 01%

- 8. Energia elétrica = 01%
- 9. Não sei = 10%
- 10. Em branco = 20%

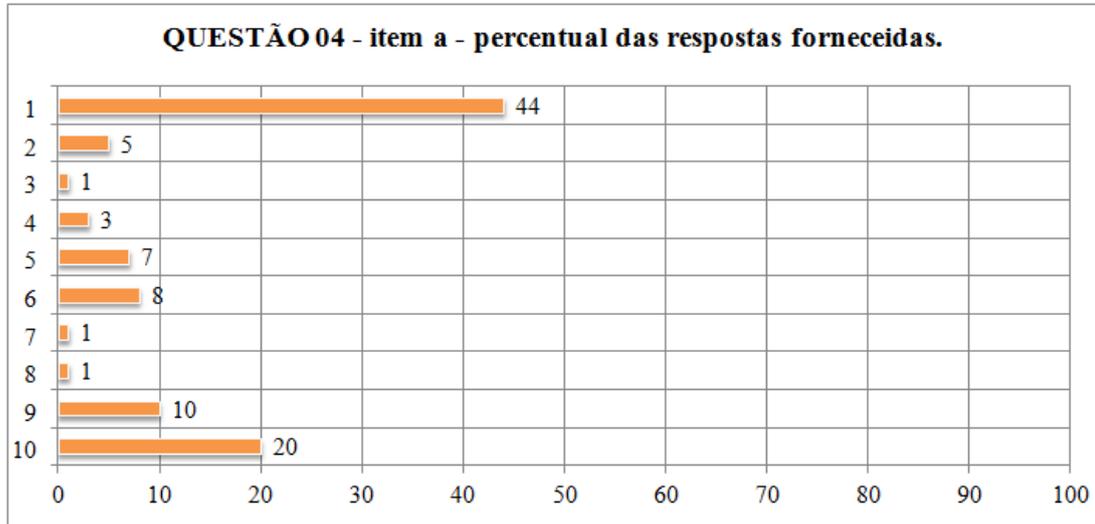


Gráfico 11 - Percentual das respostas questão 04 - a - 220 volts

60 Hz:

RESPOSTAS:

- 1. Frequência = 38%
- 2. Hertz = 03%
- 3. Eletricidade ou energia elétrica = 06%
- 4. Potência elétrica ou carga elétrica = 03%
- 5. Eletrostática = 01%
- 6. Corrente elétrica = 01%
- 7. Sonoridade = 01%
- 8. Velocidade ou MCU (movimento circular uniforme) = 02%
- 9. Não sei = 16%
- 10. Em branco = 28%

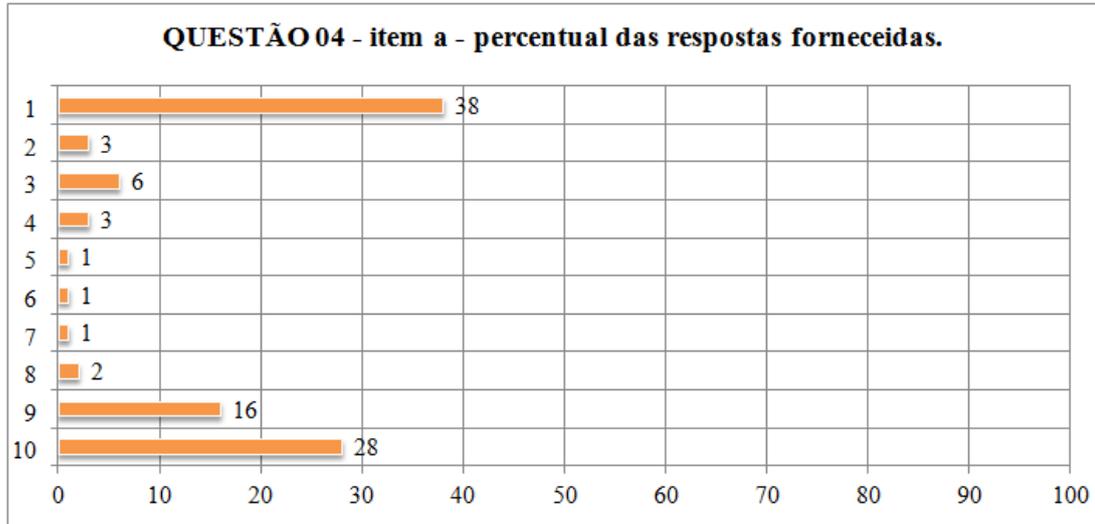


Gráfico 12 - Percentual das respostas questão 04 - a - 60 Hz

Percebe-se neste item que a maioria dos estudantes não recordam ou não aprenderam os conceitos de potencial elétrico, abordados em eletrostática no primeiro trimestre e frequência, conceito abordado em movimento circular na 1ª série do Ensino Médio e na análise de Ondulatória abordada na 2ª série do Ensino Médio; ou não conseguem relacionar estes conceito simplesmente observando as grandezas associadas a eles com suas respectivas unidades de medida.

Porém 49% dos estudantes conseguiram realizar esta associação (44% potencial elétrico, 04% volts, 01% voltagem), que são conceitos abordados em eletrostática, associados à realização de trabalho e energia potencial elétrica, na interação do campo elétrico com cargas de prova. Vale resaltar que este pré-teste foi aplicado após as aulas de eletrostática e antes de iniciar qualquer abordagem de eletrodinâmica.

- b) Qual a diferença entre a tomada de uma instalação residencial e uma bateria de um carro?
- c) O que é corrente contínua e corrente alternada?

RESPOSTAS OBTIDAS NA ANÁLISE DOS ITENS ACIMA (itens “b” e “c”):

1. Não responderam ou afirmaram não saber responder = 51%
2. Responderam mas não souberam explicar a diferença entre elas (respostas erradas) = 41%
3. Responderam corretamente relacionando os conceitos aos exemplos do item b = 08%

Corrente contínua (bateria de um carro): sentido da corrente elétrica ou fluxo de carga não se altera

Corrente alternada (tomadas residenciais): sentido da corrente elétrica ou fluxo de cargas é alterado

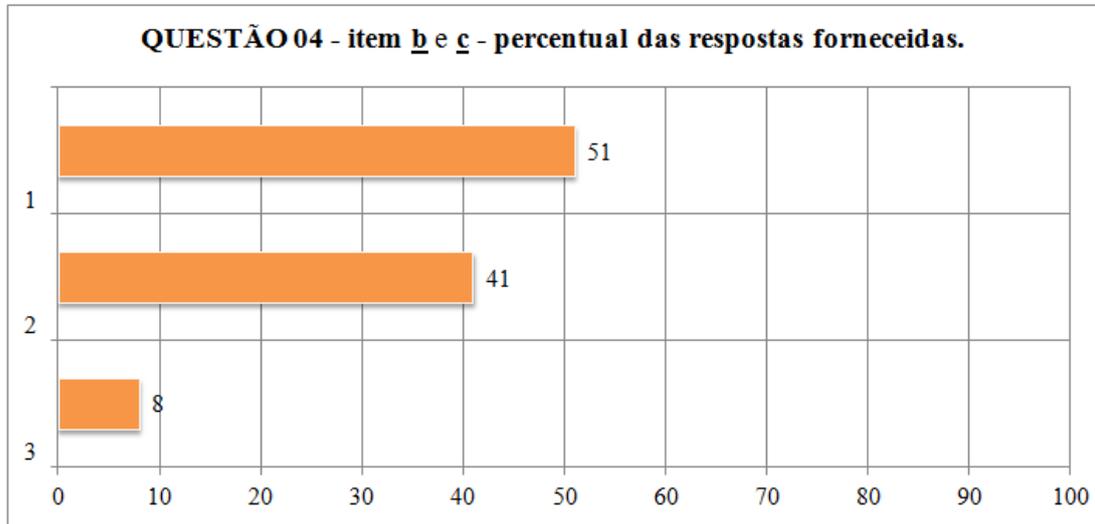


Gráfico 13 - Percentual das respostas questão 04 - b ; c

Percebe-se nestas questões que os alunos pouco sabem sobre os diferentes tipos de correntes elétricas e sua geração, não possuindo base teórica nem prática para analisarem sistemas elétricos percorridos por correntes elétricas, não sendo capazes de diferenciar corrente contínua de corrente alternada.

Questão 05 – Em alguns estados brasileiros as tomadas são de 110 volts, em outros, 220 volts. Comparando uma Lâmpada 01 (110 volts e 60 watts) com uma Lâmpada 02 (220 volts e 60 watts), responda:

a) Qual a lâmpada que consumirá mais energia elétrica da rede de distribuição?

RESPOSTAS:

1. Lâmpada 01 (110 volts e 60 watts) = 07 %
2. Lâmpada 02 (220 volts e 60 watts) = 61 %
3. Ambas terão o mesmo consumo de energia = 28 %
4. Não sei = 02 %
5. Em branco = 02 %

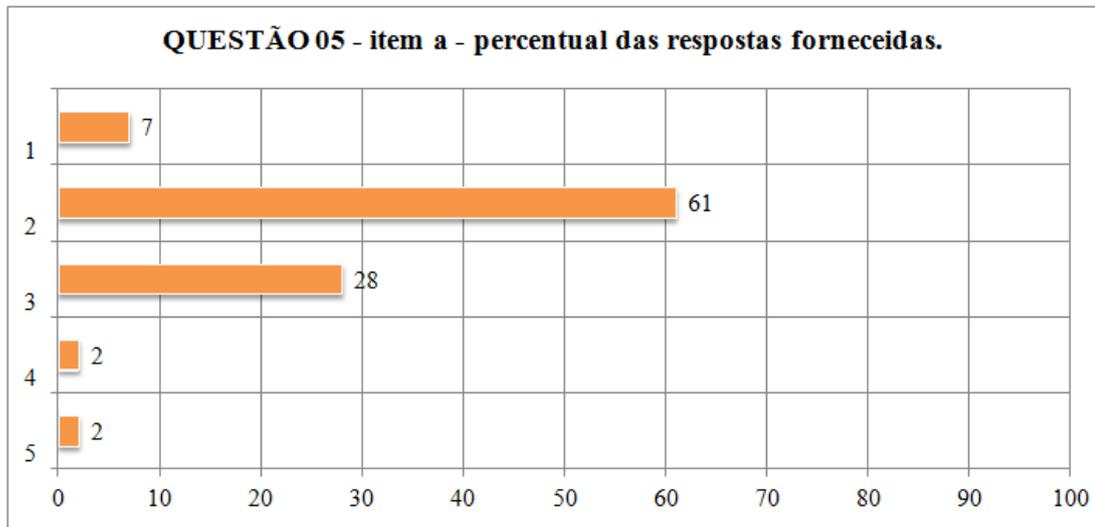


Gráfico 14 - Percentual das respostas questão 05 - a

Na análise deste item percebe-se uma clara confusão entre os conceitos de potência elétrica e potencial elétrico, onde a maioria dos alunos (61%) optaram pela lâmpada de 220V e 60W como a de maior consumo de energia, pelo fato de possuir maior valor nominal de Diferença de Potencial. Apenas 28% dos alunos associaram o consumo à unidade de medida de potência (watts), como uma medição de potencia elétrica, comparando as duas lâmpadas como sistemas de mesmo consumo de energia elétrica.

Pode-se verificar que tais conceitos, como potencial elétrico e potência elétrica, embora presentes na maioria dos equipamentos elétricos, não são bem compreendidos pela maioria dos alunos apenas por um conhecimento comum ou popular, não ministrado em sala de aula. Além disso, o conceito de potência é visto desde a parte de dinâmica na Mecânica, na 1ª série do Ensino Médio; entretanto, os alunos não relacionam o conceito já aprendido nas séries anteriores, não percebendo que a definição de potência se aplica não apenas à Mecânica e às formas de energia estudadas anteriormente, mas também a outras formas de energia, como a elétrica, por exemplo.

b) Qual a lâmpada que será percorrida por uma corrente elétrica maior?

RESPOSTAS:

1. Lâmpada 01 (110 volts e 60 watts) = 20 %
2. Lâmpada 02 (220 volts e 60 watts) = 57 %
3. Ambas terão o mesmo valor de corrente = 08 %
4. Não sei = 08 %
5. Em branco = 07 %

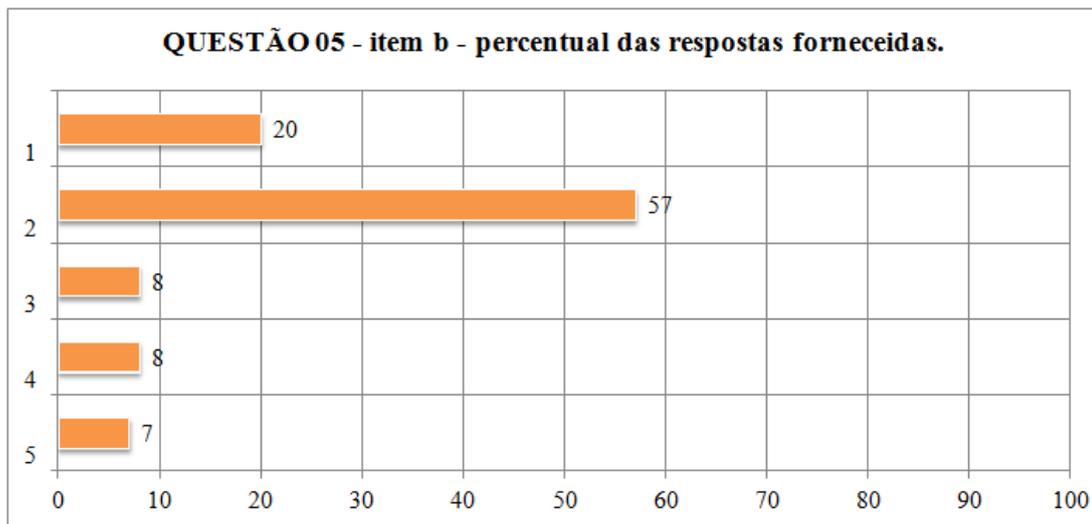


Gráfico 15 - Percentual das respostas questão 05 - b

Da mesma maneira, neste item fica claro a confusão conceitual entre corrente elétrica e potencial elétrico, pois a grande maioria dos alunos (57%) associaram a maior corrente com o sistema de maior diferença de potencial (220 V). Isso mostra que os alunos, de maneira geral, não compreendem as relações de proporcionalidade matemática entre potencial elétrico, potência elétrica e corrente elétrica. Reforçando o fato da não compreensão do conceito de corrente elétrica já verificado em questões anteriores.

Esses conceitos, embora presentes nas placas dos equipamentos elétricos e eletrônicos, que fazem parte do cotidiano, às vezes são ignorados, passando de forma despercebida pelos usuários dos aparelhos.

c) O que ocorrerá se ligarmos a lâmpada 01 em uma tomada de 220 volts?

RESPOSTAS:

1. Ela irá queimar ou deixará de funcionar ou ficará sobrecarregada = 89 %
2. Não ascenderá ou não vai funcionar = 06%
3. Ficará mais fraca ou com menos brilho = 01%
4. Não acontecerá nada = 2%
5. Não sei = 00%
6. Em branco = 02%

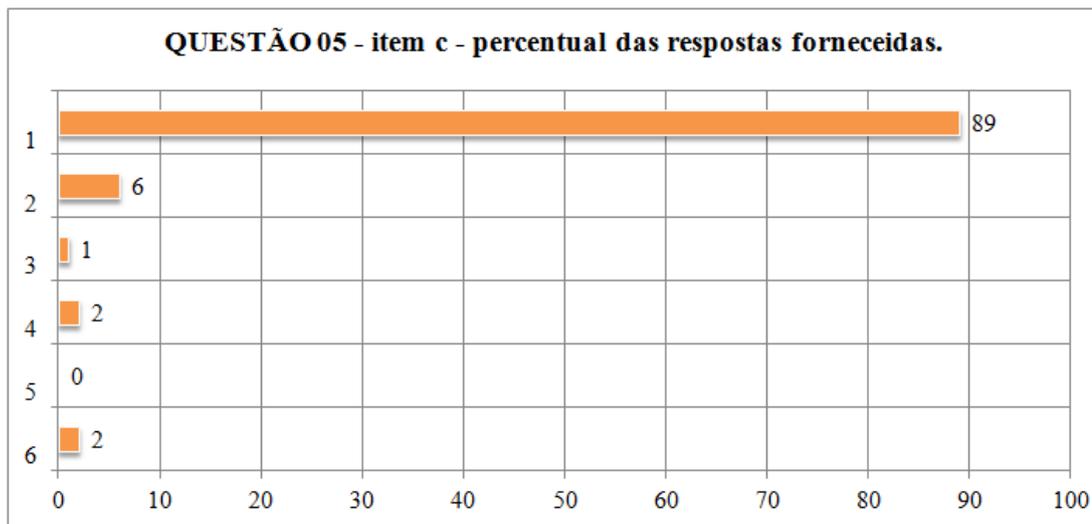


Gráfico 16 - Percentual das respostas questão 05 - c

d) O que ocorrerá se ligarmos a Lâmpada 02 em uma tomada de 110 volts?

RESPOSTAS:

1. Ela irá queimar ou deixará de funcionar = 14%
2. Não ascenderá ou não vai funcionar = 14%
3. Ficará mais fraca ou com menos brilho = 69%
4. Ficará piscando = 01%
5. Ascenderá normamente = 01%
6. Não sei = 00%
7. Em branco = 01%

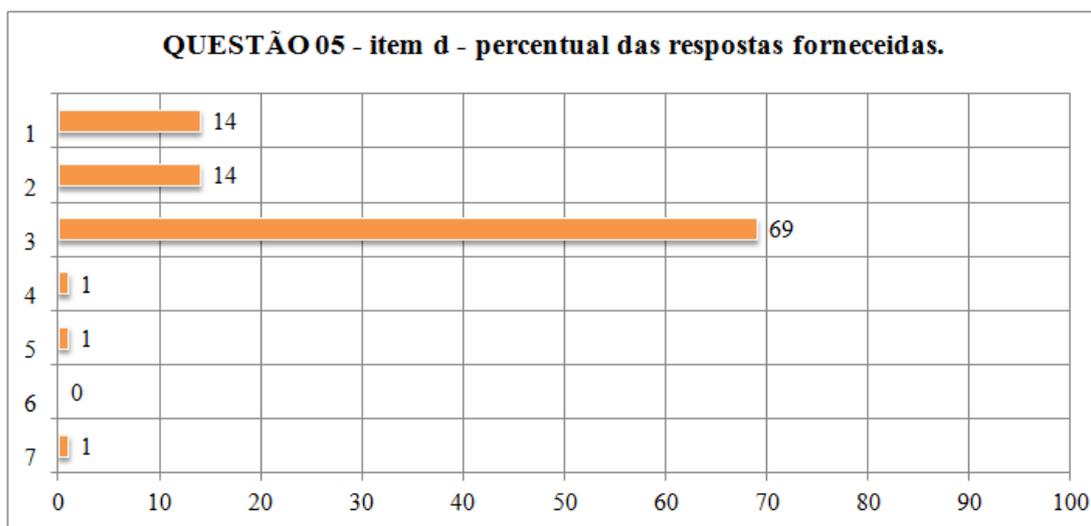


Gráfico 17 - Percentual das respostas questão 05 - d

Na análise dos itens c) e d), mesmo sendo uma realidade do sistema elétrico brasileiro não possuir uma padronização de tensão elétrica residencial (220 V e 110 V) verifica-se que

uma parcela considerável dos estudantes compreendem que na ligação de equipamentos elétricos deve ser observada a tensão nominal do aparelho, pois se ligados em uma rede de tensão maior que a do equipamento este poderá queimar, como relatado por 89% dos estudantes (questão 05 item c) e se ligados em uma tensão mais baixa que seu valor nominal ele não funcionará adequadamente, como relatado por 69% dos estudantes (questão 5 item d).

Mesmo este tipo de ligação ser comum na realidade do sistema elétrico brasileiro, por não possuir uma padronização de sistema entre os estados (220 V e 110V) alguns alunos ainda não possuem este conhecimento de senso comum ou conhecimento aprendido no dia-a-dia, sendo então, necessário para alguns, compreender melhor as causas e efeitos das ligações feitas em tensões diferentes.

Ainda que as aplicações práticas estudadas neste conteúdo façam parte do cotidiano dos alunos, os resultados obtidos neste pré-teste evidenciam que muito do conhecimento apresentado está ligado ao conhecimento empírico. Por exemplo, o fato dos alunos saberem que ao conectar um aparelho em uma tensão nominal distinta àquela afirmada pelo fabricante pode ocasionar sua queima ou mau funcionamento, ou ainda de relacionar carga com corrente elétrica, ainda que muitos atribuam de maneira errada carga elétrica e portadores de carga em um material. Entretanto, os alunos não demonstraram conhecer/compreender os conceitos que permitem explicar o funcionamento de um aparelho.

Os alunos demonstraram entender que corrente elétrica consiste em um fluxo de cargas, porém não fazem distinção entre elétrons e prótons, por exemplo, e tampouco correlacionam que íons podem atuar como portadores de carga como em pilhas, por exemplo. Embora alguns conceitos sejam comuns em outras disciplinas, como em química, que aborda as relações de cargas elétricas em íons, os conceitos acabam sendo fortemente compartimentados onde os alunos não conseguem correlacionar os conceitos antigos com conteúdos correlatos vistos posteriormente, ou seja, falta uma visão mais ampla sobre os conceitos e definições em questão, assim como no caso de potência.

Também existe muita confusão com conceitos como energia potencial elétrica, potencial elétrico, pois os alunos também não conseguiram estabelecer a correlação de conceitos mais gerais já vistos antes pela turma, em anos anteriores, como energia e potência.

RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE 02

As questões foram aplicadas para 3 (três) turmas da terceira série do ensino médio com um total de 104 alunos presentes no dia da avaliação. Como o pré-teste 02, também foi composto por questões discursivas, onde o aluno tinha liberdade para escrever e dissertar sobre o assunto abordado, na análise dos resultados foi realizada uma sistematização das respostas, acoplando respostas semelhantes em um mesmo tópico que as representam.

A aplicação do pré-teste 02 foi realizada com o intuito de verificar conhecimentos adquiridos até o momento sobre corrente elétrica e sobre as Leis de Ohm, e os conhecimentos prévios que o estudante poderia ter sobre sistemas elétricos resistivos e associação de resistores. Desta forma, a aplicação deste pré-teste ocorreu após as aulas sobre corrente elétrica, efeitos da corrente elétrica e as Leis de Ohm e antes do professor ministrar as aulas sobre associação de resistores elétricos e das aulas práticas de instalação elétrica residencial fazendo uso da bancada de instalação elétrica de lâmpadas e sistemas de acionamento.

Espera-se com isto verificar se houve indício de aprendizagem significativa em relação ao conteúdo até então ministrado e fazer um levantamento da capacidade do aluno em relacionar este conteúdo a associação de resistores antes da análise conceitual deste tópico.

PRÉ – TESTE 02

Questão 01 – Sobre aparelhos elétricos ligados a sistema de instalação elétrica responda.

- a) O que é uma resistência elétrica?
 1. É uma relação entre d.d.p. e corrente elétrica que permanece constante = 3%
 2. Capacidade de um corpo ou elemento de circuito de dificultar ou se opor à passagem da corrente = 72%
 3. Capacidade de um corpo ou elemento de circuito de dificultar a passagem da corrente sendo calculado pela relação $U/i = 7\%$
 4. Equipamento ou elemento que transforma energia elétrica em energia térmica = 11%
 5. Objeto ou equipamento que resiste a passagem de corrente elétrica gerando energia térmica ou calor = 3%
 6. “Algo que faz diminuir a potência final da linha elétrica” = 2%
 7. Em branco = 3%

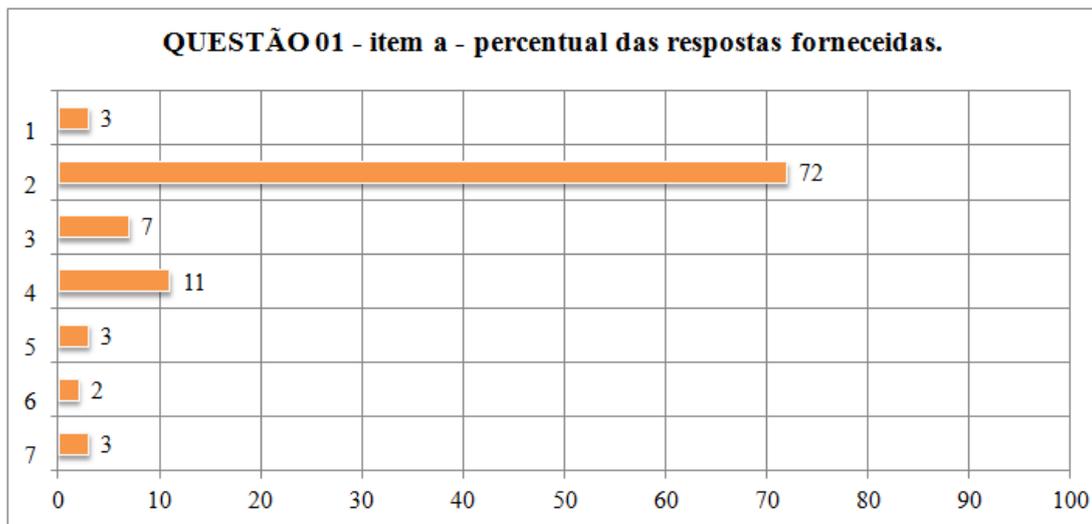


Gráfico 18 - Percentual das respostas questão 01 - a

Na análise deste item percebe-se que a boa parte dos alunos, 72%, conseguem associar a resistência elétrica a uma característica do material ou do corpo condutor. Pela soma dos itens 1 e 3 percebe-se que 10% conseguem relacionar o conceito de resistência elétrica com a relação matemática proposta pela 1ª Lei de Ohm e 11% conceituam resistência como uma forma de transformação de energia elétrica em energia térmica.

b) Como o ferro de passar roupa funciona?

1. Funciona pelo efeito Efeito Joule - Transformação de energia elétrica em energia térmica utilizando uma resistência elétrica = 13%
2. Funciona pois corrente elétrica esquenta o ferro de passar, possui um termostato para regular a temperatura = 9%
3. Funciona pelo aquecimento de uma resistência elétrica ou um resistor elétrico percorrido por corrente elétrica = 52%
4. Através da transformação de energia elétrica em energia térmica ou calor = 21%
5. “ O ferro conduz calor para a roupa que altera a tensão ou ligação das moléculas do tecido” = 2%
6. Em branco = 3%

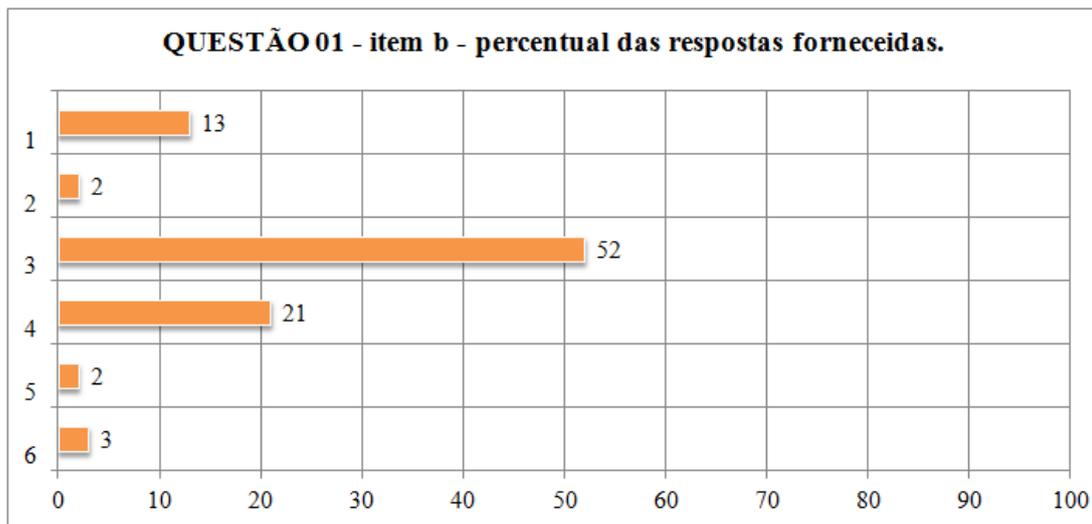


Gráfico 19 - Percentual das respostas questão 01 - b

Através deste item pode-se verificar que 52% dos alunos relatam conhecer a presença de um resistor elétrico em equipamentos que geram aquecimento quando percorridos por corrente elétrica, 13% conseguem relacionar o aquecimento ao Efeito Joule e outros 21%, comentaram sobre a transformação de energia elétrica em energia térmica e 9% sobre o aquecimento do ferro, embora não relacionando o fenômeno ao Efeito Joule.

Desta maneira, pelos percentuais das respostas do itens a) e b) da questão 01, pode-se verificar que uma parte significativa dos alunos, cerca de 95%, conseguiram assimilar os conceitos de resistência elétrica e associa-los a sistemas de conversão de energia elétrica em energia térmica, explicando-o de pelo menos uma maneira, evidenciando uma possibilidade de aprendizagem significativa sobre este assunto. Apenas um pequeno percentual, 2% dos estudantes, respondeu de forma equivocada ou deixaram a questão em branco, 3% dos estudantes.

- c) Comparando um chuveiro elétrico, um ferro de passar roupa e uma lâmpada, qual consome mais energia elétrica e qual consome menos energia elétrica?
1. Chuveiro consome mais energia / Lâmpada consome menos energia = 82%
 2. Chuveiro consome mais, depois lâmpada depois ferro, devido à relação entre potência e tempo de funcionamento = 7%
 3. Lâmpada consome mais energia / Chuveiro consome menos energia = 2%
 4. Chuveiro consome mais energia = 5%
 5. Lâmpada consome mais energia = 1%
 6. Ferro consome mais energia = 3%

7. Em branco = 1%

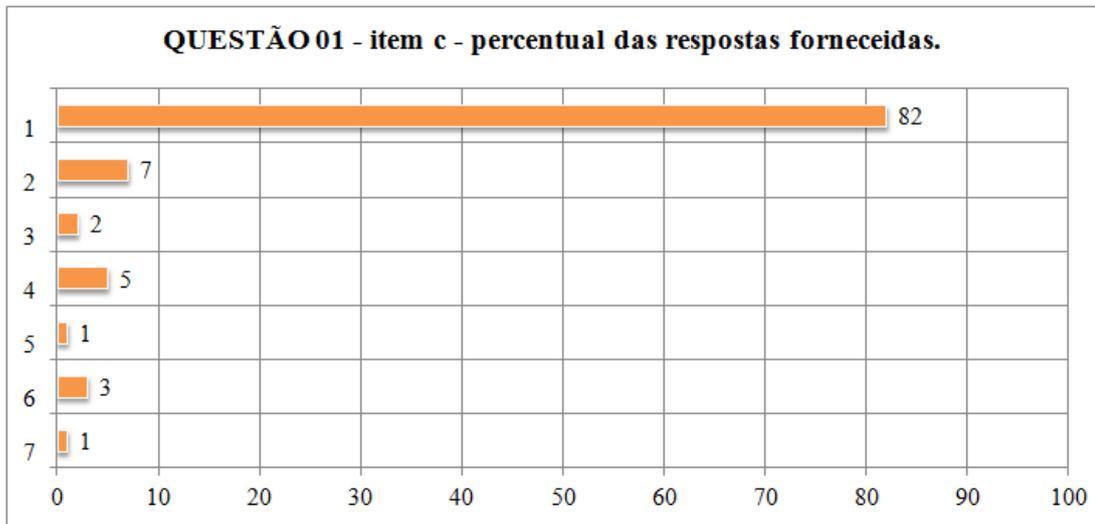


Gráfico 20 - Percentual das respostas questão 01 - c

Pode-se observar que a maioria dos estudantes conseguiu estabelecer uma relação prática do consumo de energia com os equipamentos elétricos existentes em casa, de uso convencional, observando os maiores consumos em aparelhos que são utilizados tipicamente para aquecimento, tais como o chuveiro elétrico e o ferro de passar roupa. Interessante perceber que um percentual de 7% dos alunos cogitaram a possibilidade do ferro ser mais econômico que a lâmpada levando em consideração o tempo de funcionamento, isto mostra que estes estudantes conseguiram estabelecer a relação entre potência do equipamento e tempo de utilização para o cálculo da corrente elétrica.

- d) Quando mudamos a chave de controle do chuveiro (verão – inverno) estamos modificando qual parâmetro físico do aparelho?
1. Resistência elétrica = 67%
 2. Potência elétrica = 11%
 3. Corrente elétrica = 7%
 4. Potência elétrica e resistência elétrica = 11%
 5. Energia elétrica consumida = 1%
 6. Temperatura do chuveiro = 3%
 7. Em branco = 1%

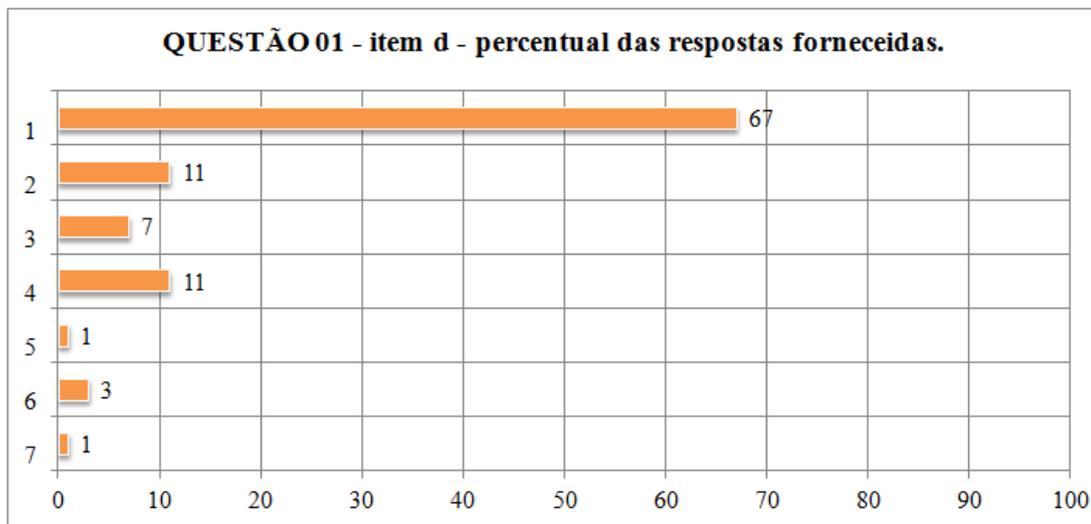


Gráfico 21 - Percentual das respostas questão 01 - d

A maioria dos estudantes, 67% (resposta 1) + 11% (resposta 4), relatou a modificação da resistência elétrica do aparelho quando chaveado, mostrando a compreensão da existência de um resistor elétrico, ou resistência elétrica relacionada aos equipamentos que transformam energia elétrica em energia térmica. Apenas um percentual muito pequeno dos estudantes não conseguiu relacionar a mudança de chave (verão-inverno) do chuveiro com parâmetros vinculados a eletricidade, onde 3% relataram apenas a questão de alteração de temperatura e 1% deixou a questão em branco.

Desta forma, pela análise dos itens c) e d) da questão 01 fica evidenciado uma aprendizagem dos conceitos do consumo de energia e da relação que a resistência elétrica gera no gasto de energia e aquecimento dos equipamentos, onde os alunos conseguiram observar tais relações em sistemas elétricos residenciais, tornando a teoria de eletricidade mais próxima do seu dia a dia.

Questão 02 - Associe as grandezas físicas as suas respectivas unidades de medida:

- | | |
|----------------------|---|
| a) ENERGIA | 1.(b) quilowatt (kW) = 89% de acerto |
| b) POTÊNCIA | 2.(c) volt (V) = 91% de acerto |
| c) VOLTAGEM | 3.(d) àmpere (A) = 97 % de acerto |
| d) CORRENTE ELÉTRICA | 4.(a) joule (J) = 75 % de acerto |
| e) RESISTÊNCIA | 5.(a) quilowatt-hora (kWh) = 63 % de acerto |
| | 6.(b) watt (W) = 69% de acerto |
| | 7.(e) ohm (Ω) = 98% de acerto |

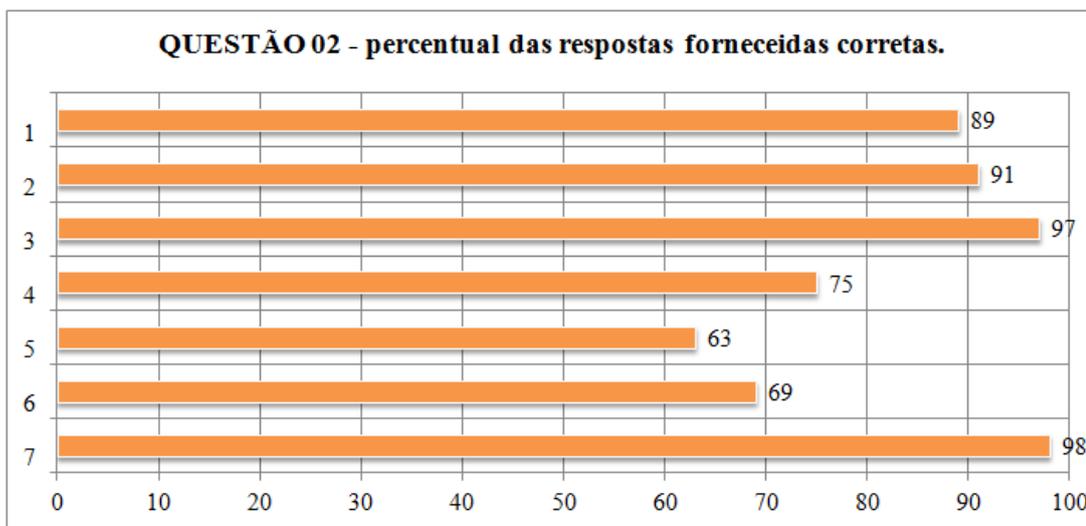
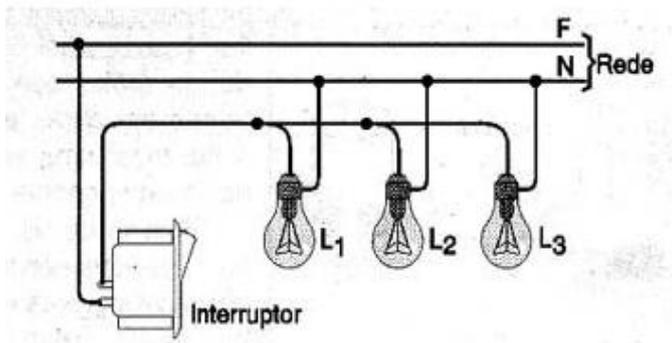


Gráfico 22 - Percentual das respostas questão 02

Percebe-se pela análise da questão 02 que os estudantes conseguiram, na sua grande maioria, compreender e associar as unidades de medidas às respectivas grandezas físicas, apresentando apenas uma certa dificuldade em distinguir, em alguns casos, as grandezas de energia e potência, principalmente quando utilizado o padrão de unidade do sistema de medida convencional de energia elétrica das concessionárias de energia (kWh), onde os alunos obtiveram 63% de acerto. As unidades básicas de medida do sistema internacional para as grandezas de tensão elétrica, corrente elétrica e resistência elétrica obtiveram um percentual de acertos acima dos 90% evidenciando uma aprendizagem adequada da simbologia convencional utilizada na medição de tais grandezas.

A partir desta questão, os estudantes foram questionados sobre sistemas de ligações de resistores em série e em paralelo, utilizando como modelo teórico, lâmpadas incandescentes, onde eles realizaram uma análise de ligações com lâmpadas de mesma potência e potências diferentes, com a finalidade de verificar-se o quanto de conhecimento os alunos possuem sobre associação de resistores, ressaltando o fato desta parte do conteúdo ainda não ter sido ministrada em sala de aula, e que a análise teórica aqui proposta será realizada em uma atividade prática utilizando para isso a bancada de instalações elétricas com lâmpadas incandescentes e sistemas de controle de iluminação, interruptores.

Questão 03 – Ligando três lâmpadas idênticas $L_1 = L_2 = L_3 = (60 \text{ W e } 220\text{V})$ em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:



a) Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?

Ligação em paralelo: mesma ddp para todas as lâmpadas 220V

Percentual de acerto = 63%

b) Se a lâmpada do meio (L₁) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?

Não terá alteração, pois não haverá modificação de tensão nas outras lâmpadas

Percentual de acerto = 62%

c) Se a lâmpada do meio (L₃) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?

Não terá alteração, pois não haverá modificação de tensão nas outras lâmpadas

Percentual de acerto = 62 %

d) Se fossemos substituir as três lâmpadas por uma única, qual deverá ser a especificação da lâmpada utilizada na substituição?

Lâmpada de 180W e 220 V

Percentual de acerto = 22 %

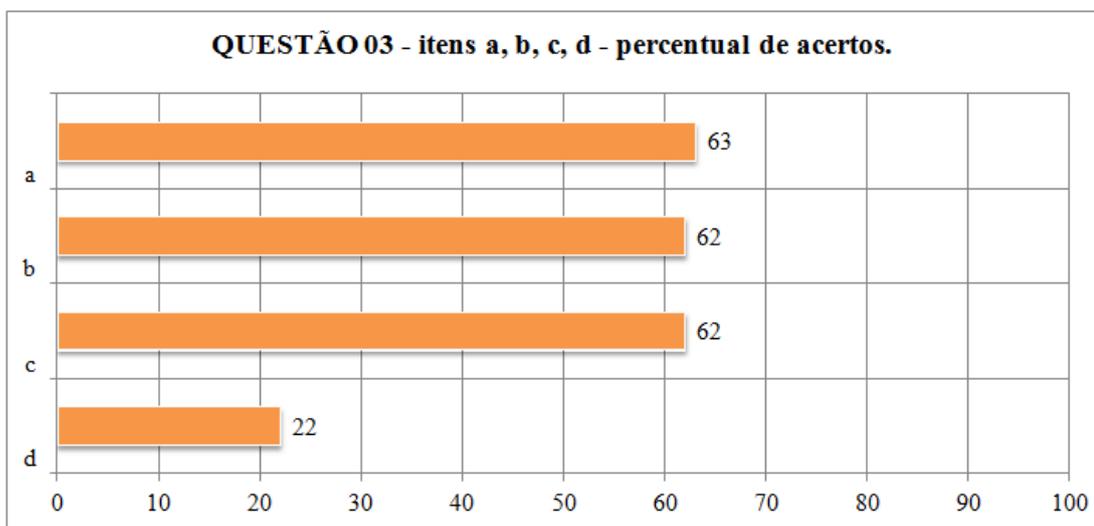


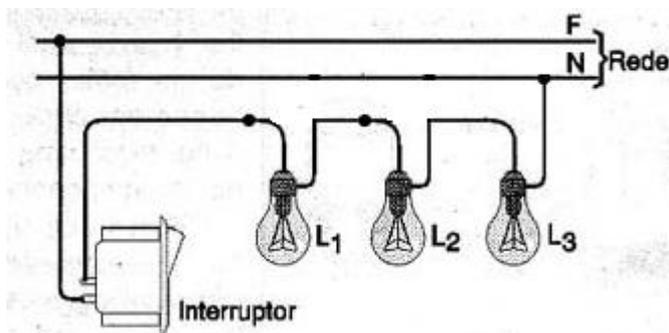
Gráfico 23 - Percentual das respostas questão 03 - a, b, c, d

Na análise da questão 03, mesmo sendo uma realidade do sistema de instalação elétrica, verificada em ligações de luminárias e até mesmo a utilização de um multiplicador de tomadas, também conhecido como T-extensão, verifica-se que uma parcela considerável dos estudantes compreendem que na ligação de equipamentos elétricos em paralelo deve ser observada a tensão nominal do aparelho, pois se ligados em um mesmo ponto de tensão estarão submetidos a mesma ddp.

Mesmo sendo um tipo de ligação comum na realidade alguns alunos ainda não possuem este conhecimento de senso comum ou conhecimento aprendido no dia-a-dia, sendo então, necessário para alguns, compreender melhor as causas e efeitos das ligações de resistores associadas em paralelo.

Ainda que as aplicações práticas estudadas neste conteúdo façam parte do cotidiano dos alunos, os resultados obtidos neste pré-teste evidenciam que muito do conhecimento apresentado está ligado ao conhecimento empírico. Por exemplo, o fato dos alunos saberem que ao conectar aparelhos em um T-extensão, todos os equipamentos funcionam independente do funcionamento dos demais. Entretanto, os alunos não demonstraram conhecer/compreender os conceitos que permitem explicar o funcionamento deste tipo de associação, pois no item d) onde é solicitado a relação da potência e tensão da associação apenas 22% dos alunos souberam responder corretamente.

Questão 04 – Ligando três lâmpadas idênticas $L_1 = L_2 = L_3 = (60 \text{ W e } 220\text{V})$ em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:



- a) Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?

Ligação em série de lâmpadas idênticas: mesma corrente elétrica para todas as lâmpadas e divisão da ddp entre elas, 1/3 da tensão de entrada por lâmpada (73,33V).

Percentual de acerto = 63 %

- b) Se a lâmpada do meio (L_1) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?

As demais lâmpadas do circuito se apagam, pois o circuito ficará aberto.

Percentual de acerto = 38%

- c) Se a lâmpada do meio (L_3) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?

As demais lâmpadas do circuito se apagam, pois o circuito ficará aberto.

Percentual de acerto = 30%

- d) Se fossemos substituir as três lâmpadas por uma única, qual deverá ser a especificação da lâmpada utilizada na substituição?

Considerando a lâmpada como um resistor ôhmico com resistência constante, a tensão reduzindo a $1/3$ do valor, reduzirá a corrente elétrica em $1/3$ do valor, logo a potência por lâmpada reduziria em $1/9$ do valor nominal – gerando um total de potência igual à $3 \times (1/9) \times 60W = 20W$.

Percentual de acerto = 10%

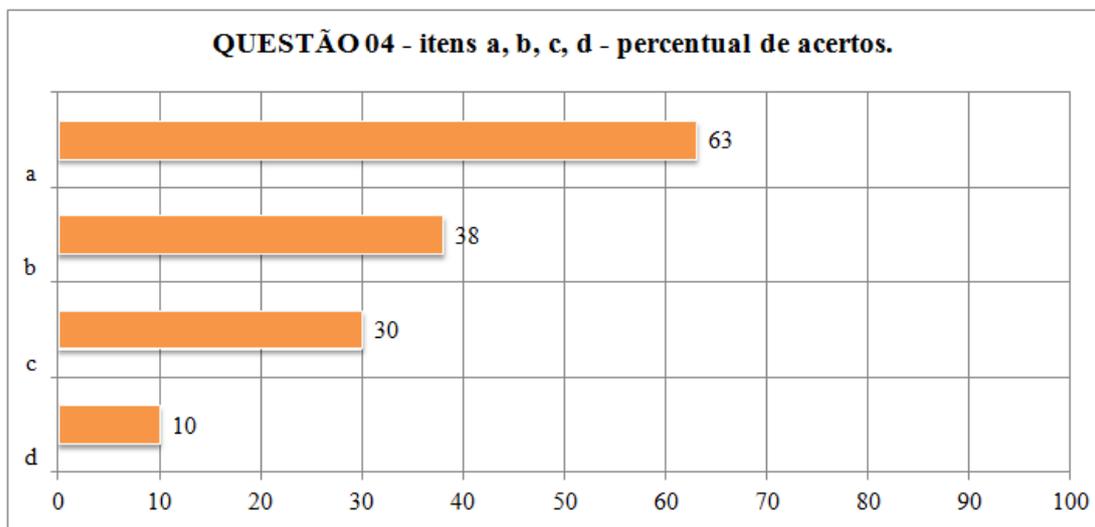
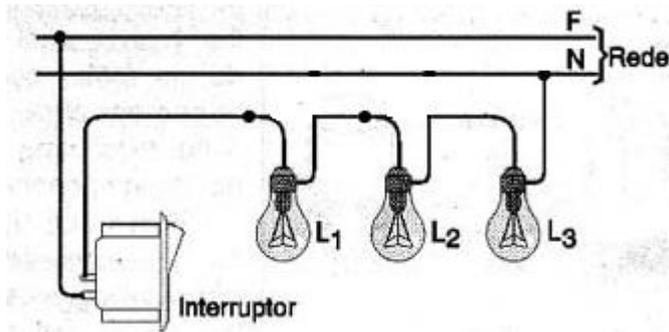


Gráfico 24 - Percentual das respostas questão 04 - a, b, c, d

Questão 05 – Ligando três lâmpadas idênticas $L_1 = (40 \text{ W e } 220V)$, $L_2 = (60 \text{ W e } 220V)$ e $L_3 = (100 \text{ W e } 220V)$ em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:



- a) Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?

Ligação em série de lâmpadas distintas: mesma corrente elétrica para todas as lâmpadas e divisão da ddp entre elas, proporcional ao inverso da resistência elétrica de cada uma. Aproximadamente: 40 W - 220V = 105 V; 60 W - 220V = 70 V; 100 W - 220V = 42 V

Percentual de acerto = 4 %

- b) Qual lâmpada apresentará um brilho mais intenso? E qual brilhará com menor intensidade?

40 W - 220V = maior brilho

100 W - 220V = menor brilho

Percentual de acerto = 8%

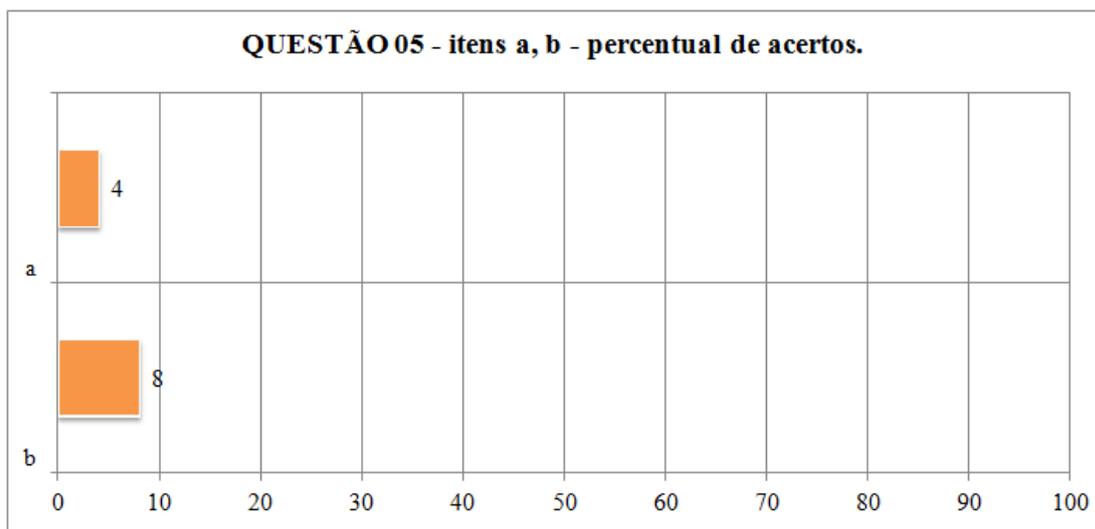


Gráfico 25- Percentual das respostas questão 05 – a; b.

Na análise das questões 04 e 05 sobre associação de resistores em paralelo, estabeleceu-se um tipo de ligação não muito comum na realidade do sistema de instalação elétrica, verificada, por exemplo, em ligações de lâmpadas de natal e outros sistemas específicos,

mesmo assim observou-se que uma parcela considerável dos estudantes, 63% dos alunos, compreende que na ligação de equipamentos elétricos em série deve ser observada uma divisão da tensão nominal do aparelho, pois se percorridos por uma mesma corrente elétrica estarão submetidos a uma divisão de tensão elétrica ou ddp.

Este tipo de relação pode ser analisada também no experimento de verificação de condutores e isolantes, onde a ddp a qual a lâmpada estava submetida variava de acordo com o objeto ou elemento conectado em seus polos, entrando em série com este elemento, por exemplo, ao utilizar a água na ligação percebeu-se que a lâmpada não brilhava, caracterizando a água como isolante, mas na medida que foi acrescentado sal na água, o brilho da lâmpada foi modificando gradativamente até próximo do seu brilho nominal, realizando as medições de tensão nos terminais da lâmpada os estudantes puderam verificar uma alteração gradativa deste valor, este experimento pode ter contribuído para a assimilação deste conceito de divisão de tensão empregado na associação em série de equipamentos.

No último tópico da questão 04 - item d e na questão 05 alunos não demonstraram conhecer nem compreender os conceitos que permitem explicar o funcionamento deste tipo de associação, pois neste item onde é solicitado a relação da potência e tensão da associação em paralelo, apenas 10% (questão 04 – d), 4% (questão 05 – a) e 8% (questão 05 – b) dos alunos souberam responder corretamente.

Acredita-se que por se tratar de um tipo de ligação não muito usual na realidade dos estudantes, alguns alunos ainda não conseguiram adquirir este conhecimento de forma natural ou pelo conhecimento comum, sendo então necessário para boa parte dos estudantes, compreender melhor as causas e efeitos das ligações de resistores associadas em série, que faz parte da proposta de trabalho e sequência didática deste produto, utilizando para isto a bancada de instalações elétricas e as possibilidades de conexões em série e paralelo que ela permite realizar, inclusive utilizando lâmpadas de potências diferentes, para caracterizar as associações de resistores de valores distintos, conforme questionamento da questão 05 deste pré-teste.

RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO CONDUTORES E ISOLANTES

Marque, para os elementos representados abaixo, como você os classificaria: Bom Condutores, Maus Condutores ou Material Isolante.

MATERIAL	Bom condutor	Mau condutor	Isolante
ÁGUA DA TORNEIRA	20	2	1
FIO DE COBRE	70005		
PEDAÇO DE MADEIRA (LÁPIS)			70005
ÁGUA COM AÇÚCAR	1	28	0
ÁGUA COM SAL	70005-1	1	0
FOGO DE UMA VELA	17	10	0
BALSICHA	0	11	0
OLEO	0	11	12
GRAFITE DO LÁPIS	20	4	3
ÁGUA COM CAFÉ	0	15	2
DETERGENTE NEUTRO	4	12	8

MATERIAL	Bom condutor	Mau condutor	Isolante
ÁGUA DA TORNEIRA	20	3	6
FIO DE COBRE	70005	0	0
PEDAÇO DE MADEIRA (LÁPIS)	0	0	70005
ÁGUA COM AÇÚCAR	0	70005-3	3
ÁGUA COM SAL	70005-1	1	0
FOGO DE UMA VELA	1	7	0
BALSICHA	24	5	6
OLEO	11	1	1
GRAFITE DO LÁPIS	11	18	0
ÁGUA COM CAFÉ	5	21	0
DETERGENTE NEUTRO	1	1	5

MATERIAL	Bom condutor	Mau condutor	Isolante
ÁGUA DA TORNEIRA	21	7	0
FIO DE COBRE	70005	0	0
PEDAÇO DE MADEIRA (LÁPIS)	0	4	70005-4
ÁGUA COM AÇÚCAR	0	70005	0
ÁGUA COM SAL	31	1	0
FOGO DE UMA VELA	1	8	12
BALSICHA	13	16	0
OLEO	27	2	0
GRAFITE DO LÁPIS	6	21	1
ÁGUA COM CAFÉ	0	14	3
DETERGENTE NEUTRO			14

Figura 26 - Imagem dos resultados coletados em sala com os alunos presentes no dia do experimento

Nesta prática, as respostas foram analisadas construindo uma tabela no próprio quadro das salas e por votação direta dos alunos presentes, foi realizada a análise teórica antes da prática, alguns alunos em determinados itens ou elementos não souberam opinar, ficando em dúvidas sobre a classificação dos materiais, enquanto outros elementos tiveram uma votação praticamente unânime, conforme análise que se segue.

Pode-se verificar através desta atividade que muitos alunos possuem uma boa interpretação da condutividade elétrica dos materiais, quando analisados elementos de utilização cotidiana, por exemplo:

Fio de cobre – todos os alunos presentes classificaram como bom condutor

Pedaço de madeira (lápiz) – praticamente todos os alunos classificaram como material isolante

Água com sal – praticamente todos os alunos classificaram como bom condutor, sendo que muitos relataram como justificativa a ionização do sal ($\text{Na}^+ \text{Cl}^-$) já estudada em química. Nesta parte, o sal foi acrescentado lentamente ao sistema, onde o aluno pode observar que conforme pitadas de sal iam sendo dissolvidas na água o brilho da lâmpada aumentava, até atingir praticamente o seu brilho nominal, a tensão nominal da lâmpada pode ser aferida através de um voltímetro conectado em paralelo pelos seus terminais, onde foi verificada a variação de tensão conforme o sal foi inserido no sistema, observando uma variação gradativa do brilho da lâmpada acompanhada da variação de tensão sobre seus terminais até atingir uma tensão e brilho próximos dos valores nominais do equipamento.

Porém os elementos da tabela que não estão de acordo com o senso comum, ou tiveram marcações divididas nos campos, gerando dúvidas nos alunos ou tiveram marcações erradas, tais como:

Água da torneira – cerca de 76% dos alunos classificaram como um material bom condutor elétrico. Durante a prática, realizando a ligação do sistema através da água da torneira, verificou-se que a lâmpada não acende, caracterizando uma abertura do sistema, onde os alunos puderam observar a característica isolante da água. Alguns alunos ficaram surpresos ao se depararem com tal situação, pois acreditavam, por senso comum, que a água seria bom condutor de energia elétrica, outros relataram que esperavam a condução pois sabiam que água destilada não conduziria corrente elétrica, mas esperavam que a água da torneira (não destilada) já teria portadores de cargas (íons) suficientes para realizar a condução da eletricidade pelo sistema.

Água com açúcar – a maioria dos estudantes (94%) marcaram essa mistura como um mal condutor, criando a expectativa que a lâmpada acenderia, mas não no seu brilho nominal, a corrente elétrica seria reduzida no sistema pela baixa condutividade elétrica da solução água com açúcar. Os alunos ficaram intrigados com o resultado, pois ao acionar o sistema com a solução de água com açúcar, verificou-se que a lâmpada não ascendeu, mostrando que a solução apresentada não poderia ser classificada como condutora e deveria ser classificada como isolante. Alguns alunos questionaram a situação pois alegaram que o açúcar se dissolve na água e por isso tinham a expectativa da condutividade elétrica do meio aumentar; uma vez que água com sal é conhecida como condutora, esperavam que a água com açúcar também fosse. Neste momento coube ao professor realizar uma análise sobre portadores de cargas elétricas, reforçando o conceito de carga e evidenciando que a corrente elétrica poderá ser conduzida por elétrons livres, como no caso do fio de cobre, ou por íons (cátions e ânions), como na solução água com sal, porém, na dissolução do açúcar na água, não ocorre ionização do açúcar, onde a molécula de açúcar permanece eletricamente neutra, não produzindo íons na solução, fazendo-a permanecer como isolante elétrica.

Fogo oriundo da vela em combustão – este tópico gerou bastante polêmica, na primeira turma, surgiu, a partir do comentário de uma aluno, a ideia de fogo como plasma e como tal, gás ionizado que deveria ser condutor, desta forma, a maioria dos alunos seguiram nesta linha proposta pelo colega de sala e optaram por condutor ou mal condutor; nas demais turmas poucos alunos souberam ou tentaram argumentar sobre o que seria o fogo para poderem classifica-lo, desta forma boa parte dos alunos não votaram e alguns votaram como

isolantes porem sem certeza do porque estavam escolhendo esta opção. Na turma onde a maioria optou por condutor seguindo os ideais do colega de sala, todos ficaram surpresos com o resultado, pois o fogo não foi observado como um material condutor elétrico, e nas demais turmas não houve muita expectativa sobre o fato. Desta forma coube ao professor uma rápida explicação, em todas as turmas sobre fogo e plasma, onde pôde ser comentado sobre o plasma como quarto estado na matéria e o conceito de plasma como gás ionizado, porém para sustentar uma ionização da matéria, é necessário uma temperatura muito elevada e a presença de um número significativo de portadores de cargas (elétrons livres e íons) torna o plasma um estado eletricamente condutor. Porém o fogo oriundo da combustão de uma vela não pode ser classificado como plasma, sendo apenas a oxidação de um material combustível liberando luz, calor e produtos da reação de combustão; esta reação ocorre a uma temperatura baixa se comparada as temperaturas para ionização de um gás, descaracterizando o fogo como um gás ionizado e desta forma justificando seu comportamento isolante quando se trata de eletricidade.

Salsicha – na primeira turma praticamente 50% dos alunos classificaram a salsicha como material isolante elétrico, esperando que a lâmpada não ascendesse ao ser conectado os contatos com este material, nas outras turmas quase totalidade considerou a salsicha como condutora, ficando dividida entre mal condutor ou bom condutor. Ao ligar o circuito os alunos puderam verificar que a lâmpada acendeu, porém bem aquém do seu brilho nominal, constatando que a salsicha é um material condutor mas não um bom ou excelente condutor, com isso pôde-se fazer uma relação da ligação da salsicha com o sistema elétrico percorrendo o corpo humano (choque elétrico) uma vez colocada que na sua composição o material apresentado é muito próximo da formação do corpo humano. Nesta parte do experimento, foi realizado, pelo professor, utilizando um fio com conectores apropriados, um curto-circuito sobre a lâmpada, deixando a salsicha sob tensão de aproximadamente 220 V, verificando assim um dos efeitos da corrente elétrica sobre o tecido humano e sobre os matérias, que é o aquecimento do condutor (Efeito Joule) provocando o cozimento e a carbonização de parte no material utilizado (salsicha). Recomenda-se realizar esta parte do experimento próximo á janelas para ventilação, evitando a formação de fumaça em sala de aula.

Grafite do lápis – a maioria dos estudantes (95%) classificaram o elemento como condutor (bom condutor ou mal condutor). Desta maneira a prática serviu para reforçar a teoria dos alunos, onde eles puderam verificar que o grafite do lápis fechando o circuito,

permite a lâmpada alcançar o seu brilho nominal. Porém quando questionados sobre o diamante, alguns alunos apresentaram dúvidas sobre a condutividade pois relataram que ambos (grafite e diamante) são feitos do mesmo elemento químico (formas alotrópicas do carbono). Infelizmente a prática utilizando diamante não pode ser realizada por falta de material, mas coube ao professor um breve comentário sobre o diamante, classificando-o como isolante elétrico e reforçando a ideia que embora ambos sejam ligações de carbono, a formação ou estrutura de ligação são bem distintas, possibilitando no grafite a condução de corrente elétrica e no diamante não.

Água com café. A maioria dos alunos (90%) classificou a mistura como condutora, sendo que a expectativa de não propiciar um brilho nominal (mal condutor) era predominante. Nesta parte, os alunos puderam verificar que água com café conduz a eletricidade, porém não tão bem como a água com sal, já analisada, isso se deve ao fato da mistura apresentar íons dissolvidos no líquido porém em menor concentração que água com sal.

Detergente neutro. Este elemento gerou uma polêmica interessante, pois a palavra neutro estampada no rótulo do detergente fez muitos alunos associarem o material como algo eletricamente neutro, classificando-o como material isolante elétrico, outros estudantes porém, pensaram e comentaram sobre a relação de ionização de elementos dentro do detergente, classificando-o como material condutor (bom ou mal condutor). Este fato gerou uma boa expectativa para realização da ligação, onde pode-se constatar que o detergente neutro conduz a eletricidade inclusive se for diluído em água, que a princípio, reduziria sua concentração.

Com estas práticas, os alunos puderam vivenciar experimentalmente a relação de condutores e isolantes, os diálogos e discussões em sala de aula foram bem produtivos e várias polêmicas envolvendo este assunto foram abordadas nos momentos finais, tais como, acidentes envolvendo “chapinha” de cabelo, choques provocados por descargas atmosféricas em praias, utilização de sandálias ou calçados de borrachas como forma de isolamento para manusear equipamentos eletroeletrônicos, dentre outros assuntos.

RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO PROJETO

A aplicação, desenvolvimento e avaliação do produto aqui descrito foi realizada na Escola La Salle de Águas Claras – DF com cerca de 115 alunos das turmas da 3ª série do Ensino Médio.

Existe aqui uma diferença entre o número de alunos que responderam o pré-teste e o pós-teste, explicada pela não obrigatoriedade do pré-teste, pois não fazia parte de uma avaliação formal da instituição e foi aplicado em sala de aula, onde alguns alunos faltaram no dia da aplicação e não realizaram o teste posteriormente. O pós-teste, foi inserido em uma avaliação formal da instituição, onde a presença do aluno é obrigatória, além disso, alguns alunos entraram na instituição no decorrer do processo, vindos de transferências de outras escolas da região.

As questões, em alguns casos, tiveram que sofrer pequenas alterações ou adaptações para poderem compor a avaliação proposta pela instituição de ensino onde foi aplicada (Escola La Salle de Águas Claras), que possui um padrão de formatação de avaliações quanto à quantidade e ao tipo de itens por disciplina.

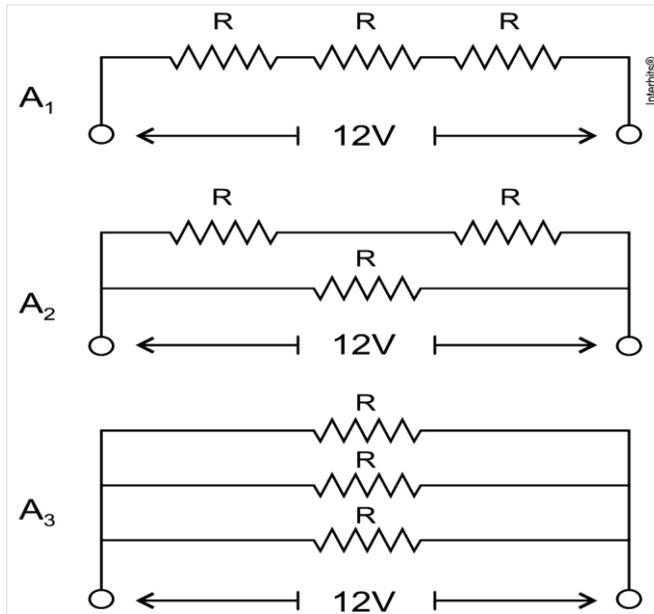
TESTE DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.

QUESTÕES / RESULTADOS

Relatório de Análise Sintética por Item

Legenda: Correto ■ Incorreto ■ Distratores selecionados com maior frequência ■

(Uem-pas 2016) Três resistores, de mesmas características, são colocados em série e esse arranjo A_1 é submetido a uma tensão de 12 V Nessas condições, observa-se que o conjunto dissipa 3 W Um dos resistores é retirado e colocado em paralelo com outros dois remanescentes, configurando o arranjo A_2 , que também é submetido a 12 V Finalmente, os três resistores são colocados em paralelo formando o arranjo A_3 sujeito a 12 V



1.(C)(E) A resistência equivalente no arranjo A_1 é 48Ω .

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	67	58,26	<div style="width: 58.26%; background-color: green;"></div>
E	48	41,74	<div style="width: 41.74%; background-color: red;"></div>

2.(C)(E) A corrente total que passa pelo arranjo A_2 é de aproximadamente 0,2 A.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
C	56	48,70	<div style="width: 48.70%; background-color: red;"></div>
* E	59	51,30	<div style="width: 51.30%; background-color: green;"></div>

3.(C)(E) O arranjo A_2 dissipa aproximadamente 1,2 W.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
C	51	44,35	<div style="width: 44.35%; background-color: red;"></div>
* E	64	55,65	<div style="width: 55.65%; background-color: green;"></div>

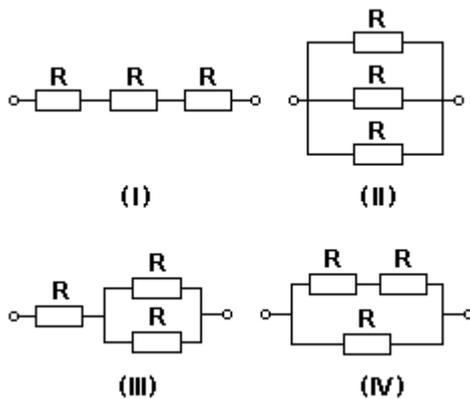
4.(C)(E) A corrente total que passa pelo arranjo A_3 vale 1,0 A.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
C	50	43,48	<div style="width: 43.48%; height: 15px; background-color: #f06292;"></div>
* E	65	56,52	<div style="width: 56.52%; height: 15px; background-color: #4caf50;"></div>

5.(C)(E) As potências dissipadas nos três arranjos satisfazem $P_{A_1} < P_{A_2} < P_{A_3}$.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	65	56,52	<div style="width: 56.52%; height: 15px; background-color: #4caf50;"></div>
E	50	43,48	<div style="width: 43.48%; height: 15px; background-color: #f06292;"></div>

(Ufal 1999) Considere as associações de três resistores iguais, representados a seguir.



Analise as afirmações que seguem.

6.(C)(E) A associação com maior resistência equivalente é a I.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	99	86,09	<div style="width: 86.09%; height: 15px; background-color: #4caf50;"></div>
E	16	13,91	<div style="width: 13.91%; height: 15px; background-color: #f06292;"></div>

7.(C)(E) A associação com menor resistência equivalente é a II. .

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	86	74,78	<div style="width: 74.78%; height: 15px; background-color: #4caf50;"></div>
E	29	25,22	<div style="width: 25.22%; height: 15px; background-color: #f06292;"></div>

8.(C)(E) Se todas as associações forem percorridas pela mesma corrente total, a que dissipará maior potência será a I. .

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	66	57,39	
E	49	42,61	

9.(C)(E) Se todas as associações forem submetidas a mesma ddp, a que dissipará maior potência será a II.

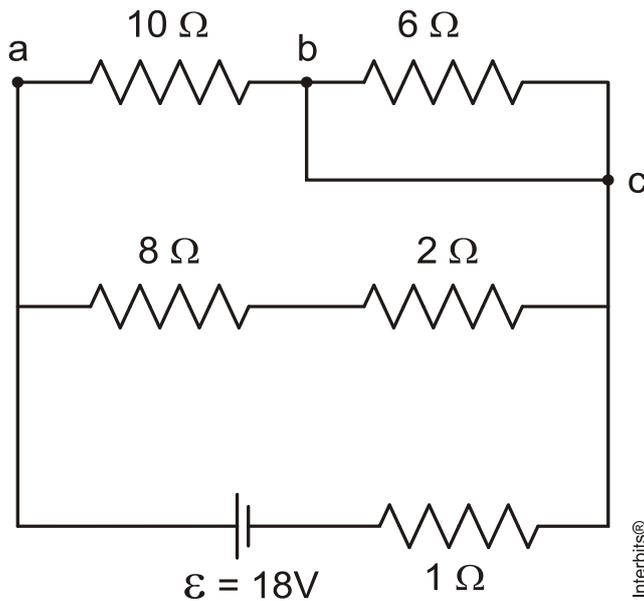
Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	68	59,13	
E	47	40,87	

10.(C)(E) A resistência equivalente da associação (III) é igual à da associação (IV)

Resposta	Frequência	Porcentagem	
C	25	21,74	
* E	90	78,26	

As respostas dos alunos aos itens 01 à 10 parecem indicar uma facilidade em identificar quais associações apresentam maior ou menor resistência equivalente, evidenciando boa compreensão e uso da Lei das Malhas de Kirchhoff. Entretanto, com relação à corrente e potência o percentual de acertos diminuiu consideravelmente, indicando possíveis dificuldades com relação à Lei dos Nós.

(Upe 2011) No circuito elétrico a seguir, considere um gerador de diferença de potencial igual a $\varepsilon = 18V$ e resistência interna igual a 1Ω . As resistências dos condutores de alimentação são desprezíveis.



Analise as afirmativas a seguir e conclua.

11.(C)(E) A resistência equivalente entre os pontos **a** e **c** do circuito vale 5Ω .

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	44	38,26	<div style="width: 38.26%; background-color: #4CAF50;"></div>
E	71	61,74	<div style="width: 61.74%; background-color: #FFEB3B;"></div>

12.(C)(E) A corrente elétrica que circula no gerador tem intensidade igual a 3A.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	53	46,09	<div style="width: 46.09%; background-color: #4CAF50;"></div>
E	62	53,91	<div style="width: 53.91%; background-color: #FFEB3B;"></div>

13.(C)(E) A potência dissipada pelo resistor colocado entre os pontos **a** e **b** do circuito (10 ohms) é igual à soma da potência dissipada pelos resistores colocados entre os pontos **a** e **c** do circuito (8 ohms e 2 ohms).

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	80	69,57	<div style="width: 69.57%; background-color: #4CAF50;"></div>
E	35	30,43	<div style="width: 30.43%; background-color: #F44336;"></div>

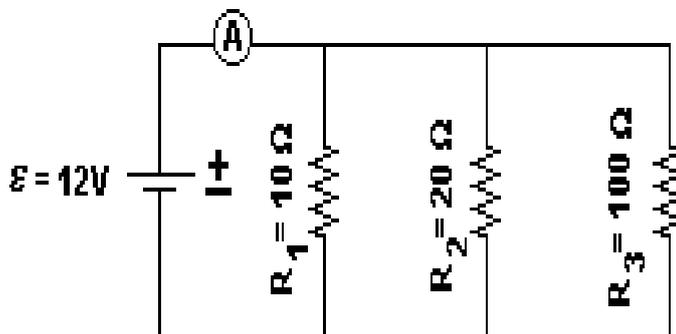
14.(C)(E) A diferença de potencial elétrico entre os pontos a e c vale 18 V.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
C	58	50,43	<div style="width: 50.43%; background-color: yellow;"></div>
* E	57	49,57	<div style="width: 49.57%; background-color: green;"></div>

15.(C)(E) A resistência equivalente de todo o circuito vale 27 ohms.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
C	28	24,35	<div style="width: 24.35%; background-color: red;"></div>
* E	87	75,65	<div style="width: 75.65%; background-color: green;"></div>

(Uepg 2001) Sobre as diferentes intensidades de corrente que são possíveis no circuito a seguir, conforme os resistores que se encontrem conectados a ele, assinale as afirmativas em correto (C) ou errado (E).



16.(C)(E) Estando conectados ao circuito apenas R_1 e R_3 , a intensidade da corrente, indicada no amperímetro, é 0,6 A.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
C	21	18,26	<div style="width: 18.26%; background-color: red;"></div>
* E	94	81,74	<div style="width: 81.74%; background-color: green;"></div>

17.(C)(E) Estando conectado ao circuito apenas R_1 , a intensidade da corrente é 1,2 A.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	95	82,61	
E	20	17,39	

18.(C)(E) Estando conectados ao circuito R_1 , R_2 e R_3 , a intensidade da corrente, indicada no amperímetro, é 1,92 A.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	57	49,57	
E	58	50,43	

19.(C)(E) R_1 , R_2 e R_3 impõem ao circuito uma intensidade de corrente igual a 0,09 A.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
C	28	24,35	
* E	86	74,78	
Sem Resposta	1	0,87	

20.(C)(E) Estando conectados ao circuito apenas R_1 e R_2 , eles lhe impõem uma intensidade de corrente, indicada no amperímetro, igual a 1,8 A.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* C	73	63,48	
E	40	34,78	
Sem Resposta	2	1,74	

Com relação aos itens 11 à 20, parece que os alunos não apresentam dificuldade em calcular a resistência equivalente em sistemas em série e paralelo, porém parecem ter mais dificuldade em identificar e calcular corretamente ao considerar os nós do circuito em questão e circuitos que apresentam pontos curto-circuitado. Desta maneira, pode-se pensar em criar outras práticas experimentais que abordem sistemas resistivos com curto-circuito, pois este assunto foi ministrado apenas em aulas teóricas, não sendo contemplado nas práticas propostas pelo produto, reforçando desta forma a necessidade das aulas práticas para melhor compreensão de determinadas situações problema.

Questões 21 à 25 foram retiradas do ENEM e podem ser comparadas com o desempenho obtido pela Escola La Salle Águas Claras e pela média das escolas semelhantes no DF (Ced Juscelino Kubitschek Asa Norte I, La Salle Brasília (Colégio), Ced Leonardo Da Vinci, Ced Leonardo Da Vinci Unid Asa Norte, Ced Sagrada Família, Ced Sigma, Dom Bosco (Colégio), Imaculada Conceição (Colégio), Notre Dame (Colégio), Santa Doroteia (Colégio), Ced Adventista Milton Afonso, Ced Juscelino Kubitschek Gama, Ced Católica De Brasília, Marista Champagnat (Colégio), Ced Objetivo Taguatinga, Ced Projeção Taguatinga Norte, La Salle Sobradinho (Colégio), Santo Elias (Ie), São José (Instituto), La Salle (Colégio), Ced Juscelino Kubitschek, Rogacionista (Colégio), Isaac Newton (Colégio), Maxwell (Colégio), Ced Leonardo Da Vinci Unidade Taguatinga, Ideal (Colégio), Objetivo Gama (Colégio), Ced Sigma Águas Claras, Col Olimpo De Águas Claras, Ced Projeção Guara Ii, Ced Sigma Asa Norte) no período de aplicação da avaliação do Enem, utilizando a base de dados do programa +enem (<https://app.maisenem.meritt.com.br/174506/>)

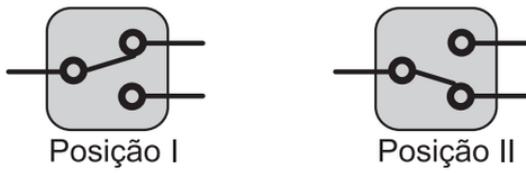
 Escola Semelhantes

Na análise das questões apresentadas a seguir, a legenda em azul (escola) refere-se ao resultado obtido na aplicação da questão na referida prova do ENEM pelos alunos da Escola La Salle de Águas Claras no ano de aplicação da prova, a legenda laranja (semelhantes) refere-se ao resultado obtido pelas escolas semelhantes relacionadas acima, no ano de aplicação da prova do ENEM, e o resultado no gráfico refere-se ao percentual de acertos dos itens para as turmas de terceiro ano do ano de 2017 – resultados obtidos pela avaliação do pós-teste após a aplicação do produto.

Desta maneira pode-se comparar o resultado obtido pelos alunos que participaram da intervenção do produto com os alunos de anos anteriores da própria instituição e de instituições semelhantes.

21. ENEM 2012 (adaptada)

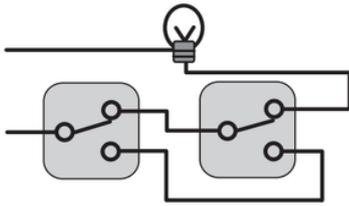
Para ligar ou desligar uma mesma lâmpada a partir de dois interruptores, conectam-se os interruptores para que a mudança de posição de um deles faça ligar ou desligar a lâmpada, não importando qual a posição do outro. Esta ligação é conhecida como interruptores paralelos. Este interruptor é uma chave 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.



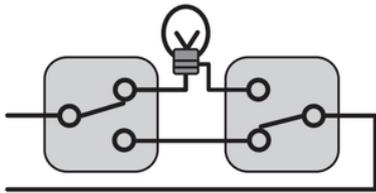
(Questão 73 do Enem 2012 - Foto: Reprodução Enem)

O circuito que cumpre a finalidade de funcionamento descrita no texto é:

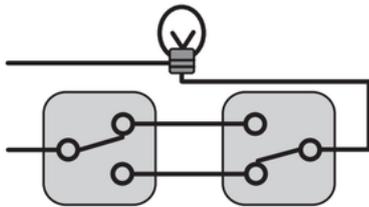
A.()



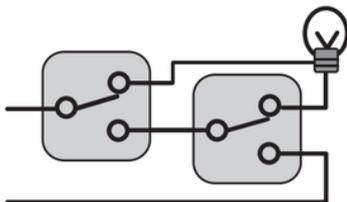
B.()



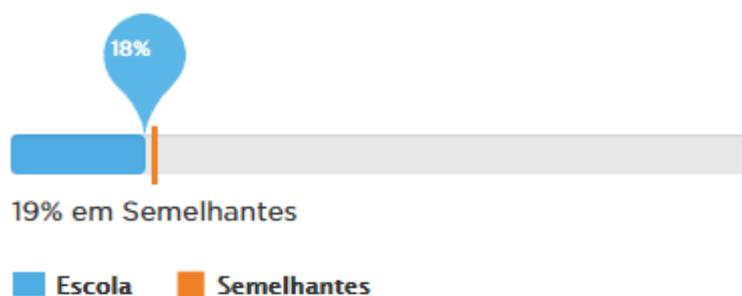
C.()



D.()



Resposta	Frequência	Porcentagem	
A	24	20,87	
B	30	26,09	
* C	52	45,22	
D	9	7,83	



Dificuldade: Difícil

Disciplina: Física

Habilidade: Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano - H5

Competência: C2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos

Conteúdos:

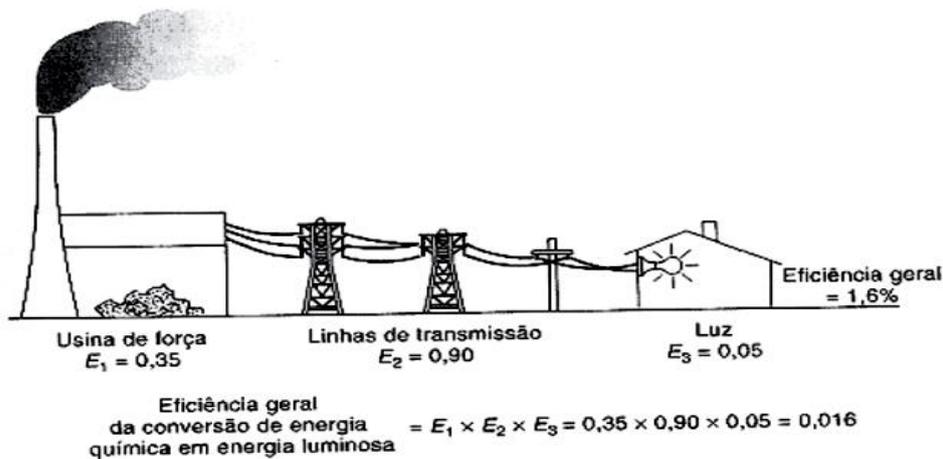
Física > Eletricidade > Eletrodinâmica > Circuitos

Esta questão é classificada como difícil, onde a taxa de acerto média está em 18% (La Salle) e 19% (semelhantes). Verifica-se que na aplicação do pós-teste 45% dos alunos souberam responder corretamente a questão, o que representa um percentual bem superior a média do ano de aplicação da questão no ENEM. Esta situação representada na questão foi discutida no experimento prático com a utilização da tábua de análise de circuitos, possibilitando o aluno verificar as múltiplas formas de interruptores e suas ligações. Pela análise da questão, pode-se creditar a experimentação prática do produto o aumento no percentual de acerto e consequentemente na aprendizagem destes conceitos pelos alunos.

22. ENEM 2009 (adaptada)

A eficiência de um processo de conversão de energia é definida como a razão entre a produção de energia ou trabalho útil e o total de entrada de energia no processo. A figura mostra um processo com diversas etapas. Nesse caso, a eficiência geral será igual ao produto

das eficiências das etapas individuais. A entrada de energia que não se transforma em trabalho útil é perdida sob formas não utilizáveis (como resíduos de calor).



(HINRICHS, R. A. Energia e Meio Ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado). (Foto: Reprodução/Enem)

Aumentar a eficiência dos processos de conversão de energia implica economizar recursos e combustíveis. Das propostas seguintes, qual resultará em maior aumento da eficiência geral do processo?

- A.() Utilizar lâmpadas incandescentes, que geram pouco calor e muita luminosidade.
- B.() Aumentar a quantidade de combustível para queima na usina de força.
- C.() Utilizar cabos com menor diâmetro nas linhas de transmissão a fim de economizar o material condutor
- D.(). Utilizar materiais com melhores propriedades condutoras nas linhas de transmissão e lâmpadas fluorescentes nas moradias.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
A	14	12,17	
B	4	3,48	
C	6	5,22	
* D	91	79,13	

80%

78% em Semelhantes - 2014

Escola **Semelhantes**

Dificuldade: Médio

Disciplina: Física

Habilidade: Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano - H5

Competência: C2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos

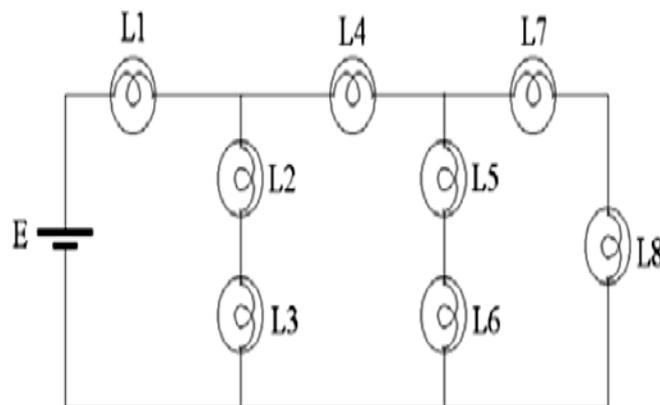
Conteúdos:

Física > Eletricidade > Eletrodinâmica > Trabalho e Energia

Nesta questão a média de acerto geral está em torno de 79 %, seu nível de dificuldade é médio e mostra uma equiparação dos resultados obtidos pela escola em comparação com os resultados das escolas semelhantes e das turmas anteriores da instituição.

23. ENEM 2009 (adaptada)

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.



Circuito com bateria (Foto: Reprodução/ENEM)

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.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
A	23	20,00	
* B	46	40,00	
C	42	36,52	
D	3	2,61	
Sem Resposta	1	0,87	



Dificuldade: Difícil

Disciplina: Física

Habilidade: Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano - H5

Competência: C2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos

Conteúdos:

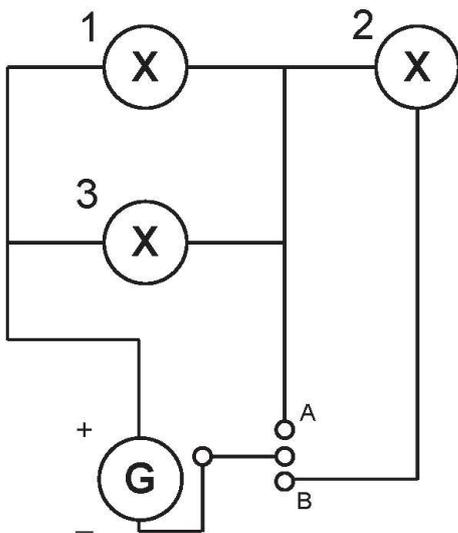
Física > Eletricidade > Eletrodinâmica > Circuitos

Esta questão, também classificada como difícil, teve uma taxa de acerto média de 27% (La Salle) e 29% (semelhantes). Verifica-se que na aplicação do pós-teste 40% dos alunos souberam responder corretamente a questão, o que representa um percentual bem superior à média do ano de aplicação da questão no ENEM. Esta situação representada na questão também foi discutida no experimento prático com a utilização da tábua de análise de circuitos, onde o aluno pode verificar as formas de ligações de lâmpadas, analisando circuitos em série e em paralelo e verificando a modificação de potência através da alteração do brilho das lâmpadas. Pela análise da questão, pode-se creditar a experimentação prática do produto o

aumento no percentual de acerto e conseqüentemente na aprendizagem destes conceitos pelos alunos.

24. ENEM 2014 (adaptada)

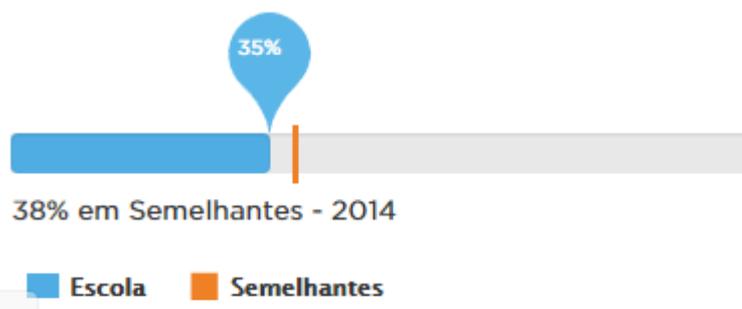
Um sistema de iluminação foi construído com um circuito de três lâmpadas iguais conectadas a um gerador (G) de tensão constante. Esse gerador possui uma chave que pode ser ligada nas posições A ou B.



Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

- A. () A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.
 B. () A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.
 C. () B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.
 D. () B, pois a potência total será maior nesse caso.

Resposta	Frequência	Porcentagem	
* A	55	47,83	<div style="width: 47.83%; background-color: #90EE90;"></div>
B	18	15,65	<div style="width: 15.65%; background-color: #FF6347;"></div>
C	9	7,83	<div style="width: 7.83%; background-color: #FF6347;"></div>
D	33	28,70	<div style="width: 28.70%; background-color: #FF6347;"></div>



Dificuldade: Difícil

Disciplina: Física

Habilidade: Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano - H5

Competência: C2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos

Conteúdos:

Física > Eletricidade > Eletrodinâmica > Associação de Resistores

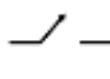
Esta questão, também classificada como difícil, teve uma taxa de acerto média de 35% (La Salle) e 38% (semelhantes). Verifica-se que na aplicação do pós-teste 48% dos alunos souberam responder corretamente a questão, o que representa um percentual superior à média do ano de aplicação da questão no ENEM. Esta situação representada na questão também foi discutida no experimento prático com a utilização da tábua de análise de circuitos, onde o aluno pode verificar as formas de ligações de lâmpadas, analisando circuitos em série e em paralelo e verificando a modificação de potência através da alteração do brilho das lâmpadas. Pela análise da questão, pode-se creditar a experimentação prática do produto o aumento no percentual de acerto e consequentemente na aprendizagem destes conceitos pelos alunos.

25. ENEM 2015 (adaptada)

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.

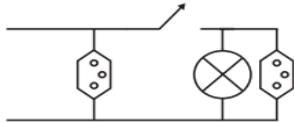
“O circuito deve ser tal que as tomadas e a lâmpada devem estar submetidas à tensão nominal da rede elétrica e a lâmpada deve poder ser ligada ou desligada por um interruptor sem afetar os outros dispositivos” — pensou.

Símbolos adotados:

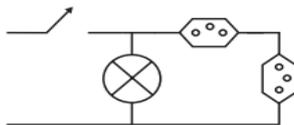
Lâmpada:  Tomada:  Interruptor: 

Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?

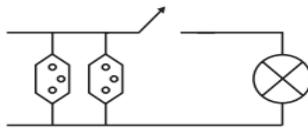
A. ()



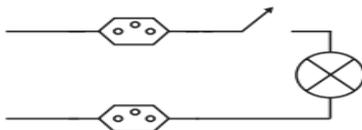
B. ()



C. ()



D. ()



Resposta	Frequência	Porcentagem	
A	9	7,83	
B	6	5,22	
* C	83	72,17	
D	17	14,78	



68% em Semelhantes - 2014

 Escola  Semelhantes

Dificuldade: Médio

Disciplina: Física

Habilidade: Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano - H5

Competência: C2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos

Conteúdos:

Física > Eletricidade > Eletrodinâmica > Circuitos

Nesta questão a média de acerto geral está em torno de 74% (La Salle) e 68% (Semelhantes), seu nível de dificuldade é médio e mostra uma equiparação dos resultados obtidos pela escola em comparação com os resultados das escolas semelhantes e das turmas anteriores da instituição. Nesta questão 72% dos alunos acertaram quando aplicada como pós-teste do produto educacional proposto.

CAPÍTULO 6 – COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES SOBRE O PRODUTO

Após a aplicação do pós-teste, e a comparação dos dados obtidos no pós-teste e pré-teste é possível observar que nos alunos que participaram da aplicação do produto houve uma compreensão e o aprofundamento dos conceitos a respeito de eletrodinâmica, principalmente nas questões que envolviam diretamente as relações práticas, tais como os sistemas de ligação de lâmpadas em série e paralelo e sistemas de acionamento com mais de um ponto de comando, que foram abordadas através das experiências propostas pelo professor utilizando a tábua de instalações de lâmpadas simulando uma instalação residencial. Os resultados obtidos apontam para uma possibilidade de ganho de aprendizagem, utilizando os recursos propostos no produto didático aqui apresentado.

Desta forma, acredita-se que o produto e as práticas experimentais propostas possam contribuir para o ensino do conteúdo de Eletrodinâmica dentro do Ensino de Física, uma vez que sugere uma abordagem diferenciada do assunto para a sala de aula, apresentando como elementos de circuitos, equipamentos e situações típicas de instalações elétricas presentes em sistemas residenciais, onde o aluno tem a oportunidade de observar e manusear tais equipamentos do circuito e alguns equipamentos de medição, como o voltímetro e o amperímetro.

Entretanto, para análises futuras, é sugerida uma nova formulação de pré-testes, utilizando questões mais objetivas, tais como questões de múltipla escolha ou de julgamento de itens, de forma há restringir um pouco mais o espaço amostral criado, pois a análise do pré-teste com questões subjetivas discursivas dificulta a análise dos resultados por não limitar as possibilidades de resposta que podem ser criadas pelos estudantes, se fazendo necessário um acoplamento das questões por grupos de respostas para fechar uma análise percentual de acertos, erros e justificativas.

Com este produto foi possível acompanhar a evolução conceitual dos alunos no que diz respeito a teoria eletrodinâmica ministrada no ensino médio, as aulas experimentais propostas em sala de aula se mostraram como uma ferramenta útil para a motivação dos estudantes, instigando o aluno a pensar na eletricidade não apenas do ponto de vista teórico mas também como algo a ser vivenciado no seu dia-a-dia. Acredita-se que essa motivação pode produzir, um ganho no processo ensino-aprendizagem, facilitando a compreensão da teoria e mostrando a aplicabilidade de conceitos aprendidos em sala de aula.

As aulas de laboratório são realmente necessárias, mas não suficientes, no processo de ensino e aprendizagem de Física. Porém, deve-se pensar em um laboratório que ofereça práticas interativas, que promova uma discussão didática e faça uma abordagem contextualizada dos conceitos, promovendo desta maneira a mediação dos conceitos populares e o conhecimento científico por meio da troca de informações entre alunos e professor. O laboratório deve auxiliar e facilitar ao estudante a concepção da Física como uma ciência que modifica a forma como se vê o mundo.

Para que a implementação das práticas laboratoriais seja feita de forma adequada, deve haver a preocupação da elaboração de um material didático adequado aos conceitos que se quer pesquisar, porém é fundamental que o professor, personagem condutor do processo didático, se convença que a prática didática, utilizando um laboratório não convencional, auxiliará o educador a realizar profundas mudanças na aprendizagem do aluno, criando no educando um espírito crítico e aguçando sua curiosidade para a pesquisa, estimulado pela proximidade das práticas com fenômenos do cotidiano.

Experimentos realizados com materiais de baixo custo, associados á instrumentação científica se mostram em perfeita harmonia e consonância com as propostas dos PCN, ao relacionarem os conceitos teóricos com as praticas de laboratório, eliminando a concepção do aluno de que a teoria Física não está alinhada com a prática. A elaboração de sequências didáticas que mesclam textos e aulas teóricas com atividades experimentais para os alunos do ensino médio gera uma melhora aprendizagem dos conceitos pelos alunos, servindo de incentivo e de exemplo para outras transposições didáticas em outros temas, seguindo esta metodologia.

Ainda, este trabalho também levanta como perspectiva a utilização de maneira não-convencional dos experimentos aqui utilizados, como um laboratório não-estruturado. No lugar de utilizar roteiros pré-estabelecidos sobre quais grandezas físicas serão determinadas, e como estas medidas serão efetuadas, em um laboratório não-convencional em um contexto no qual os alunos deverão identificar o roteiro do experimento após uma introdução teórica. Segundo esta proposta, é possível a aprendizagem não apenas do conteúdo e de conceitos relacionados aos temas aqui abordados, mas também da própria natureza da investigação científica. Finalmente, em particular ao utilizar a tábua de análise de circuitos, é possível mostrar aos alunos que a Lei de Ohm e as Leis de Kirchhoff para circuitos elétricos podem ser verificadas e/ou aplicadas diretamente à tábua de análise de circuitos e a outras instalações elétricas, tornando clara a conexão entre conceitos de elevada abstração (Leis de Ohm e

Kirchhoff) vistos em sala de aula com aplicações práticas. Cabe ressaltar que os modelos teóricos de circuitos elétricos não necessariamente representam componente por componente as instalações elétricas encontradas no cotidiano; porém, o uso da tábua de análise de circuitos permite aos alunos verificar que os valores obtidos experimentalmente batem com os valores teóricos calculados a partir do formalismo das Leis de Ohm e Kirchhoff para circuitos elétricos, contribuindo para enriquecer o ensino de conceitos altamente abstratos para os alunos.

Cabe ao professor, agente intermediador entre os signos e significados científicos e o conhecimento popular, propor atividades que transformem o laboratório didático em uma parte significativa do processo de ensino e aprendizagem, levando os estudantes a terem uma concepção mais apurada acerca dos fenômenos da natureza presentes em seu dia a dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arruda, S. M. (1993). METÁFORAS NA FÍSICA. *Depto. de Física UEL - Londrina PR; Instituto de Física USP - São Paulo SP*, Cad.Cat.Ens.Fís., Florianópolis, v.10,n.1: p.25-37, abr.1993.

BISQUOLO, P. A. (s.d.). *Resistência elétrica, resistividade e leis de Ohm*. Acesso em 23 de 01 de 2017, disponível em Educação: <http://educacao.uol.com.br/fisica/ult1700u46.jhtm>

Boff, C. A., Bastos, R. O., & Melquiades, F. L. (2017). Práticas experimentais no ensino de física nuclear utilizando material de baixo custo. *Departamento de Física – Universidade Estadual de Londrina - Paraná*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 236-247.

Borges, A. T. (2002). NOVOS RUMOS PARA O LABORATÓRIO ESCOLAR DE CIÊNCIAS. *Colégio Técnico da UFMG - Belo Horizonte MG*, Cad. Brás. Ens. Fís., v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.

Borges, A. T. (2002). NOVOS RUMOS PARA O LABORATÓRIO ESCOLAR DE CIÊNCIAS. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física v.19*, p.291-313.

Câmara, E. A. (2014). Ensino de Física - Dificuldades dos alunos de Ensino Médio. In: E. A. Câmara, *Investigação Qualitativa em Educação - Volume 1* (pp. 421 - 423). Paracatu-Minas Gerais: Atas CIAIQ.

Farias, C. S., Basaglia, A. M., & Zimmermann, A. (s.d.). A importância das atividades experimentais no Ensino de Química. *1º CPEQUI – 1º Congresso Paranaense de Educação Em Química*.

FORGAÇA, J. R. (s.d.). *Mundo Educação*. Acesso em 17 de 4 de 2017, disponível em Eletroquímica: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/eletroquimica.htm>

FRIGOTTO, G. (2004). Juventude, trabalho e educação no Brasil: perplexidades, desafios e perspectivas. *Fundação Perseu Abramo - São Paulo*.

GASPAR, A. (2014). *ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA: UMA NOVA VISÃO BASEADA NA TEORIA DE VIGOTSKI*. São Paulo: Ed. Livraria da Física.

GASPAR, A. (2005). INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIÊNCIAS - V10(2) - PP. 227-254.

GASPAR, A., & C., M. I. (2005). Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *UNESP-SP* .

GOMES, L. C. (2012). A ascensão e queda da teoria do calórico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* , v. 29, n.3: p. 1030-1073.

Griffiths, D. J. (terceira edição). *Introduction to Eledrodynamics*.

HALLIDAY, D. R. (2004). *Física 3, volume 2*. Rio de Janeiro: editora LTC.

Hewitt, P. G. (9º Edição). *Física Conceitual*.

INEP. (s.d.). *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira*. Acesso em 15 de 08 de 2016, disponível em Matrizes de Referência: <http://portal.inep.gov.br/educacao-basica/encceja/matrizes-de-referencia>

Laburú, C. E. (2005). SELEÇÃO DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: UMA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DA FALA DE PROFESSORES. *Investigações em Ensino de Ciências – V10(2)* , pp. 161-178.

Laburú, C. E., Barros, M. A., & Kanbach, B. G. (2007). A RELAÇÃO COM O SABER PROFISSIONAL DO PROFESSOR DE FÍSICA E O FRACASSO DA IMPLEMENTAÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO MÉDIO. *Investigações em Ensino de Ciências – V12(3)* , , pp.305-320.

Leite, L., & Esteves, E. (2005). ANÁLISE CRÍTICA DE ATIVIDADES LABORATORIAIS: UM ESTUDO ENVOLVENDO ESTUDANTES DE GRADUAÇÃO. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias V.4* .

MACHADO, A. H., & MORTIMER, E. F. (2007). *Química. Volume único*. São Paulo: Scipione.

Mahan, Bruce H. (1972). *Química - um curso universitário*. São Paulo: editora Edgard Blücher.

Maia, R. N., Caetano, R. R., & Marinho, F. (2016). Aspectos da teoria de Vigotski no processo de medição de grandezas físicas na universidade. *Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé - RJ; Universidade Federal de São Carlos – Campus Araras - SP*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 822 3, p. 822-838, dez. 2016.

McDermott, L. C.; Shaffer, P. S.; Constantinou, C. P. (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Physics Education*, vol. 35, n. 6, p. 71-85, 2000.

MEC. (1998). *BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio. MEC*. Acesso em 22 de 08 de 2016, disponível em CURRÍCULO EM MOVIMENTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS.: http://www.se.df.gov.br/images/pdf/curriculo_em_movimento/7-educacao%20de%20jovens%20e%20adultos.pdf

MOREIRA, M. (2015). *TEORIAS DA APRENDIZAGENS*. SÃO PAULO: ED. EPU 2ª EDIÇÃO.

Ohlweiler, Otto. A. (1981). *Fundamentos de Análise Instrumental*. Rio de Janeiro: editora LTC.

PASSOS, J. C. (2009). Os Experimentos de Joule e a Primeira Lei da Termodinâmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, p. 3603-1-3603-8.

PCN MEC, S. (2002). PCN, Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio. *Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio*.

Pena, F. L., & Filho, A. R. (2009). Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências vol. 9*.

PRYSMIAN. (s.d.). *PRYSMIAN – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS*. Acesso em 18 de 05 de 2016, disponível em HTTP://BR.PRYSMIANGROUP.COM/BR/FILES/MANUAL_INSTALACAO.PDF

Rosa, C. W. (2003). CONCEPÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS NO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA NA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.

SALVADOR, E., & USBERCO, J. (2014). *Conecte. Química. Volume Único*. São Paulo: Saraiva.

Séré, M.-G., Coelho, S. M., & Nunes, A. D. (2003). O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA FÍSICA. *DidaScO Université ParisXI - Orsay França; Faculdade de Física PUCRS - Porto Alegre RS*, Cad.Bras.Ens.Fís., v.20, n.1: 30-42, abr. 2003.

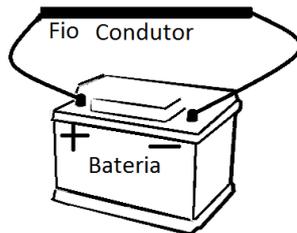
Skoog, D.; West, D. M.; Holler, F. J. (1996). *FUNDAMENTALS OF ANALYTICAL CHEMISTRY*. Orlando: Harcourt College Publishers, 7ª edição.

Villani, C. E., & Nascimento, S. S. (2003). A ARGUMENTAÇÃO E O ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO. *Investigações em Ensino de Ciências – V8(3)*, pp. 187-209.

ANEXOS

ANEXO I - PRÉ-TESTE - 01

Questão 01 – Um fio condutor é conectado aos terminais de uma bateria, conforme a figura abaixo.



- Qual a orientação do campo elétrico estabelecido no fio condutor?
- Que tipos de partículas se movimentarão no fio condutor?
- Qual o conceito de corrente elétrica, observando o modelo de ligação da figura?
- Qual será o sentido convencional da corrente elétrica?

Questão 02 – A respeito da corrente elétrica responda os itens a seguir.

- Quais as condições necessárias para se estabelecer uma corrente elétrica?
- Qual é a unidade de medida de corrente elétrica pelo Sistema Internacional (S.I.)?
- Quais são as partículas portadoras de carga elétrica em um condutor sólido?
- Quais são as partículas portadoras de cargas elétricas em condutores líquidos e gasosos?
- Os prótons e nêutrons podem ser considerados como portadores de carga em uma corrente elétrica? Porque?

Questão 03 – Cite três exemplos de ocorrência de corrente elétrica e seus efeitos dentro dos exemplos citados.

Exemplo 01

Exemplo 02

Exemplo 03

Questão 04 – Observando uma tomada residencial padrão em Brasília verificaremos que ele é uma tomada de 220 volts e 60 Hz.

- a) Quais são as grandezas físicas que estão sendo comentadas?
- b) O que elas representam na instalação elétrica?
- c) Qual a diferença entre a tomada de uma instalação residencial e uma bateria de um carro?
- d) O que é corrente contínua e corrente alternada?

Questão 05 – Em alguns estados brasileiros as tomadas são de 110 volts, em outros, 220 volts. Comparando uma Lâmpada 01 (110 volts – 60 watts) com uma Lâmpada 02 (220 volts – 60 watts), responda:

- a) Qual a lâmpada que consumirá mais energia elétrica da rede de distribuição?
- b) Qual a lâmpada que será percorrida por uma corrente elétrica maior?
- c) O que ocorrerá se ligarmos a lâmpada 01 em uma tomada de 220 volts?
- d) O que ocorrerá se ligarmos a Lâmpada 02 em uma tomada de 110 volts?

ANEXO II - PRÉ-TESTE - 02

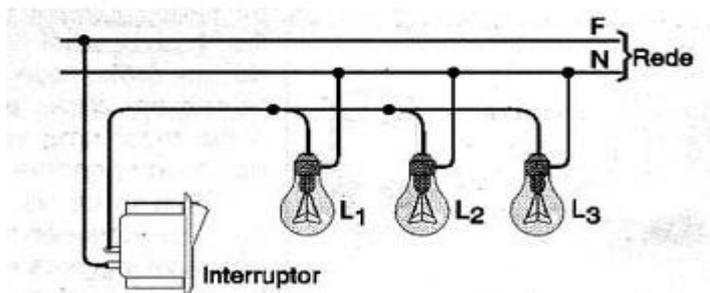
Questão 01 - Sobre aparelhos elétricos ligados a sistema de instalação elétrica responda.

- O que é uma resistência elétrica?
- Como o ferro de passar roupa funciona?
- Comparando um chuveiro elétrico, um ferro de passar roupa e uma lâmpada, qual consome mais energia elétrica e qual consome menos energia elétrica?
- Quando mudamos a chave de controle do chuveiro (verão – inverno) estamos modificando qual parâmetro físico do aparelho?

Questão 02 - Associe as grandezas físicas as suas respectivas unidades de medida:

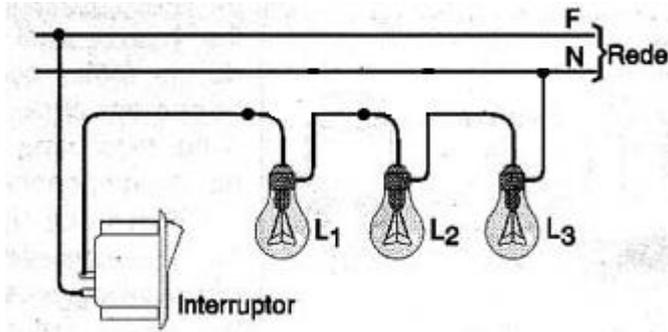
- | | | |
|----------------------|-----|----------------------|
| a) ENERGIA | () | quilowatt (kW) |
| b) POTÊNCIA | () | volt (V) |
| c) VOLTAGEM | () | ampère (A) |
| d) CORRENTE ELÉTRICA | () | joule (J) |
| e) RESISTÊNCIA | () | quilowatt-hora (kWh) |
| | () | watt (W) |
| | () | ohm (Ω) |

Questão 03 - Ligando três lâmpadas idênticas $L_1 = L_2 = L_3 = (60 \text{ W} - 220\text{V})$ em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:



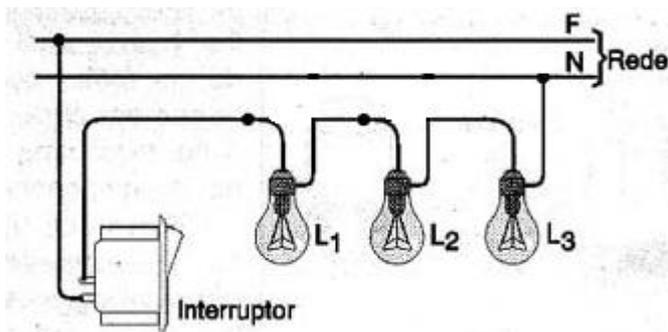
- Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?
- Se a lâmpada do meio (L_1) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?
- Se a lâmpada do meio (L_3) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?
- Se fossemos substituir as três lâmpadas por uma única, qual deverá ser a especificação da lâmpada utilizada na substituição?

Questão 04 - Ligando três lâmpadas idênticas $L_1 = L_2 = L_3 = (60 \text{ W} - 220\text{V})$ em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:



- Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?
- Se a lâmpada do meio (L_1) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?
- Se a lâmpada do meio (L_3) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?
- Se fossemos substituir as três lâmpadas por uma única, qual deverá ser a especificação da lâmpada utilizada na substituição?

Questão 05 - Ligando três lâmpadas idênticas $L_1 = (40 \text{ W} - 220\text{V})$, $L_2 = (60 \text{ W} - 220\text{V})$ e $L_3 = (100 \text{ W} - 220\text{V})$ em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:

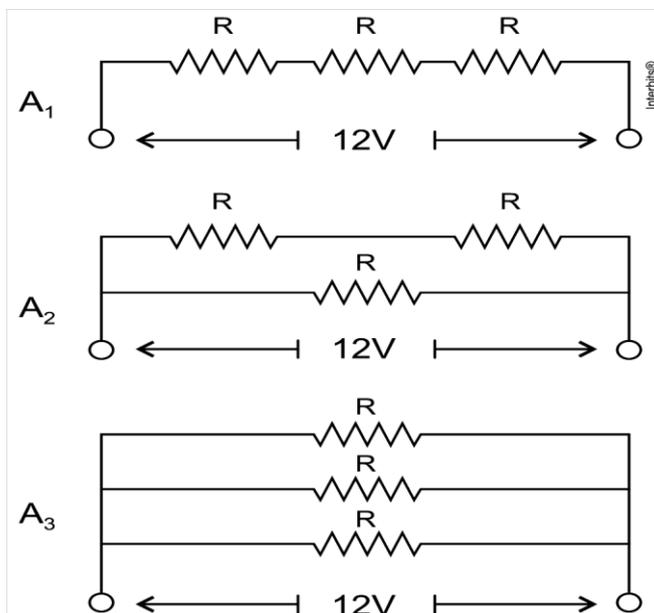


- Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?
- Qual lâmpada apresentará um brilho mais intenso? E qual brilhará com menor intensidade?

ANEXO III - PÓS-TESTE

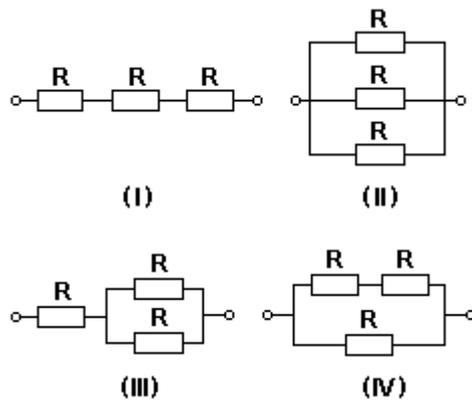
QUESTÕES

(Uem-pas 2016) Três resistores, de mesmas características, são colocados em série e esse arranjo A_1 é submetido a uma tensão de 12 V. Nessas condições, observa-se que o conjunto dissipa 3 W. Um dos resistores é retirado e colocado em paralelo com outros dois remanescentes, configurando o arranjo A_2 , que também é submetido a 12 V. Finalmente, os três resistores são colocados em paralelo formando o arranjo A_3 sujeito a 12 V.



- 1.(C)(E) A resistência equivalente no arranjo A_1 é 48Ω .
- 2.(C)(E) A corrente total que passa pelo arranjo A_2 é de aproximadamente 0,2 A.
- 3.(C)(E) O arranjo A_2 dissipa aproximadamente 1,2 W.
- 4.(C)(E) A corrente total que passa pelo arranjo A_3 vale 1,0 A.
- 5.(C)(E) As potências dissipadas nos três arranjos satisfazem $P_{A_1} < P_{A_2} < P_{A_3}$.

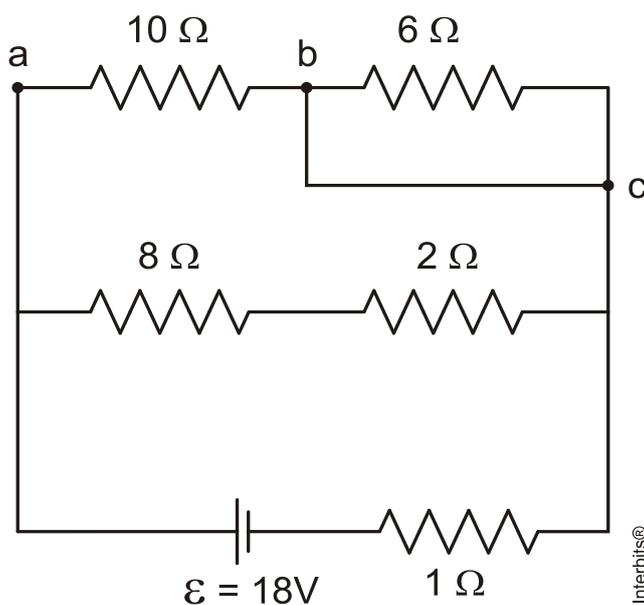
(Ufal 1999) Considere as associações de três resistores iguais, representados a seguir.



Analise as afirmações que seguem.

- 6.(C)(E)** A associação com maior resistência equivalente é a I.
- 7.(C)(E)** A associação com menor resistência equivalente é a II. .
- 8.(C)(E)** Se todas as associações forem percorridas pela mesma corrente total, a que dissipará maior potência será a I. .
- 9.(C)(E)** Se todas as associações forem submetidas a mesma ddp, a que dissipará maior potência será a II.
- 10.(C)(E)** A resistência equivalente da associação (III) é igual à da associação (IV)

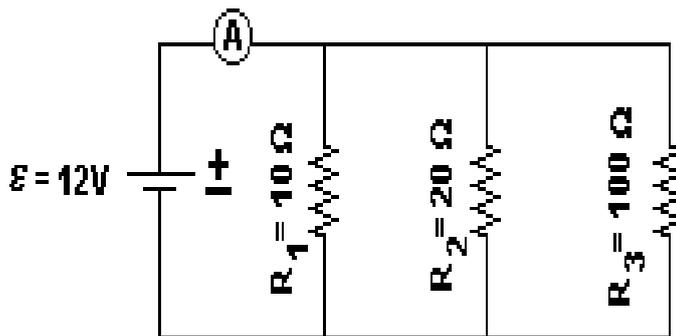
(Upe 2011) No circuito elétrico a seguir, considere um gerador de diferença de potencial igual a $\varepsilon = 18V$ e resistência interna igual a 1Ω . As resistências dos condutores de alimentação são desprezíveis.



Analise as afirmativas a seguir e conclua.

- 11.(C)(E) A resistência equivalente entre os pontos **a** e **c** do circuito vale 5Ω .
- 12.(C)(E) A corrente elétrica que circula no gerador tem intensidade igual a 3A.
- 13.(C)(E) A potência dissipada pelo resistor colocado entre os pontos **a** e **b** do circuito (10 ohms) é igual à soma da potência dissipada pelos resistores colocados entre os pontos **a** e **c** do circuito (**8 ohms e 2 ohms**).
- 14.(C)(E) A diferença de potencial elétrico entre os pontos **a** e **c** vale 18 V.
- 15.(C)(E) A resistência equivalente de todo o circuito vale 27 ohms.

(Uepg 2001) Sobre as diferentes intensidades de corrente que são possíveis no circuito a seguir, conforme os resistores que se encontrem conectados a ele, assinale as afirmativas em correto (C) ou errado (E).

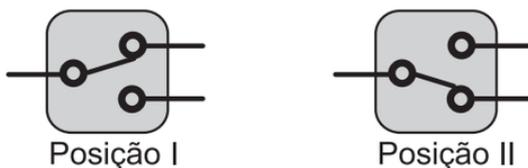


- 16.(C)(E) Estando conectados ao circuito apenas R_1 e R_3 , a intensidade da corrente, indicada no amperímetro, é 0,6 A.
- 17.(C)(E) Estando conectado ao circuito apenas R_1 , a intensidade da corrente é 1,2 A.
- 18.(C)(E) Estando conectados ao circuito R_1 , R_2 e R_3 , a intensidade da corrente, indicada no amperímetro, é 1,92 A.
- 19.(C)(E) R_1 , R_2 e R_3 impõem ao circuito uma intensidade de corrente igual a 0,09 A.
- 20.(C)(E) Estando conectados ao circuito apenas R_1 e R_2 , eles lhe impõem uma intensidade de corrente, indicada no amperímetro, igual a 1,8 A.

21. ENEM 2012 (adaptada)

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,

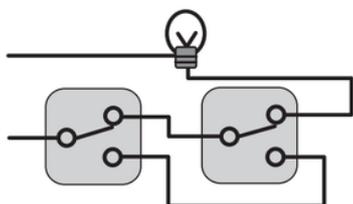
conforme mostrado nas figuras de um mesmo interruptor. Na Posição I a chave conecta o polo ao terminal superior, e na Posição II a chave o conecta ao terminal inferior.



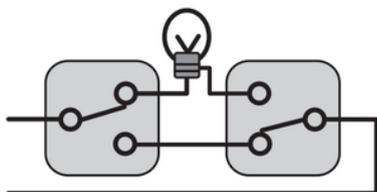
(Questão 73 do Enem 2012 - Foto: Reprodução Enem)

O circuito que cumpre a finalidade de funcionamento descrita no texto é:

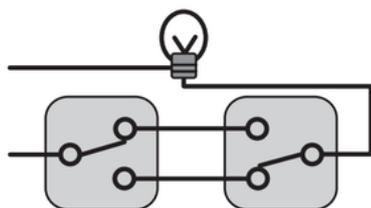
A. ()



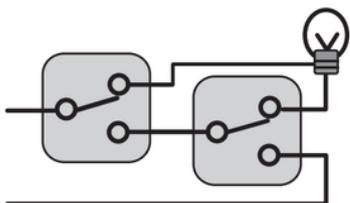
B. ()



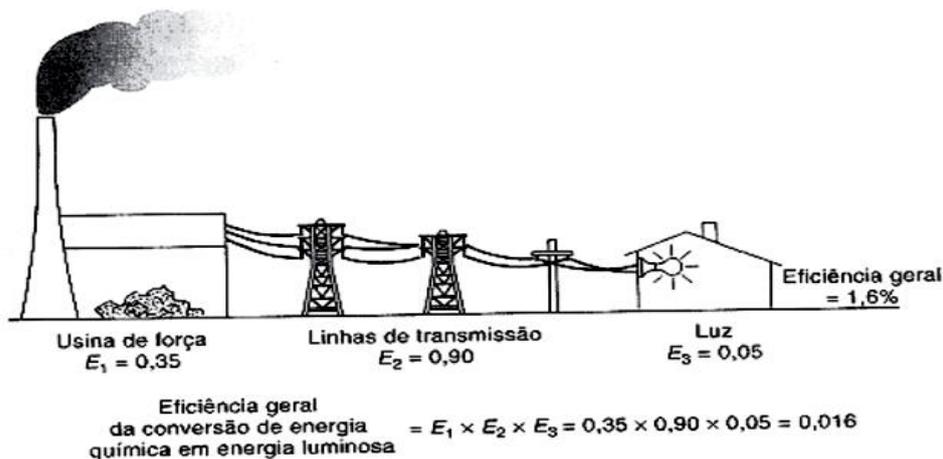
C. ()



D. ()



A eficiência de um processo de conversão de energia é definida como a razão entre a produção de energia ou trabalho útil e o total de entrada de energia no processo. A figura mostra um processo com diversas etapas. Nesse caso, a eficiência geral será igual ao produto das eficiências das etapas individuais. A entrada de energia que não se transforma em trabalho útil é perdida sob formas não utilizáveis (como resíduos de calor).



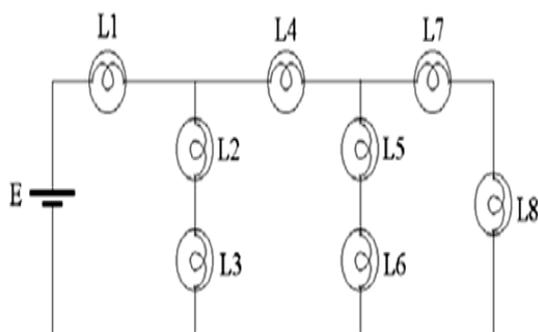
(HINRICHS, R. A. Energia e Meio Ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado). (Foto: Reprodução/Enem)

Aumentar a eficiência dos processos de conversão de energia implica economizar recursos e combustíveis. Das propostas seguintes, qual resultará em maior aumento da eficiência geral do processo?

- A.() Utilizar lâmpadas incandescentes, que geram pouco calor e muita luminosidade.
- B.() Aumentar a quantidade de combustível para queima na usina de força.
- C.() Utilizar cabos com menor diâmetro nas linhas de transmissão a fim de economizar o material condutor
- D.(). Utilizar materiais com melhores propriedades condutoras nas linhas de transmissão e lâmpadas fluorescentes nas moradias.

23. ENEM 2009 (adaptada)

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.



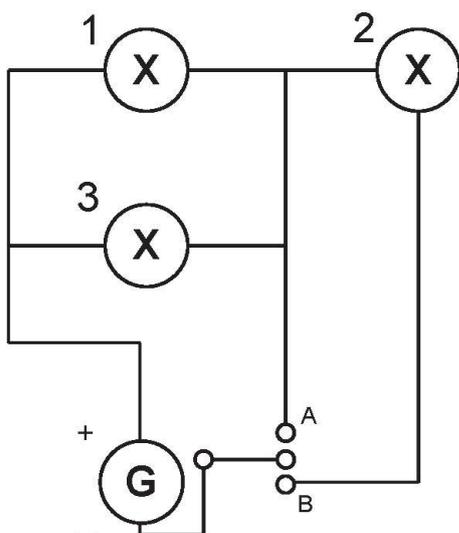
Circuito com bateria (Foto: Reprodução/ENEM)

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.

24. ENEM 2014 (adaptada)

Um sistema de iluminação foi construído com um circuito de três lâmpadas iguais conectadas a um gerador (G) de tensão constante. Esse gerador possui uma chave que pode ser ligada nas posições A ou B.



Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

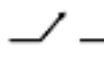
- A. () A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.
 B. () A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.
 C. () B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.
 D. () B, pois a potência total será maior nesse caso.

25. ENEM 2015

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

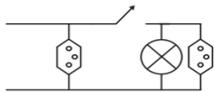
“O circuito deve ser tal que as tomadas e a lâmpada devem estar submetidas à tensão nominal da rede elétrica e a lâmpada deve poder ser ligada ou desligada por um interruptor sem afetar os outros dispositivos” — pensou.

Símbolos adotados:

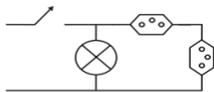
Lâmpada:  Tomada:  Interruptor: 

Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?

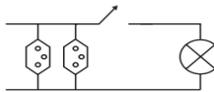
- A. ()



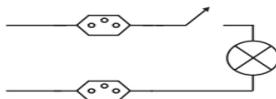
- B. ()



- C. ()



- D. ()





UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

EM ENSINO DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA AULAS EXPERIMENTAIS VOLTADAS
AO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS.**

André Chaul Gonçalves

Professora Orientadora:
Dr^a Adriana Pereira Ibaldo

BRASILIA –DF

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

A minha esposa Fernanda Berg e minha filha Maria Rita que acompanharam todo este processo, por todo apoio, carinho e compreensão.

Ao meu pai Marco Aurélio e minha mãe Sandra Maria por me incentivarem e me apoiarem sendo responsáveis pela minha educação e formação pessoal.

Aos professores (as) do Instituto de Física da UnB,

A orientadora Adriana Pereira Ibaldo pela valiosa contribuição no percurso deste projeto.

Aos colegas de turma pela troca de experiências

Em especial ao colega e professor José Alex, que foi um verdadeiro parceiro nesta jornada.

Aos colegas professores, coordenadores e diretores do colégio La Salle de Águas Claras, pela compreensão.

Aos alunos pela colaboração na implementação do projeto.

A CAPES pelo auxílio financeiro.

Todos foram de extrema importância no processo de realização desse projeto.

“Viver é enfrentar um problema atrás do outro. O modo como você o encara é que faz a diferença.”
(Benjamin Franklin)

SUMÁRIO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA AULAS EXPERIMENTAIS VOLTADAS AO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS.	153
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	157
CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS E PROPOSTA DO TRABALHO	158
2.1 - Proposta do trabalho	158
2.2 - Objetivo	158
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E PRODUTO	160
3.1 – PRODUTO EDUCACIONAL.....	161
Aplicação do pré-teste 1	162
AULA 01 – Corrente elétrica.....	162
AULA 02 - Experimento sobre Condutores e Isolantes	165
AULA 03 – Efeitos da Corrente Elétrica.....	170
AULA 04 - Leis de Ohm e resistores elétricos	179
Aplicação do segundo pré-teste 02	180
AULA 05 - Associação de Resistores.....	181
AULA 06 – Medidas elétricas de corrente e tensão em circuitos resistivos.....	181
AULA 07 - Instalação de lâmpadas e múltiplos sistemas acionadores (interruptores) – análise prática da resistência elétrica e das associações de resistores.	183
SISTEMA 01 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR SIMPLES	188
AULA 08 – Associação de resistores em paralelo	190
SISTEMA 02 - LIGAÇÃO EM PARALELO	190
AULA 09 – Associação de resistores em série.....	191
SISTEMA 03 - LIGAÇÃO EM SÉRIE.....	191
AULA 10 – Sistema de acionamento por mais de um ponto e acionamento automático (sensor LRD - fotocélula).....	193
SISTEMA 04 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTORES THREE-WAY.....	193
SISTEMA 05 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR INTERMEDIÁRIO.....	194
SISTEMA 06 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR FOTOSSENSÍVEL.....	196
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	198
ANEXOS	199
ANEXO I - PRÉ-TESTE – 01	199
ANEXO II - PRÉ-TESTE – 02.....	201
ANEXO III - PÓS-TESTE	203

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A utilização de experimentos em aulas de circuitos elétricos no ensino de eletrodinâmica consiste em uma ferramenta importante e eficaz de ensino. Quando elaborados visando à aprendizagem de conteúdos, um experimento tem potencial para tornar-se uma importante e eficaz ferramenta de aprendizagem, apresentando grande capacidade para despertar o interesse dos alunos pelo conteúdo que se deseja ministrar, principalmente porque abordam esses conceitos dentro de um ambiente prático e lúdico, propício a uma melhor aprendizagem, auxiliando desta maneira as aulas teóricas e a assimilação de conteúdo por parte dos estudantes.

O produto educacional proposto nesta dissertação busca um resgate das aulas experimentais, investigando a sua importância como ferramenta no ensino e aprendizagem da física no ensino médio, na análise de circuitos elétricos resistivos. A proposta sugerida no presente trabalho utiliza não apenas aulas expositivas e laboratoriais e instrumentos de laboratório controlados, mas também as experiências mais simples, focando mais na busca de conceitos e análise de fenômenos por meio de sistemas de baixo custo, mostrando a física em sua aplicação cotidiana, analisando desta maneira seu potencial na aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica.

Este produto educacional e a sequência didática sugerida servem como uma orientação para os docentes que desejarem aplica-lo em suas aulas. As aulas sugeridas devem ser adequadas de acordo com a realidade de cada instituição de ensino e ao plano de aula do professor, sendo uma sugestão de aplicação que deve respeitar a individualidade de ação de cada docente.

CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS E PROPOSTA DO TRABALHO

2.1 - Proposta do trabalho

Os conceitos vistos em Eletricidade, em particular corrente elétrica, resistência elétrica e circuitos, costumam ser vistos pelos alunos como abstratos e distantes de seu cotidiano. A abordagem destes tópicos é frequentemente realizada por meio de aulas expositivas teóricas; entretanto, aulas experimentais podem complementar as aulas teóricas de maneira concreta e lúdica. Ao promover a experimentação em sala de aula, os alunos têm a oportunidade de verificar, testar e medir aqueles conceitos vistos apenas teoricamente, identificar associações de resistores e outros componentes em malhas, bem como simular malhas que representem uma instalação elétrica residencial.

O presente trabalho surgiu da tentativa de aumentar o interesse dos alunos pelos temas corrente elétrica, resistência e circuitos elétricos, simultaneamente a aprofundar a compreensão ao tornar os temas menos abstratos por meio da utilização de experimentos no tema em sala de aula, com referência às aulas práticas, abordando sistemas de instalação residencial com o intuito de desenvolver uma sequência didática de aulas experimentais motivadoras para a 3ª série do ensino médio.

Nesta perspectiva pretende-se construir e utilizar nas aulas experimentais, uma bancada de instalação elétrica sobre madeira, com possibilidades de ligações de lâmpadas incandescentes em série, paralelo e mista, além de sistemas de comandos por interruptores utilizando sistemas de acionamento por múltiplos pontos e acionamentos automáticos; desenvolver experimentos junto aos alunos para aferição qualitativa da condutividade elétrica de alguns materiais, além da possibilidade de verificação de alguns dos fenômenos ou efeitos provenientes da eletricidade, como o efeito Joule, efeito magnético, efeito luminoso. Através dos experimentos propostos realizar a aferição qualitativa e quantitativa de sistemas elétricos resistivos utilizando materiais de instalação elétrica residencial, implementando circuitos simples, ligações em série e em paralelo de resistores, sistemas de múltiplos acionamentos de lâmpadas e utilização de sensores automatizados para acionamento de lâmpadas, visando o baixo custo e a compreensão da corrente elétrica e suas aplicações.

2.2 - Objetivo

Apresentar uma relação entre a física teórica e sua aplicação prática no cotidiano por meio da construção de uma sequência didática de aulas experimentais e teóricas sobre corrente elétrica, seus efeitos e sua aplicação em circuitos elétricos resistivos, utilizando

materiais de baixo custo para a confecção das práticas realizadas em sala e aulas expositivas teóricas, fazendo uma abordagem do conteúdo de circuitos resistivos qualitativa e quantitativamente

Ainda como objetivos específicos deste trabalho é possível elencar os objetivos a seguir:

- Aferir qualitativamente a condutividade elétrica de alguns materiais e verificar os efeitos da corrente elétrica.
- Analisar sistemas de instalação elétrica e associação de resistores, utilizando lâmpadas incandescentes e sistemas de comandos por interruptores variados.
- Construir e utilizar uma bancada de instalação elétrica sobre madeira, com possibilidades de ligações de lâmpadas incandescentes em associações em série, paralelo e mista, além de sistemas de comandos por interruptores utilizando sistemas de acionamento por múltiplos pontos e acionamento automático.
- Realizar a aferição qualitativa e quantitativa de sistemas elétricos resistivos utilizando materiais de instalação elétrica residencial, implementando circuitos simples, ligações em série e em paralelo de resistores, sistemas de múltiplos acionamentos de lâmpadas e utilização de sensor automatizado para acionamento de lâmpadas, visando a compreensão da corrente elétrica e suas aplicações.
- Analisar a possibilidade de melhora do conhecimento e aprendizagem no ensino de circuitos elétricos com a utilização dos experimentos propostos.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E PRODUTO

A intenção do produto apresentado é criar todo o aparato teórico e experimental para o professor, utilizando experimentos didáticos para o ensino de circuitos elétricos. Os experimentos aqui propostos foram confeccionados com materiais de baixo custo de fabricação, minimizando os custos. Ao propor a utilização de matérias de baixo custo, estende-se a possibilidade do aluno replicar os experimentos propostos em suas próprias residências, como motivadores para a educação de toda família, em uma etapa de expansão de conhecimento adquirido. A experimentação tem também a finalidade de aproximar a simbologia utilizada em circuitos elétricos com a realidade do estudante, mostrando que os circuitos elétricos estudados em eletrodinâmica estão presentes nas instalações elétricas residenciais e que pode-se modelar equipamentos como aquecedores, lâmpadas incandescentes, ferro de passar, entre outros com a simbologia dos resistores, criando desta maneira um maior significado para os símbolos utilizados nesta parte da física.

Para análise do conhecimento prévio, foi aplicado um teste de conhecimento, pré-teste, sobre eletricidade e seus efeitos, levantando desta maneira o conhecimento inicial do aluno sobre este assunto. Após aplicação do pré-teste, as aulas introdutórias sobre corrente elétrica foram ministradas com o auxílio dos aparatos experimentais propostos no produto, de forma interativa, onde os alunos, supervisionados pelo professor, poderão testar vários elementos e sua condutividade, tais como: água, água com sal ou açúcar, metais, madeira, óleo, borracha, grafite, detergente. Além deste experimento, será disponibilizado também práticas laboratoriais para verificar o efeito Joule sobre condutores, efeito magnético da corrente elétrica (motor elétrico), efeito luminoso (funcionamento das lâmpadas fluorescentes).

As aulas sobre sistemas elétricos resistivos foram acompanhadas de práticas realizadas com os estudantes e utilização de bancadas para análise de sistemas resistivos ligados em série, em paralelo e misto, utilizando lâmpadas incandescentes como resistores, disponibilizando ainda medições de tensões e correntes elétricas para aferir valores de potência elétrica dos equipamentos ligados e seu funcionamento nas situações propostas.

Ao final deste conjunto de aulas foi ministrado um teste para verificar o conhecimento adquirido pelos alunos. Foram utilizados para elaboração do pós-teste, questões já aplicadas pelo Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM), disponibilizadas na plataforma +ENEM. A plataforma +ENEM (<https://maisenem.meritt.com.br/>) possui um banco de dados com os resultados de todas as questões do ENEM respondidas por alunos de todas as instituições da região, incluindo a instituição na qual o produto foi aplicado.

3.1 – PRODUTO EDUCACIONAL

O produto consiste em uma sequência didática de 10 aulas, composta por aulas expositivas teóricas e aulas experimentais utilizando aparatos fabricados a partir de materiais acessíveis ou reutilizados ministradas, recursos multimídia e quadro branco. Foram abordados os seguintes temas:

- Conceito de corrente elétrica.
- Diferença entre corrente alternada e corrente contínua.
- Diferença entre materiais condutores e isolantes.
- Efeitos da corrente elétrica (efeito luminoso, efeito Joule, efeito magnético, efeito fisiológico).
- Associação de resistores (associação em série, associação em paralelo, associação mista).
- Cálculo da energia elétrica consumida em unidades residenciais.
- Acionamento de lâmpadas por mais de um comando (sistema three-way e sistema four-way).
- Sensores de acionamento de lâmpadas por fotocélula.

Cada aula abordará um dos conteúdos acima de forma teórica, sendo a prática uma complementação para a aprendizagem, utilizada em determinados momentos conforme o assunto que será abordado, sendo descrito para o professor os seguintes tópicos:

- Objetivo da aula
- Questões motivadoras para a aula
- Abordagem teórica do conteúdo a ser ministrado
- Experimento prático a ser realizado
- Roteiro do experimento
- Questões para serem resolvidas em casa e discutidas na próxima aula

Conforme o andamento das atividades propostas, as aulas descritas poderão ser divididas em mais de um encontro, de acordo com a necessidade do professor e da compreensão dos assuntos ministrados pelos estudantes.

Aplicação do pré-teste 1

Antes de iniciar a sequência didática referente ao produto educacional proposto nesta dissertação foi aplicado um pré-teste (ANEXO I) com o intuito de analisar os conhecimentos prévios dos alunos. Com base nos dados obtidos no pré-teste pode-se fazer uma abordagem mais direcionada sobre determinados tópicos do produto, levando em consideração os pontos de maiores erros e acertos do pré-teste. Ao final da aplicação do produto os alunos foram avaliados em um pós-teste.

AULA 01 – Corrente elétrica

OBJETIVO

Introduzir o conceito de corrente elétrica, caracterizando a corrente em circuitos elétricos. Demonstrar o sentido convencional da corrente e o sentido real. Abordar a definição matemática de corrente elétrica. E definir qualitativamente, do ponto de vista microscópico, como se processa o movimento dos portadores de carga responsáveis pela corrente elétrica em metais e outros meios materiais. Definir corrente contínua e corrente alternada e enunciar o princípio de conservação da carga aplicada a circuitos elétricos (lei dos nós de Kirchhoff).

QUESTÕES MOTIVADORAS

Por que passarinhos pousam em fios de alta tensão e não morrem eletrocutados?

Se o chuveiro elétrico é ligado na tomada, por que não tomamos choque quando estamos tomando banho?

Porque não tomamos choques ao manipularmos uma bateria ou pilha?

Qual a diferença entre uma pilha e a tomada residencial?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

É interessante que o professor nesta aula comente sobre os assuntos abaixo relacionados, tendo como foco a teoria aplicada ao cotidiano para que o aluno, ao final da explicação consiga retornar as questões motivadoras e responde-las adequadamente.

Conceitos a serem trabalhados:

- Corrente elétrica
- Diferença de potencial ou tensão elétrica.

- Movimentação de cargas no condutor (elétrons livres ou íons).
- Descargas atmosféricas e linhas de transmissão para distribuição de energia elétrica
- Sentido real e sentido convencional da corrente elétrica.

Observação: o sentido convencional da corrente é utilizado em análise de circuitos elétricos e toda vez que for mencionado termo corrente elétrica será relacionado ao sentido da corrente convencional, fluindo do terminal positivo de um gerador em direção ao terminal negativo do mesmo, atravessando o condutor, como de acordo com a figura 1.

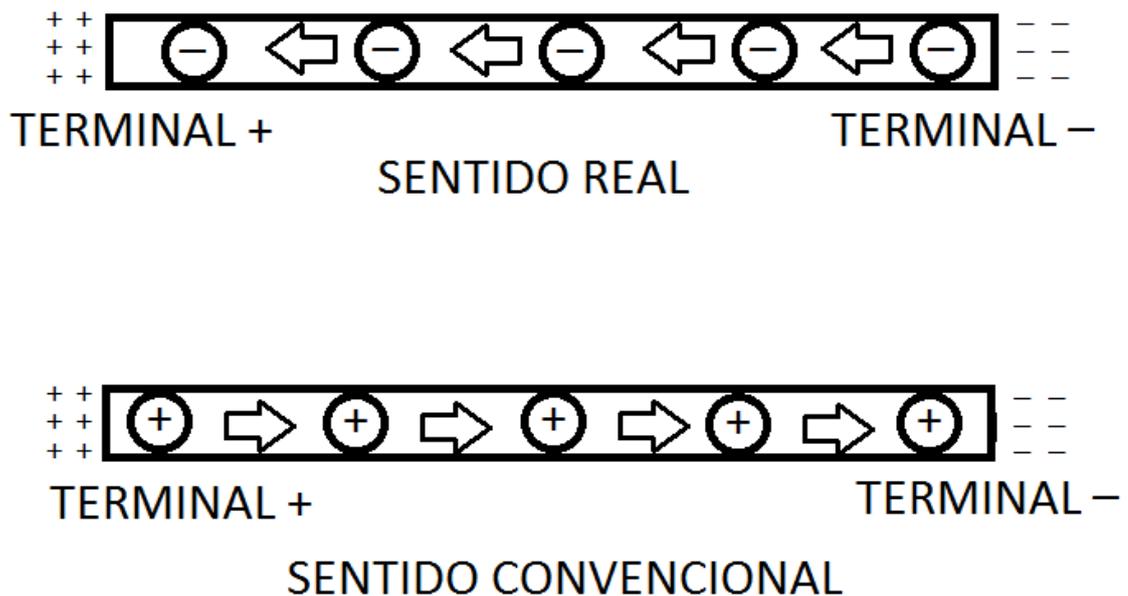


Figura 1 - Sentido da corrente convencional e corrente real - imagem própria

- Corrente elétrica em meios materiais diferentes (sólido, líquido, gasoso).
- Intensidade da corrente elétrica (i), podendo apresentar ao estudante a equação 1:

$$i = \frac{Q}{\Delta t} \left[\frac{\text{coulomb}}{\text{segundo}} \right]$$

Equação 8 - Corrente elétrica

i = corrente elétrica [A]

Q = quantidade de carga elétrica [C]

Δt = intervalo de tempo [s]

Onde a carga total que passa pela seção transversal de um condutor pode ser calculada por meio da equação 2.

$$Q = n \cdot e$$

Equação 9 - Quantidade de carga elétrica

Onde:

n = quantidade de elétrons livres que atravessam a secção transversal

e = carga elétrica elementar = $1,6 \cdot 10^{-19} C$

- Tipos de correntes elétrica, classificando-a em corrente contínua, denominada de C.C ou D.C. (exemplo: pilhas, baterias, carregadores de celulares) e corrente alternada, denominada de C.A ou A.C. (exemplo: corrente elétrica residencial)

Graficamente pode-se demonstrar esta diferença como representado na figura 2.

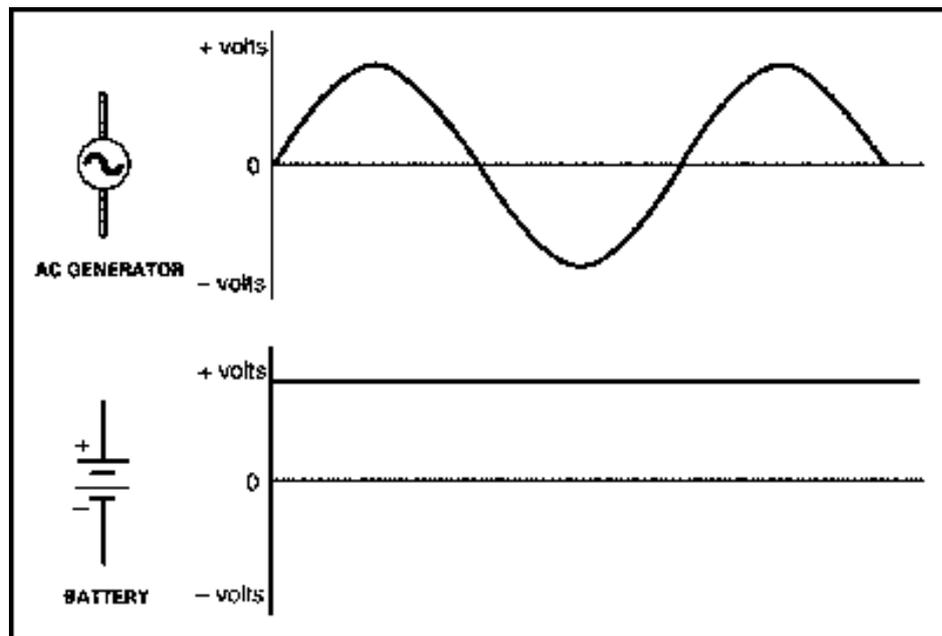


Figura 2 - Gráfico da tensão versus tempo da diferença entre corrente contínua e alternada.

- Continuidade da corrente elétrica em um condutor ligado aos terminais de uma fonte geradora de eletricidade. Reforçando que se no caminho de condução os portadores de cargas se depararem com uma derivação (bifurcação no sistema condutor), também chamada de nó, a corrente elétrica total de entrada no nó será igual à soma das correntes elétricas que seguirão pelos caminhos criados, conforme representado na figura 3. Pode-se chamar esta propriedade de continuidade da corrente elétrica ou Lei dos Nós de Kirchhoff para circuitos elétricos.

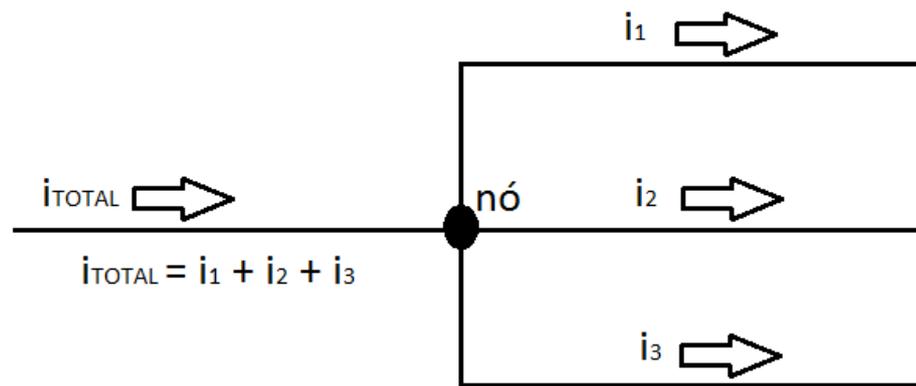


Figura 3 - Continuidade da corrente elétrica - imagem própria

ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.

AULA 02 - Experimento sobre Condutores e Isolantes

OBJETIVO

Verificar junto aos alunos a capacidade de condução elétrica de vários materiais, classificando-os em bons condutores, maus condutores e isolantes elétricos, 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?

Como realizar a ligação de um equipamento elétrico?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Convém ao professor orientar os alunos sobre a capacidade de condutividade de corrente elétrica dos materiais, classificando-os como condutores elétricos ou isolantes elétricos. No intuito de esclarecer aos alunos o que são materiais condutores e materiais isolantes, será proposto uma prática experimental, onde o aluno ou grupo de alunos receberão uma folha contendo o nome de vários materiais do cotidiano para classificá-los em bons condutores, maus condutores ou isolantes elétricos. Pode-se também realizar um

levantamento das características de condução ou isolamento elétrico através de votação em sala com uma única tabela projetada ou desenhada no quadro da sala.

Essa atividade pode ser aplicada após uma explicação sobre corrente elétrica e suas formas de condução de eletricidade, deixando-os com curiosidade para experimentação. Após a prática, verifica-se a pontuação dos alunos para definir qual o percentual de acertos e erros, seguindo com uma discussão em sala, agora mais aprofundada, sobre condutividade elétrica, resistência elétrica dos materiais, isolamento elétrico.

ATIVIDADE PRÁTICA

Montagem da tábua de análise dos materiais, onde será ligado um sistema com disjuntor diferencial residual (DR), para evitar possíveis acidentes com choque elétrico, em série com um interruptor simples para controle liga-desliga da corrente e também em série com uma lâmpada incandescente que permitirá, por meio do seu brilho, estabelecer de forma qualitativa, uma análise da condutividade ou resistividade do material a ser estudado. Este sistema em série com um sistema de fios conectados de modo a permitir a ligação de vários materiais em suas extremidades, conforme ilustrada na figura 4 e no diagrama esquemático da figura 5.

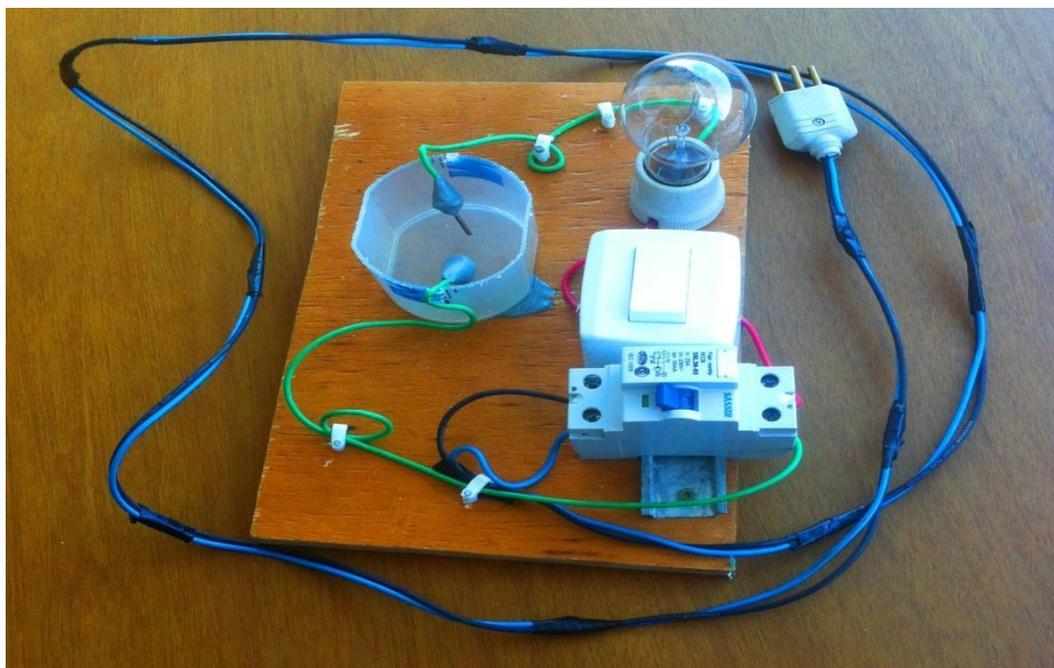


Figura 4 - - Modelo do sistema de ligação para verificação de condutores e isolantes – foto própria.

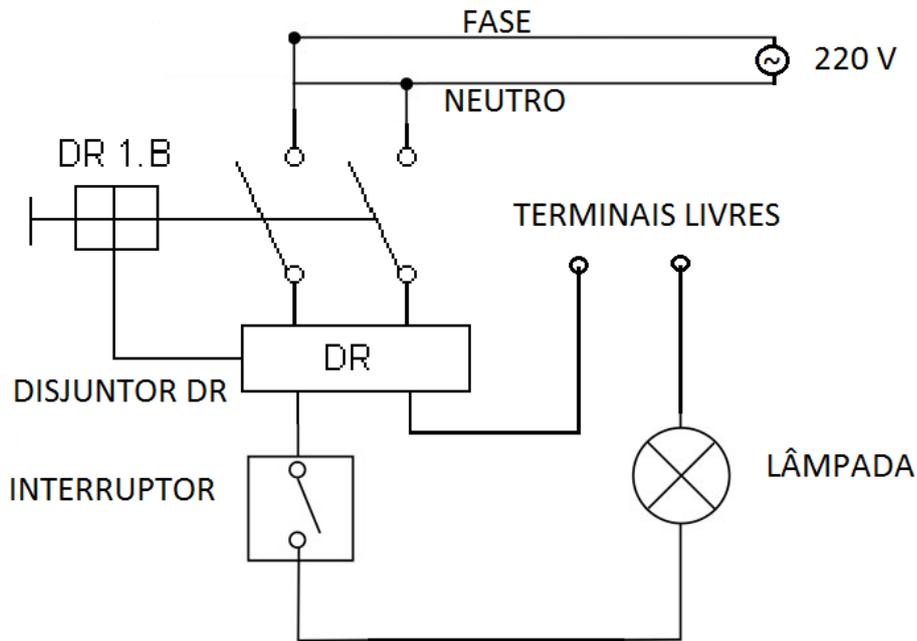


Figura 5 - - Circuito equivalente ligação para verificação de condutores e isolantes – imagem própria.

Na figura 4 e 5 é exibida a foto e o circuito equivalente do modelo da tábua utilizada para análise dos circuitos confeccionada com a ideia de implementação utilizando materiais reutilizados, sem a necessidade de compra, montado com os próprios alunos. O circuito da figura 5 permite analisar a condutividade dos materiais. Importante lembrar que por questão de segurança recomenda-se a utilização de um disjuntor diferencial residual (DR) como proteção de choques elétricos. As ligações deverão ser realizadas sempre pelo professor, com circuito desligado, utilizando como elementos para conexão entre os contatos elétricos os materiais propostos na ficha entregue aos alunos, que previamente deverão ser providenciados pelo professor para que a experiência aconteça adequadamente.

MATERIAL

Bancada de madeira para ligação dos dispositivos:

- Disjuntor de proteção contra choque (DR)
- Interruptor simples
- Lâmpada incandescente (100W, 60W ou 40W)
- Tomada com extensão para alimentação da bancada
- Voltímetro digital e alicate amperímetro
- Materiais para análise conforme os listados na tabela 1.

MONTAGEM

- Fixar sobre a tábua de madeira o trilho do disjuntor DR, o bocal da lâmpada incandescente e o interruptor simples
- Ligar uma extensão elétrica na entrada do disjuntor DR (fase e neutro) segundo especificação do equipamento.
- Conectar a saída de neutro do disjuntor a um fio que ficará com a ponta livre para ligação dos materiais para análise de condutividade.
- Conectar a saída de fase do disjuntor a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor à um terminal do bocal da lâmpada e o outro terminal do bocal um fio que ficará livre para ligação dos materiais para análise de condutividade.
- Para facilitar as ligações aos materiais que serão analisados recomenda-se a utilização de fio rígido de 2,5 mm², sendo possível desencapar sua extremidade livre e recobri-la de massa epox para torna-la menos flexível.
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Tabela 1 - Modelo de tabela para verificação de materiais condutores e isolantes elétricos

Marque, para os elementos representados abaixo, como você os classificaria, como bons condutores, maus condutores ou material isolante.			
MATERIAL	Bom condutor	Mau condutor	Isolante
ÁGUA DA TORNEIRA			
FIO DE COBRE			
PEDAÇO DE MADEIRA SECA			
ÁGUA COM AÇUCAR			
ÁGUA COM SAL			
RESISTÊNCIA DE CHUVEIRO			
SALSICHA			

ÓLEO			
GRAFITE DO LÁPIS			
ÁGUA COM CAFÉ			
DETERGENTE NEUTRO			
TOTAL DE ACERTOS:			

EXPLICAÇÃO DO EXPERIMENTO

Por meio da montagem proposta, pode-se avaliar a condutividade dos materiais ligando-os aos terminais do circuito. De uma maneira qualitativa, o estudante observará que materiais bons condutores permitirão a passagem da corrente elétrica, produzindo um brilho acentuado na lâmpada incandescente, enquanto materiais maus condutores dificultarão a passagem da corrente elétrica (dissipação de energia elétrica principalmente na forma de calor) fazendo a lâmpada brilhar, porém em uma intensidade bem menor, mostrando que alguma característica do material (resistência do elemento é mais elevada) irá reduzir a passagem da corrente elétrica. Por fim, materiais isolantes não permitirão a passagem da corrente elétrica e conseqüentemente a lâmpada não acenderá.

Uma forma de incrementar os estudos é levar para a sala um amperímetro e conectá-lo em série no circuito, podendo assim, além de avaliar a passagem de corrente e a condutividade de forma qualitativa, realizar quantitativamente o cálculo da resistência elétrica do circuito, levando em consideração o valor de corrente medido, com a tensão aproximada da rede (220V, para Brasília) e a Lei de Ohm, mostrada na equação 03.

$$U=R.I$$

Equação 10 - 1ª Lei de Ohm – cálculo da diferença de potencial

Onde:

U = diferença de potencial (volt)

R = resistência elétrica (ohm)

I = corrente elétrica (ampére)

Pode-se utilizar este experimento para introduzir os conceitos de resistência elétrica que será abordado em aulas futuras, reaplicando esta prática de forma quantitativa para aferir resistência elétrica, corrente elétrica e conceitos de potência e energia elétrica.

Outro fenômeno possível de ser observado nesta prática é o Efeito Joule, onde a passagem de corrente gera aquecimento no condutor, com elementos como a água com café, salsicha e palha de aço, pode-se verificar este fenômeno, relacionado ao aumento de temperatura quando submetidos à corrente elétrica. O café, se esperado algum tempo após a ligação, entrará em ebulição; a palha de aço, quando conectada nos dois terminais entrará em combustão, e a salsicha poderá ser cozida quando inserida no circuito elétrico.

ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.

AULA 03 – Efeitos da Corrente Elétrica

OBJETIVO

Identificar os vários efeitos que a corrente elétrica pode criar em um circuito, tais como: efeito térmico ou efeito Joule, efeito luminoso, efeito magnético e efeito químico; analisando-os de forma qualitativa dentro de experimentos realizados em sala de aula.

QUESTÕES MOTIVADORAS

Como a lâmpada funciona e qual a diferença entre a incandescente e a fluorescente?

Como os motores elétricos funcionam (ventiladores, batedeira, liquidificador)?

O que acontece com uma pessoa quando toma choque, quais os efeitos da corrente elétrica sobre o corpo humano?

Como se faz para banhar uma peça a ouro? E a cromagem?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Nesta aula o professor deverá abordar de forma sucinta e preferencialmente qualitativa os principais efeitos da corrente elétrica e se possível, apresentar uma aplicação dos efeitos estudados de forma prática e/ou teórica, conforme sugerido neste produto.

Um problema encontrado na análise da corrente elétrica se deve ao fato dos portadores de cargas elétricas não serem visíveis, um condutor não energizado ou energizado, aparentemente não apresenta nenhuma alteração visível, pois os elétrons ou íons circulando em um condutor percorrido por corrente não podem ser observados, porém o fluxo de cargas que atravessa o condutor pode ser aferido por instrumentos de medida (amperímetro). Deve-se, desta forma criar um modelo que melhor explique as situações, uma maneira da verificação da passagem da corrente elétrica é realizar a análise dos efeitos gerados pela corrente elétrica em um circuito fechado, que comprovam a existência da corrente por meio da transformação da energia elétrica em outras formas de energia.

Ao analisar a passagem da corrente elétrica por um condutor, pode-se verificar uma série de fenômenos provocados pela corrente elétrica, onde, para o ensino médio, destacam-se cinco efeitos principais: fisiológico (efeito sobre o corpo e tecidos), térmico (ou efeito Joule), químico, magnético e luminoso.

- **Efeito fisiológico:**

Comentar sobre a passagem da corrente elétrica por organismos vivos que poderá provocar desde contrações musculares leves à parada respiratória e parada cardíaca; quando isso ocorre, dizemos que houve um choque elétrico. Pode-se também abordar o valor mínimo de intensidade de corrente que se pode perceber pela sensação de cócegas ou formigamento leve, que é 1 mA até a faixa de valores letais de corrente elétrica está compreendido entre 10mA e 3A onde nesta intensidade, a corrente, atravessado o tórax, atinge o coração com intensidade suficiente para modificar seu ritmo. Cabe também relatar que nossos impulsos nervosos são transmitidos por estímulos elétricos, logo a eletricidade está naturalmente presente no nosso corpo.

- **Efeito térmico:**

Pode-se fazer uma breve introdução histórica sobre a corrente elétrica e a produção de calor, através da análise dos experimentos propostos por James Prescott Joule (1818 – 1889).

No decorrer da aula é interessante que o professor comente sobre as conclusões dos experimentos de Joule onde, a partir destas observações Joule definiu que o calor gerado em um circuito elétrico percorrido por corrente deveria ser diretamente proporcional à resistência elétrica do condutor (R), ao quadrado da corrente elétrica (i) que o percorre e do tempo de exposição (Δt) do condutor a corrente elétrica, conforme exibido na equação 4.

$$Q = R \cdot i^2 \cdot \Delta t.$$

Equação 11 - Quantidade de calor em função da corrente elétrica

Considerando a quantidade de calor como energia ($Q = E$) e a potência elétrica (P) como a razão entre a energia e o tempo, tem-se na equação 5:

$$P = \frac{E}{\Delta t} = R \cdot i^2$$

Equação 12 - Cálculo da potência elétrica

Este feito de transformação de energia elétrica em energia térmica é denominado efeito térmico, também conhecido como efeito Joule. O professor pode comentar ainda que esse efeito é muito aplicado nos aquecedores em geral, como o chuveiro, mergulhão, churrasqueira elétrica, forno elétrico, fogão elétrico, lâmpadas incandescentes e que em geral, todos os condutores quando percorridos por correntes elétricas sofrem um aquecimento.

Para demonstração do efeito Joule, pode-se utilizar a montagem da figura 4 (modelo do sistema de ligação para verificação de condutores e isolantes), ligando, por exemplo, um pedaço de palha de aço ou uma salsicha entre os terminais, verificando desta forma que após algum tempo a temperatura da salsicha irá aumentar e começará o processo de cozimento do alimento, se for realizado um curto-circuito nos terminais da lâmpada, a salsicha será alimentada por tensão de aproximadamente 220 V e começará a aquecer-se mais rapidamente, mostrando que o aumento da tensão elétrica acarretará em um aumento da corrente elétrica sobre o equipamento e conseqüentemente um aumento da potência elétrica dissipada pelo alimento e sua carbonização.

- **Efeito químico:**

O professor pode relatar sobre o efeito químico abordando determinadas reações químicas que ocorrem quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas. Este processo é aplicado, por exemplo, no revestimento de metais por outros metais (niquelação, cromação, prateação, banho de ouro).

Para demonstração do efeito químico foi proposto um processo de galvanização, revestindo uma peça metálica com cobre, escolhido devido a maior facilidade de realização e custo baixo, realizando então um experimento que aborda a galvanização eletrolítica, onde se realiza uma eletrólise aquosa de cobreamento.

A galvanização é todo processo de galvanoplastia em que metais são revestidos por outros mais nobres, com o objetivo de proteção ou para fins estéticos e decorativos. Trata-se de um processo de revestimento de superfícies por meio da eletrólise onde o metal a ser

revestido funciona como cátodo, logo, sofrerá redução, e o metal que irá revestir a peça funciona como o ânodo que, por conseguinte, sofrerá oxidação. A galvanização possui grande uso na indústria como, por exemplo, no desenvolvimento de joias e semijoias que não são feitas totalmente de metais nobres, apenas revestidas por estes. Por meio do mesmo processo é possível cobrir objetos com cromo, níquel, cobre, ouro, dentre outros, efeito utilizado principalmente em peças de carros e motos, semijoias e processos industriais. Em geral, a galvanização é utilizada para proteger esses artefatos, e produzir peças resistentes à corrosão. Assim, caso haja danificação, será sempre mais fácil trocar o material revestidor do que o revestido.

ATIVIDADE PRÁTICA

A prática desse experimento se dá a partir do uso alguns materiais laboratoriais; para o processo realizado em sala de aula pode-se utilizar:

250 ml de água deionizada

75 g de sulfato de cobre

01 peça de metal que será galvanizada (no caso utilizou-se um pingente, uma chave e um abridor de lata).

Além disso, é necessário um pedaço de cobre por se tratar de uma eletrólise cujo objetivo é o cobreamento de tal peça. Tanto o pedaço de cobre quanto o metal que se deseja revestir com cobre serão conectados aos eletrodos de uma fonte de alimentação contínua, mergulhados em seguida na solução eletrolítica. A peça que será galvanizada recebe nome de cátodo e o pedaço de cobre recebe o nome de ânodo.

A montagem experimental é exibida na figura 6 e seu circuito equivalente na figura 7.

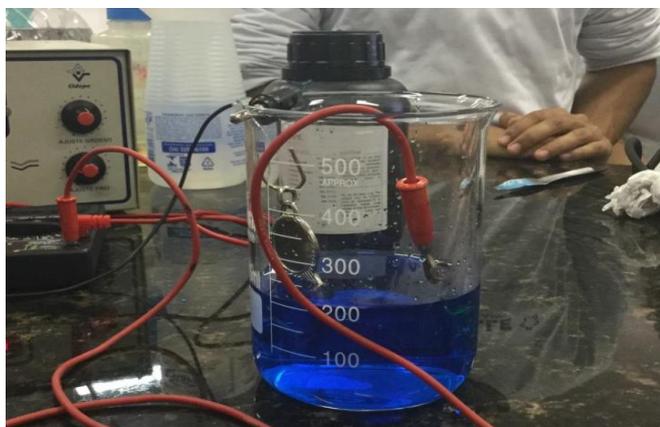


Figura 6 - Experimento abordando técnica de cobriamento de uma peça de metal realizada com os alunos – imagem própria.

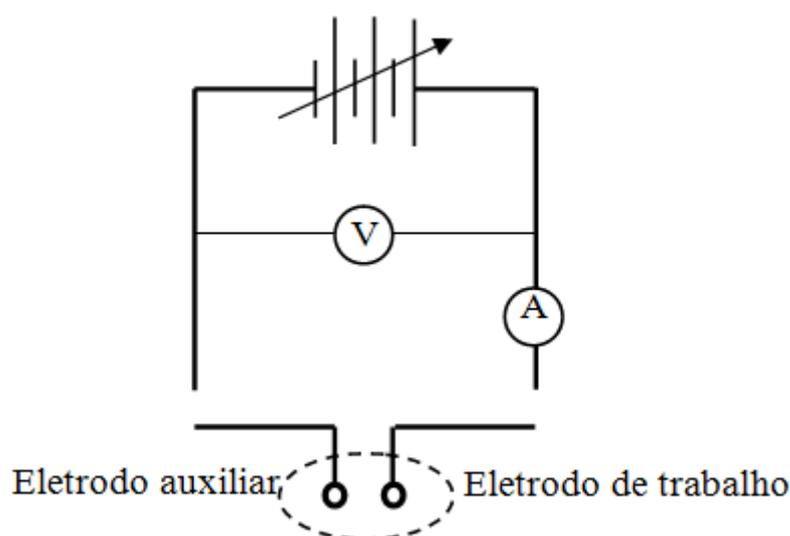


Figura 7 - Circuito equivalente para uma célula eletrolítica para eletrodeposição de metais, na qual V corresponde a um voltímetro, A a um amperímetro, e os eletrodos de trabalho (o qual contém a peça a ser coberta por um metal eletrodepositado) e o eletrodo auxiliar estão imersos em um recipiente contendo a solução com os íons (elipse pontilhada no desenho).

É fundamental que haja uma fonte de energia elétrica, podendo ser utilizado um gerador de tensão contínua, com extrabaixa tensão (25 volts), controlando a intensidade de corrente em torno de 5,0 ampères. Após ligar o gerador espera-se cerca de 60 segundos para que seja possível observar o cobreamento da peça. É importante fixar que a intensidade da corrente elétrica pode alterar o tempo de fixação de cobre no metal, caso esta seja maior ou menor o processo irá ocorrer mais rápido ou mais devagar respectivamente, além disso, o tempo pode modificar a qualidade da cor do objeto revestido.

O controle da espessura da camada de cobre que será depositada no eletrodo pelo processo de galvanização é feito por meio de modelos matemáticos, abordando os aspectos quantitativos da eletrólise, porém este cálculo não será abordado nas aulas de física, onde nosso objetivo com tal experimento é puramente qualitativo, uma vez que as aulas de química referentes a este experimento serão vistas com maior detalhamento no terceiro trimestre, ao passo que esta matéria foi ministrada nas aulas de física no primeiro e segundo trimestre. Em parceria com os professores de química pode-se solicitar que este experimento seja revisto e que as reações químicas sejam reanalisadas.

- **Efeito magnético:**

O professor deve fazer um relato breve e qualitativo sobre o efeito magnético, que pode ser observado por meio da criação de um campo magnético na região em torno de um fio percorrido por corrente elétrica. Cabe ressaltar que, dependendo do cronograma da instituição de ensino os tópicos relacionados ao magnetismo só serão abordados após o estudo de eletrodinâmica, logo os alunos podem não possuir conhecimento prévio sobre ímãs e sistemas eletromagnéticos.

ATIVIDADE PRÁTICA

Esta prática demonstra o efeito magnético da corrente elétrica, mostrando como a corrente elétrica, ao passar por uma bobina, gera um campo magnético, observando a interação entre a bobina e um ímã permanente, explicando qualitativamente o princípio básico de funcionamento de motores elétricos e suas partes fundamentais. A construção do aparato é simples, para que os alunos possam refazer a experiência em casa, se acharem necessário. Para isso o professor deverá utilizar materiais de uso cotidiano e fáceis de serem encontrados.

O modelo de motor proposto no projeto terá como estator (parte fixa do motor) um ímã permanente, que pode ser obtido na desmontagem de uma caixa de som ou autofalante. O rotor (parte móvel do motor) será feito com fio de cobre esmaltado, retirado de algum bobinamento de um motor já sem utilidade. A fonte de alimentação poderá ser uma pilha ou associação em série de pilhas, ou um carregador de celular ou qualquer outra fonte de corrente contínua de baixa d.d.p. (diferença de potencial) e para montagem é proposto à fixação de todo o aparato em um pedaço de madeira ou outra superfície isolante. Os mancais para o apoio da bobina devem ser feitos com o fio de cobre rígido, com as extremidades raspadas (para retirar o verniz isolante) ou utilizando fio nu, isto é, fio desencapado.

Para dobrar o fio é interessante a utilização de um alicate. As extremidades inferiores desses mancais serão fixadas diretamente sobre a madeira, com fita adesiva ou cola quente, criando um ponto de ligação para os terminais (+) e (-) da pilha ou carregador de celular. A altura correta é aquela que permitirá à bobina passar bem rente ao ímã.

A bobina (rotor do motor), será feita inicialmente com uma só espira para aferir a dimensão do sistema, em seguida o enrolamento será realizado na mesma dimensão da primeira espira, criando uma bobina entre 10 e 20 voltas. A bobina deverá ter uma das extremidades totalmente raspada para retirar o verniz isolante e a outra apenas raspada só metade do fio, como forma de conduzir a corrente elétrica em metade do ciclo, interagindo

com o ímã e a segunda metade, com circuito fechado, a bobina girará pela inércia adquirida. Esta raspagem funciona como o comutador de um motor de corrente contínua, a montagem descrita acima é exibida na figura 8.



Figura 8 - Modelo da montagem do motor elétrico - imagem própria

Uma vez terminada a montagem, às vezes é necessário um pequeno impulso no rotor para que ele inicie o movimento e continue girando. Se não girar, um dos motivos pode ser a posição da extremidade semirraspada do terminal da bobina; com o alicate, o professor ou o aluno sob sua orientação deverá lentamente torcer esse terminal até obter a posição correta. Outro motivo possível é a distribuição de massa da bobina, onde deve ser observado que o eixo imaginário da bobina deverá passar pelo centro da circunferência, criando uma melhor distribuição do seu peso sobre os mancais.

ATIVIDADE PRÁTICA ALTERNATIVA OU COMPLEMENTAR

Uma forma de mostrar o mesmo princípio, construindo um motor mais simples, consiste em acoplar uma pilha palito (AAA) ou pilha pequena (AA) a um conjunto de ímãs de neodímio em forma de pastilha circular, criando a fonte acoplada ao estator. Com um fio de cobre fino, deve-se montar uma bobina simples que terá como mancal o próprio contato elétrico em um terminal e na parte inferior um enrolamento para contato com o outro terminal elétrico da pilha, conforme mostra a figura 9.



Figura 9 - Motor elétrico simples - imagem própria

Uma vez conectados o sistema iniciará o movimento seguindo os mesmos princípios da outra montagem proposta. Esta montagem poderá ser realizada com os alunos como uma forma alternativa de criação de motor elétrico simples e mais barato.

Efeito luminoso:

Também é um fenômeno elétrico em nível molecular que pode ser analisado através do funcionamento de sistemas elétricos como lâmpadas fluorescentes onde a excitação eletrônica pode gerar a emissão de radiação ultravioleta, e o revestimento da lâmpada a base de fósforo, por sua vez, produz luz na faixa do espectro visível. Este sistema ilustra como em determinadas condições, a passagem da corrente elétrica através de um gás rarefeito faz com que ele emita radiações eletromagnéticas visíveis ou não. As lâmpadas fluorescentes, os anúncios luminosos, os relâmpagos oriundos de descargas atmosféricas, são aplicações desse efeito. Neles há transformação de energia elétrica em energia luminosa.

Vale resaltar que a lâmpada incandescente não tem como princípio de funcionamento o efeito luminoso, elas são consideradas como resistores elétricos, operando através do efeito Joule, convertendo energia elétrica em calor e posteriormente calor em energia luminosa através do aquecimento do filamento de tungstênio presente no seu interior.

ATIVIDADES PARA CASA:

- 4- Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.
- 5- Análise da medição da corrente elétrica, da energia elétrica e potência elétrica de aparelhos elétricos encontrados em residências.
- 6- Proposta de preenchimento da planilha de verificação de consumo de energia elétrica residencial com tarefa para casa, para posterior discussão dos dados coletados em sala de aula.

Poderá ser disponibilizada para os alunos uma planilha como a do modelo abaixo em Excel, como forma de introduzir esta ferramenta para os estudantes.

Tabela 2 - Tabela para cálculo de consumo de energia elétrica residencial

<u>Modelo de Trabalho para o aluno realizar em casa:</u>					<u>Valor da tarifa (preço do kWh da sua conta Le Luz)</u>	
<u>Aferição do consumo de energia de equipamentos residenciais</u>						
SIMULADOR DE CONSUMO DE ENERGIA						
<u>EQUIPAMENTOS</u>	<u>POTÊNCIA</u> <u>(WATTS)</u>	<u>QUANTIDADE DE</u> <u>APARELHOS</u>	<u>HORAS DE USO</u> <u>POR DIA</u>	<u>DIAS DE USO</u> <u>NO MÊS</u>	<u>CONSUMO</u> <u>[kWh/mês]</u>	<u>VALOR</u> <u>R\$(em reais)</u>
Aparelho de som						
AR CONDICIONADO						
Aspirador de pó						
Batedeira						
Cafeteira elétrica						
Carregador de celular						
Máquina de lavar roupa						
Chapinha de cabelo						
Chuveiro elétrico						
Coifa ou exaustor de cozinha						
Geladeira						
Espremedor de frutas						
Ferro de passar roupa						
Lâmpadas						
Forno elétrico						

AULA 04 - Leis de Ohm e resistores elétricos

OBJETIVO DA AULA

Compreender o efeito da corrente elétrica em sistemas resistivos e suas relações matemáticas, identificando aparelhos elétricos resistivos e resistores, analisando as Leis de Ohm referentes a tais equipamentos.

QUESTÕES MOTIVADORAS PARA A AULA

Como um chuveiro elétrico, um forno elétrico e um ferro de passar roupa funcionam?

Qual destes equipamentos será percorrido por maior corrente elétrica quando ligados a mesma tensão elétrica?

O que aconteceria se um equipamento de 220V fosse ligado em uma rede elétrica de 110V?

O que aconteceria se um equipamento de 110V fosse ligado em uma rede elétrica de 220V?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Na análise de corrente elétrica, verificou-se a possibilidade de conversão da energia elétrica em outras formas de energia, como energia luminosa, calor, magnetismo para acionamento de motores e energia química. Nesta aula o professor deverá abordar a conversão de energia elétrica em calor, compreendendo como equipamentos elétricos, como torradeiras, chuveiro, fogão elétrico, cafeteira e outra variedade de sistemas conseguem realizar esta conversão. Vale ressaltar para os alunos que estes equipamentos possuem uma característica ou propriedade em comum, que será nomeado de resistência elétrica (R).

Neste momento o professor pode fazer um breve relato histórico sobre Georg Ohm e abordar as equações que descrevem as observações por ele feitas, representadas como as Leis de Ohm, em uma análise voltada para o ensino médio onde o valor da “Resistência Elétrica” do material, simbolizado pela letra R, que pode ser calculada de acordo com a equação 6, onde a unidade será $\left[\frac{V}{A}\right] = [ohm] = [\Omega]$.

$$R = \frac{U}{i}$$

Equação 13 - Equação da 1ª Lei de Ohm – cálculo da resistência elétrica

Na apresentação da segunda relação proposta por Ohm, o professor pode relacionar a resistência elétrica com as características e dimensões do material condutor, verificando as

relações entre o comprimento do condutor (L), sua área de secção transversal (A) e o tipo de material utilizado, representado pela sua resistividade (ρ), pois materiais diferentes tendem a conduzir correntes diferentes, mesmo feitos com as mesmas dimensões.

Desta forma a resistência elétrica pode ser calculada como sendo diretamente proporcional à resistividade do material, ao comprimento e inversamente proporcional à área de secção transversal reta do respectivo objeto, expressa conforme a equação 7:

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

Equação 14 - Equação da 2ª Lei de Ohm

Vale a pena o professor resaltar que as Leis de Ohm são válidas para resistores operando em determinadas faixas de temperaturas e de diferença de potencial aplicadas sobre eles. Desta maneira, os resistores são considerados ôhmicos porque obedecem à lei de Ohm dentro dos limites de tensão aplicados no local do circuito onde forem instalados. Alguns dispositivos à base de semicondutores, como diodos e transistores não apresentam comportamento que obedecem as Leis de Ohm, sendo considerados equipamentos não ôhmicos, estes materiais não são explorados por não fazerem parte do programa do Ensino Médio. No estudo de resistência elétrica um equipamento será considerado como Resistor elétrico (R) quando tiver como função transformar energia elétrica em energia térmica. Este fenômeno é chamado de efeito Joule. Em um circuito elétrico um resistor poderá ser representado conforme a figura 10:



Figura 10 - Representação característica de um resistor

ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos - Leis de Ohm e circuito resistivo.

Aplicação do segundo pré-teste 02

Antes de iniciar as aulas referentes à associação de resistores em série, paralelo e mista recomenda-se a aplicação de um pré-teste 02 com o intuito de analisar os conhecimentos

prévios dos alunos sobre associações elétricas e verificar o nível de conhecimento adquirido sobre circuitos elétricos resistivos até esta etapa da sequência didática (ANEXO II).

AULA 05 - Associação de Resistores

OBJETIVO DA AULA

Analisar circuitos resistivos observando as várias formas de associação de resistores possíveis, associação em série, associação em paralelo e associação mista. Demonstrar para cada tipo de associação as relações entre corrente elétrica, tensão elétrica e resistência equivalente dos circuitos.

QUESTÕES MOTIVADORAS PARA A AULA

Como realizar a ligação de mais de uma lâmpada em um único interruptor?

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?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Nesta aula deve-se observar que de forma geral, os resistores podem ser associados de três maneiras: associação em série, associação em paralelo, associação mista. O professor deverá analisar cada uma destas associações e suas características, levando o aluno a compreender a relação entre tensão elétrica e corrente elétrica em cada uma das associações e o cálculo da resistência equivalente qualquer que seja o tipo de associação de resistores utilizada, a qual é normalmente simbolizada pela forma abreviada de escrita R_{eq} .

ATIVIDADES PARA CASA:

Selecionar no livro didático adotado pela instituição exercícios que abordem os assuntos até o momento discutidos.

AULA 06 – Medidas elétricas de corrente e tensão em circuitos resistivos

OBJETIVO

Identificar dentro de um circuito resistivo as tensões e correntes através de equipamentos que possibilitem fazer a aferição destes valores. Apresentar os equipamentos voltímetro e amperímetro, explicitando suas formas de conexão dentro dos circuitos elétricos. Este conteúdo será de fundamental importância para a aplicação da bancada de circuitos elétricos residencial, parte desse produto educacional, e que será utilizada nas aulas 07, 08 e 09.

QUESTÕES MOTIVADORAS PARA A AULA

Como realizar a medição da tensão elétrica de uma tomada residencial, uma bateria de carro ou uma pilha?

Como realizar a medição da corrente elétrica que passa por um circuito resistivo?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

É importante que o professor reflita com os alunos a necessidade da realização de medidas de tensão elétrica e da corrente elétrica, pois através destas análises, como visto em aulas anteriores, é possível aferir os valores de potência elétrica, resistência elétrica e realizar uma estimativa da energia elétrica consumida em um circuito resistivo. Para isso é necessário a apresentação e forma de utilização de dois aparelhos: o voltímetro e o amperímetro. Existe um aparelho, o multímetro, conforme representado na figura 11, que possui uma chave seletora e pode funcionar como voltímetro e amperímetro e estes equipamentos devem ser apresentados aos alunos para que possam manuseá-los e compreender as possibilidades de ligações e medidas. Deve-se, entretanto, ficar atento na forma de conexão destes equipamentos no circuito e em suas características, pois se ligados errados poderá gerar dano ao equipamento e ao circuito ou não registrar adequadamente os valores que se quer medir.

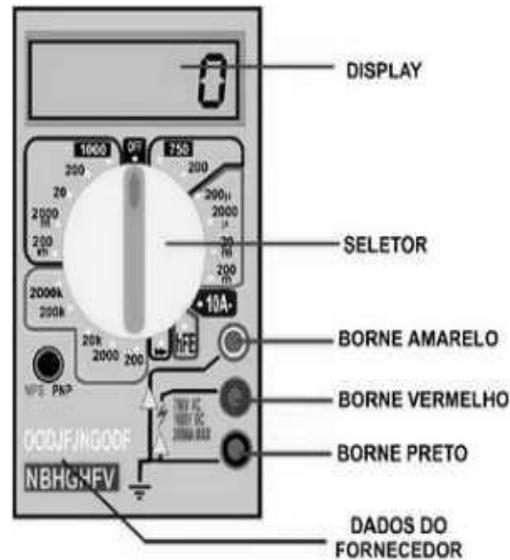


Figura 11 - Multímetro digital e seus comandos e ligações

O professor deve explicar as características de cada um dos equipamentos de medidas e a forma de ligação dos equipamentos com o circuito elétrico.

Deve-se orientar o aluno a tomar cuidado ao ligar um amperímetro, pois caso este equipamento seja ligado em paralelo com o circuito, por possuir uma baixa resistência, será percorrido por uma corrente elevada, podendo gerar dano ao equipamento que esta realizando a medição bem como a instalação ou circuito elétrico onde estará conectado. Desta maneira, quando utilizado o multímetro para medição destes valores, recomenda-se o chaveamento da chave seletora para a posição de medição antes de conecta-lo ao circuito, evitando assim, uma ligação inadequada do aparelho de medição.

ATIVIDADE PRÁTICA

Apresentar para os alunos os aparelhos de medição e aferir com estes instrumentos a tensão elétrica das tomadas da sala de aula.

AULA 07 - Instalação de lâmpadas e múltiplos sistemas acionadores (interruptores) – análise prática da resistência elétrica e das associações de resistores.

OBJETIVO

O experimento proposto tem como objetivo analisar e demonstrar de forma qualitativa e quantitativa a lei de ohm, efeito Joule, bem como os sistemas de instalações elétricas

residenciais, a partir da análise de ligações simples, ligações em série e paralelo de resistores e sistemas de comandos de acionamento diferenciados.

CUIDADOS PRELIMINARES

ATENÇÃO!!

O experimento será montado utilizando a rede elétrica de tensão de 220V, que poderá gerar choques elétricos caso ocorra contato com partes metálicas do circuito. Para minimizar qualquer possibilidade de acidente nunca manuseie o circuito sem antes ter a certeza que os disjuntores estão devidamente desligados e que o circuito não esteja eletrizado.

Para segurança extra, a tábua de circuitos possui um dispositivo de proteção contra choques (disjuntor DR); antes de iniciar o experimento acione o disjuntor DR (diferencial residual) e pressione o botão de teste para que ele desarme, verificando seu funcionamento.

QUESTÕES MOTIVADORAS

Como realizar a ligação de uma lâmpada em um sistema elétrico?

Como realizar a ligação de varias lâmpadas comandadas por apenas um interruptor?

Como controlar o acionamento de uma lâmpada em mais de um ponto (dois ou mais interruptores? Onde podemos verificar esse tipo de ligação?

Quem acende os postes de iluminação pública à noite?

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Neste experimento serão analisadas as ligações de circuitos elétricos e interruptores, sendo abordados os tipos de associação de resistores (série e paralelo) e o Efeito Joule, utilizando lâmpadas para a análise qualitativa e quantitativa do experimento e diversos tipos de interruptores, que permitirão o comando das lâmpadas por vários pontos de controle.

Circuitos elétricos são constituídos por um conjunto de dispositivos utilizados nas instalações elétricas residenciais para controlar variáveis elétricas, tais como tensão (ddp) e corrente elétrica. Os circuitos são basicamente constituídos por:

- **CONDUTORES:** elementos de baixa resistência elétrica que servem para conduzir a corrente elétrica de um elemento a outro. Serão utilizados fios de cobre como condutores no circuito do experimento.

- **PROTEÇÃO:** dispositivos utilizados para limitar e controlar os valores de algumas grandezas no circuito. Serão utilizados como sistema de proteção: disjuntor termomagnético e disjuntor DR (Diferencial Residual).

Disjuntores são dispositivos eletromecânicos que funcionam como seccionadores da corrente elétrica para proteção da instalação elétrica na qual ele está associado. O disjuntor termomagnético gera proteção contra curto-circuito e sobre carga na instalação, desarmando eletromagneticamente para valores de correntes elétricas superiores a sua especificação e em caso de aquecimento excessivo, através de um sistema de lâminas bimetálicas (acionamento térmico). Já o disjuntor DR oferece, além das proteções de sobre carga de um disjuntor eletromagnético, uma proteção quanto a choques elétricos ou fugas de corrente, por realizar a comparação entre as correntes de fase e neutro no circuito, tendo seu desarme acionado eletromagneticamente quando a diferença de corrente elétrica for igual ou superior a 30 mA.

- **SECCIONADORES:** dispositivos utilizados para controlar o fluxo de corrente elétrica, liberando ou bloqueando o circuito elétrico. Serão utilizados chaves interruptoras simples, interruptores three-way, interruptores intermediários (four-way) e interruptores fotossensíveis (as formas de ligação serão abordadas nas aulas).

Interruptor simples: funciona abrindo ou fechando o circuito elétrico, possuindo dois terminais de contato para ligação de fios, onde o movimento do botão de acionamento permite que o contato entre as partes seja estabelecido ou não.

Interruptor three-way ou paralelo: são utilizados quando se pretende ter mais de um ponto de acionamento de lâmpadas, como em escadas, entradas de salas ou quartos. Possui três terminais para ligação de fios onde o polo central é a ligação comum e os polos externos são abertos os fechados em alternância, de forma não simultânea, conforme a movimentação da chave, permitindo uma combinação de ligações onde a instalação elétrica poderá ser comandada por mais de um ponto de controle.



Figura 12 – Interruptor simples (dois terminais para ligação de fios) e Interruptor paralelo (três terminais para ligação de fios).

Interruptor four-way ou intermediário: é utilizado quando se deseja um acionamento de uma carga ou lâmpada por três pontos ou mais de controle. Funciona como dois interruptores paralelos colocados lado a lado e acionados simultaneamente, chaveando os terminais em seis pontos, sendo que apenas quatro desses pontos (dois pontos externos e dois pontos centrais) são ligados diretamente no circuito elétrico e suas extremidades são interconectadas em cruz, permitindo uma combinação de ligações.



Figura 13 – Interruptor intermediário (seis terminais para ligação de fios).

- **CARGA:** dispositivos utilizados para transformar a energia elétrica do circuito. Serão utilizadas lâmpadas incandescentes de diversos valores de potência, como representação das resistências que compõem um circuito elétrico.
- **ALIMENTADOR:** dispositivos utilizados para fornecer energia elétrica ao sistema. Será utilizada a alimentação direta da rede elétrica residencial, fornecida por uma tomada de 220 V.
- **DIAGRAMA ELÉTRICO:** serve para representar os dispositivos do circuito elétrico através de símbolo gráfico, que deverá ser preenchido antes da análise dos circuitos.

MATERIAL UTILIZADO

Bancada de madeira para ligação das lâmpadas composta por:

- 9 (nove) bocais para ligação de lâmpadas fixados na bancada
- Disjuntor de proteção contra choque (DR)
- Disjuntor termomagnético
- 2(dois) interruptores simples
- 7 (sete) interruptores three-way
- 3(três) interruptores intermediário

- 1(um) interruptor fotossensível
- Lâmpadas incandescentes de diferentes potências (100W, 60W, 40W)
- Tomada com extensão para alimentação da bancada
- Voltímetro digital e alicate amperímetro

Com os materiais listados acima foi montado a bancada que é exibida na figura 14, a bancada foi montada antes das aulas sendo utilizada para demonstração dos diferentes tipos de associação de resistores. Nas seções a seguir serão descritas as maneiras como se pode utilizar a bancada para ilustrar os diferentes tipos de associação de resistores e dos interruptores. As conexões e orientação de montagem serão mostradas por circuito conforme forem apresentadas as possibilidades de ligações disponíveis na bancada.

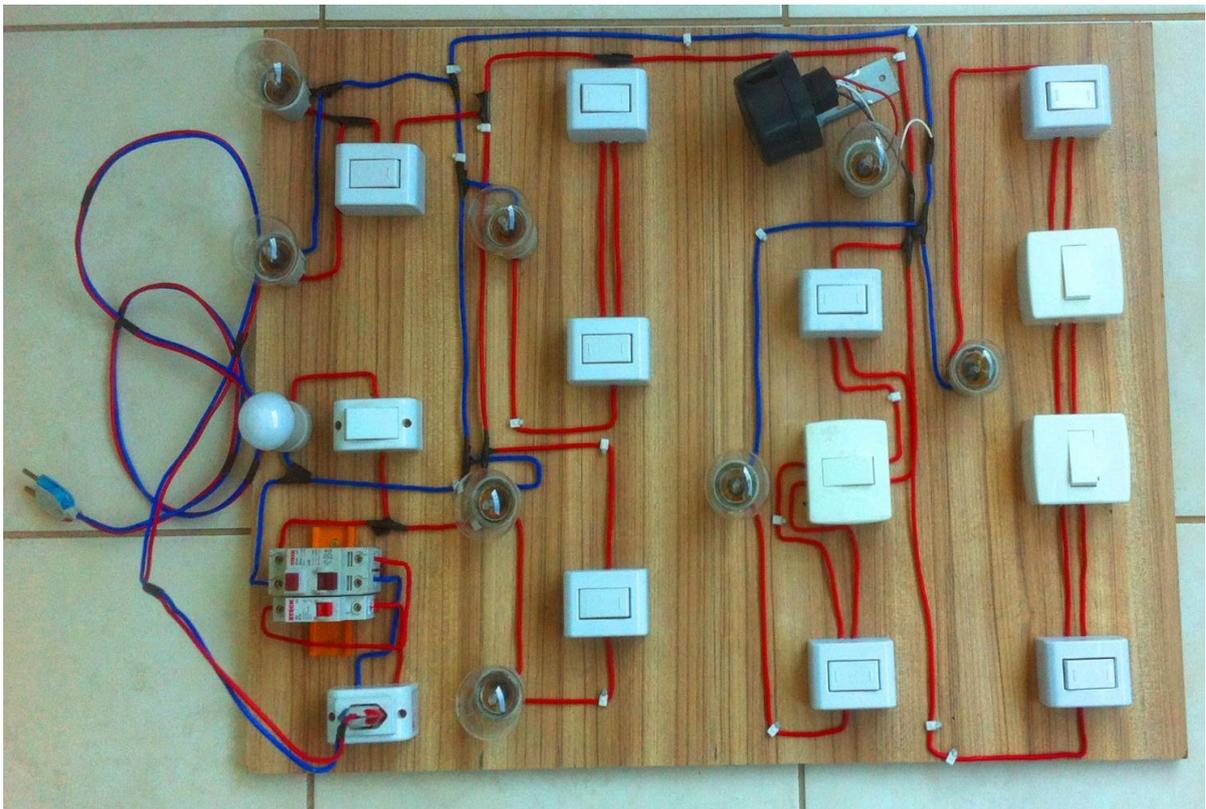


Figura 27 - Modelo da bancada de instalação elétrica com os sistemas de ligação para análise dos circuitos elétricos resistivos e associação de resistores e múltiplos acionadores de circuito – foto própria.

SISTEMA 01 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR SIMPLES

OBJETIVO

O primeiro sistema visa o entendimento da ligação simples de uma única lâmpada acionada por um interruptor simples, verificando a diferença de brilho devido à diferença de potência das lâmpadas.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema representado na figura 15, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com o interruptor e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 15 e diagrama de ligação exibido na figura 16.

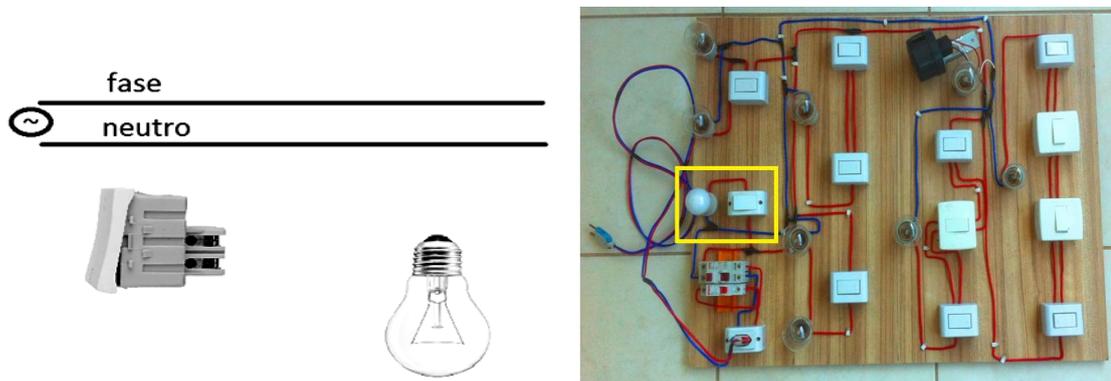


Figura 28 - Ligação simples - lâmpada e interruptor

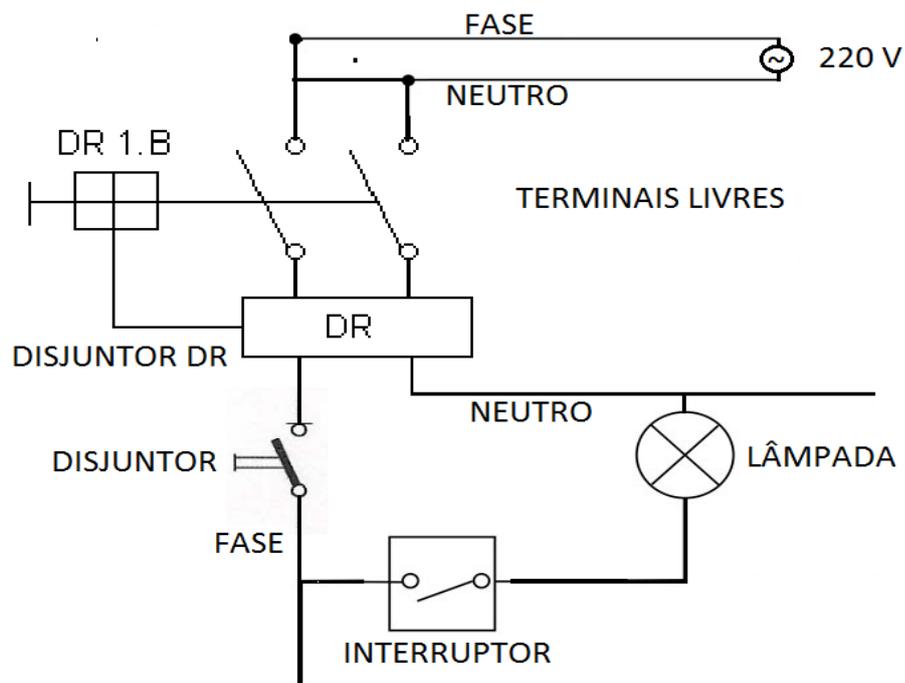


Figura 29 - Diagrama da ligação do sistema de proteção e interruptor simples acionando uma lâmpada

MONTAGEM

- Fixar sobre a tábua de madeira o trilho do disjuntor DR e do disjuntor termomagnético, o bocal da lâmpada incandescente e o interruptor simples
- Ligar uma extensão elétrica na entrada do disjuntor DR (fase e neutro) segundo especificação do equipamento.
- Conectar a saída de neutro do disjuntor a um fio que será conectado ao bocal da lâmpada (parte da rosca)
- Conectar a saída de fase do disjuntor DR à entrada do disjuntor termomagnético e a saída do disjuntor termomagnético a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor a um terminal do bocal da lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Comentar sobre medidas diretas (realizadas pelo voltímetro e amperímetro) e indiretas (cálculo da potência elétrica e da resistência elétrica da lâmpada).

Conectar a lâmpada de 100 W e verificar a diferença de potencial em seus terminais U (volts) e a corrente elétrica i (ampère).

Calcular assim o valor da sua resistência elétrica em funcionamento R (ohm) e da potência elétrica P (watt).

Trocar a lâmpada de 100 W por uma de 60 W e posteriormente 40 W analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas irá gerar e compara-las através de suas potências.

Medir a resistência elétrica com a lâmpada desconectada utilizando o multímetro na configuração de Ohmímetro.

Repetir o procedimento de verificação de tensão e corrente elétrica e o cálculo da resistência e potência para as lâmpadas de 60W e 40W.

Realizar uma comparação do brilho das lâmpadas e análise das resistências elétricas.

AULA 08 – Associação de resistores em paralelo

SISTEMA 02 - LIGAÇÃO EM PARALELO

OBJETIVO

Este sistema visa demonstração prática da associação em paralelo de resistores, com a conexão de duas lâmpadas em paralelo acionadas por um interruptor simples, verificando a relação de brilho com as potências e tensões das lâmpadas.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema representado na figura 17, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com o interruptor e com as lâmpadas, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 17 e diagrama esquemático da figura 18.

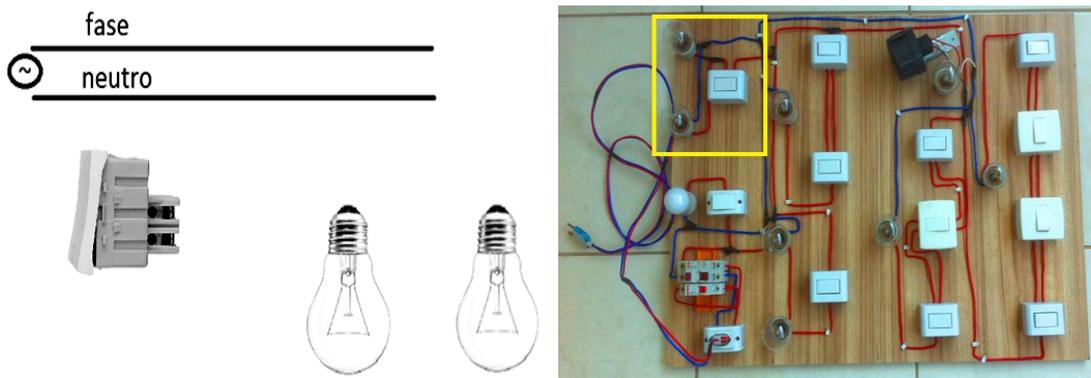


Figura 30 - Ligação de lâmpadas em paralelo

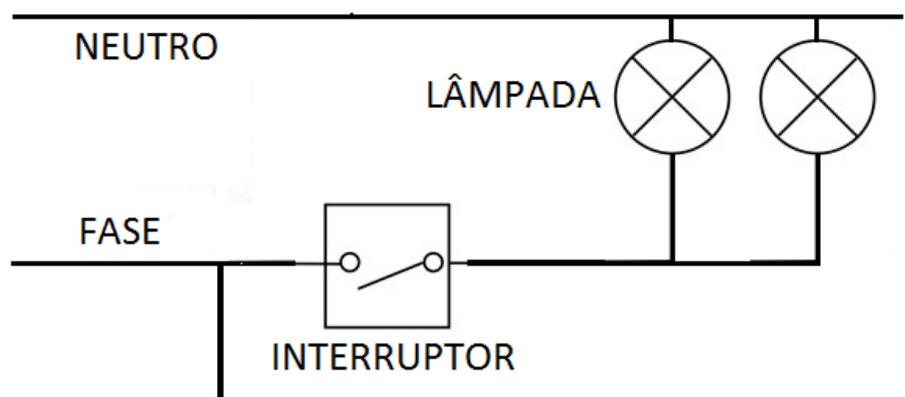


Figura 31 - Diagrama de ligação da associação de lâmpadas em paralelo

MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal das duas lâmpadas (parte da rosca)
- Conectar o fio fase a um dos terminais do interruptor.

- Conectar o outro terminal do interruptor aos terminais do bocal das lâmpadas (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Conectar duas lâmpadas de 100 W e verificar a diferença de potencial em seus terminais e a corrente elétrica passando pelas lâmpadas, calculando assim o valor das suas resistências elétricas e da potência elétrica em funcionamento.

Trocar uma das lâmpadas de 100 W por uma de 60 W e posteriormente 40 W, verificando a diferença de potencial nos terminais de cada lâmpada e a corrente elétrica que está percorrendo cada equipamento, calculando as resistências elétricas e as potências para cada tipo de ligação, analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas irá gerar e compara-las através de suas potências.

Desconectar uma das lâmpadas e verificar como o sistema se comportará na ausência desta lâmpada de forma qualitativa, comentando o que está sendo observado.

AULA 09 - Associação de resistores em série

SISTEMA 03 - LIGAÇÃO EM SÉRIE

OBJETIVO

Este sistema visa à demonstração prática da associação em série de resistores, com a conexão de duas lâmpadas em série acionadas por um interruptor simples, verificando a relação de brilho com as potências e tensões das lâmpadas.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema da figura 19, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com o interruptor e com as lâmpadas, localizando esta montagem na bancada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 19 e diagrama esquemático exibido na figura 20.

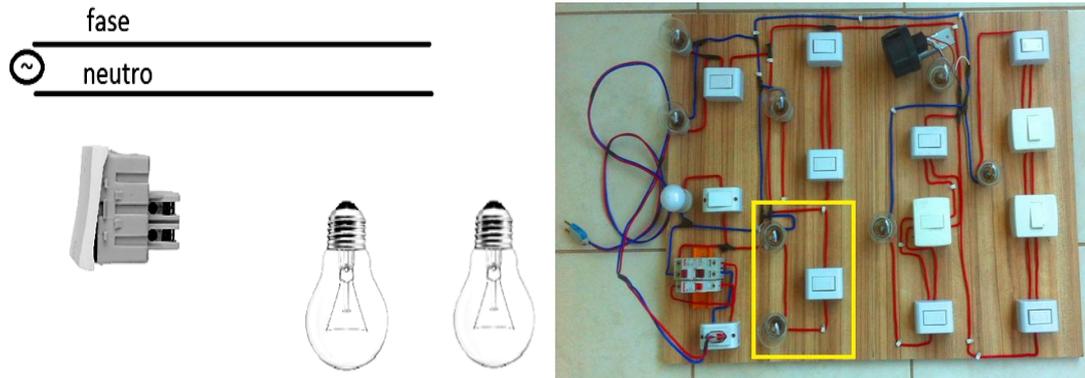


Figura 32 - Ligação de lâmpadas em série

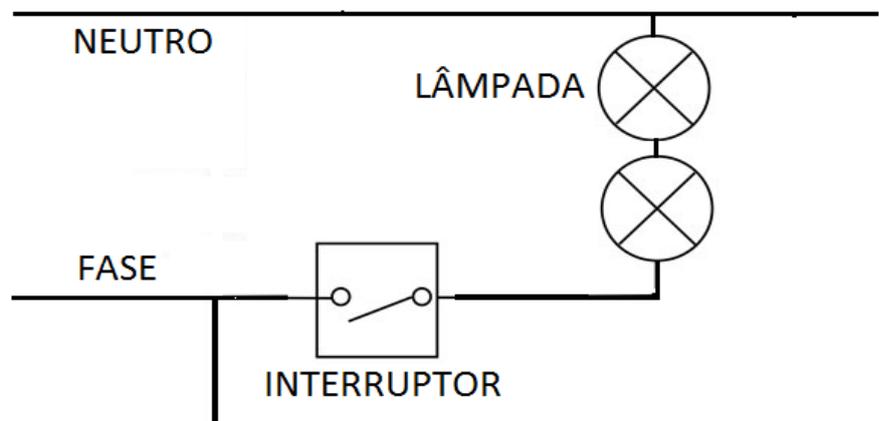


Figura 33 - Diagrama de ligação da associação de lâmpadas em série

MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal de uma das lâmpadas (parte da rosca)
- Conectar o outro terminal da primeira lâmpada a um terminal da segunda lâmpada
- Conectar o fio fase a um dos terminais do interruptor.
- Conectar o outro terminal do interruptor ao terminal do bocal da segunda lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Conectar duas lâmpadas de 100 W e verificar a diferença de potencial em seus terminais e a corrente elétrica passando pelas lâmpadas, calculando assim o valor das suas resistências elétricas em funcionamento.

Trocar uma das lâmpadas de 100 W por uma de 60 W e posteriormente 40 W, verificando a diferença de potencial nos terminais de cada lâmpada e a corrente elétrica que está percorrendo cada equipamento, analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas irá gerar e compara-las através de suas potências.

Realizar uma análise qualitativa da intensidade de luminosidade das lâmpadas.

Desconectar uma das lâmpadas e verificar como o sistema se comportará na ausência desta lâmpada de forma qualitativa, comentando o que está sendo observado.

Comparar os valores das resistências elétricas calculadas para cada uma das lâmpadas e para as diversas ligações que foram realizadas, respondendo se a lâmpada pode ser considerada um resistor de valor constante (resistência ôhmica). Caso observe diferentes valores calculados para resistência de uma mesma lâmpada, responder quais os parâmetros físicos que estão alterando este valor e porque ocorre esta alteração.

AULA 10 - Sistema de acionamento por mais de um ponto e acionamento automático (sensor LRD - fotocélula)

SISTEMA 04 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTORES THREE-WAY

OBJETIVO

Este sistema visa à demonstração qualitativa de sistemas de acionamento por dois interruptores.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema da figura 21, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com os interruptores e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 21 e diagrama esquemático exibido na figura 22.

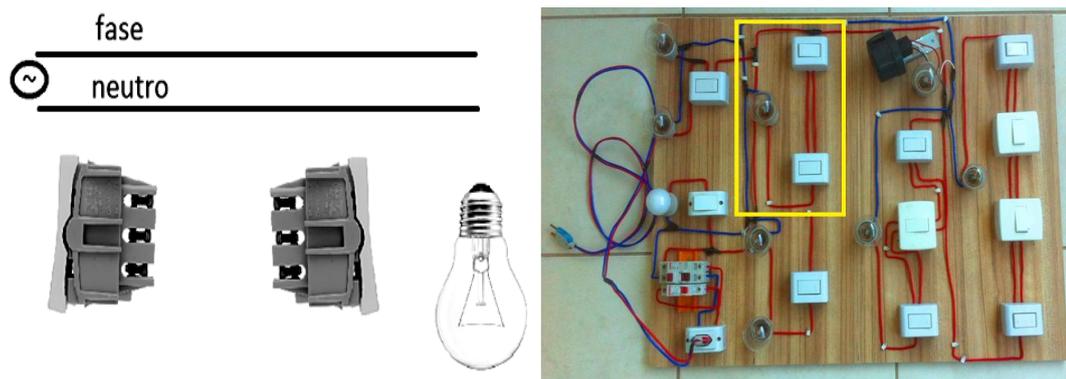


Figura 34 - Ligação de interruptores paralelos

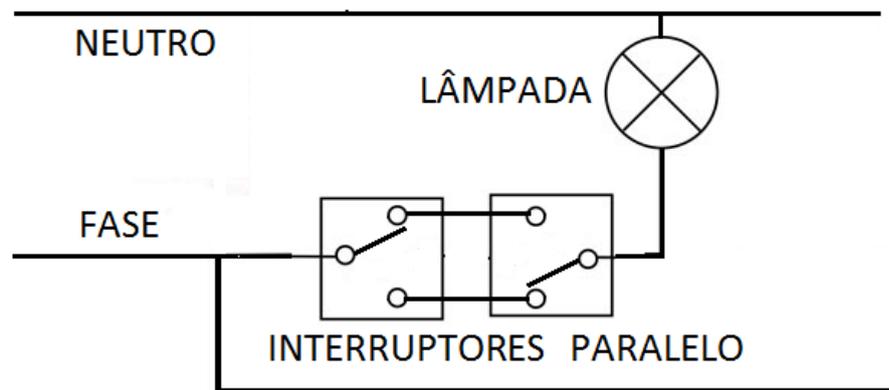


Figura 35 - Diagrama de ligação de interruptores paralelos

MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal da lâmpada (parte da rosca)
- Conectar o fio fase ao terminal central de um interruptor paralelo
- Conectar os terminais laterais do interruptor paralelo aos terminais laterais do outro interruptor paralelo
- Conectar o outro terminal central do segundo interruptor paralelo ao terminal do bocal da lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Identificar exemplos do cotidiano onde esta situação poderá ser aplicada.

Analisar o caminho percorrido pela corrente elétrica ao passar de um interruptor para outro e para a lâmpada, identificando as possíveis combinações para acionamento e desligamento do circuito.

SISTEMA 05 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR INTERMEDIÁRIO

OBJETIVO

Este sistema visa à compreensão de sistemas de acionamento por três pontos ou três interruptores.

ATIVIDADE PRÁTICA

Realizar a ligação no diagrama elétrico para o sistema da figura 23, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com os interruptores e com a lâmpada,

localizando esta montagem na bancada, realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 23 e no diagrama esquemático da figura 24.

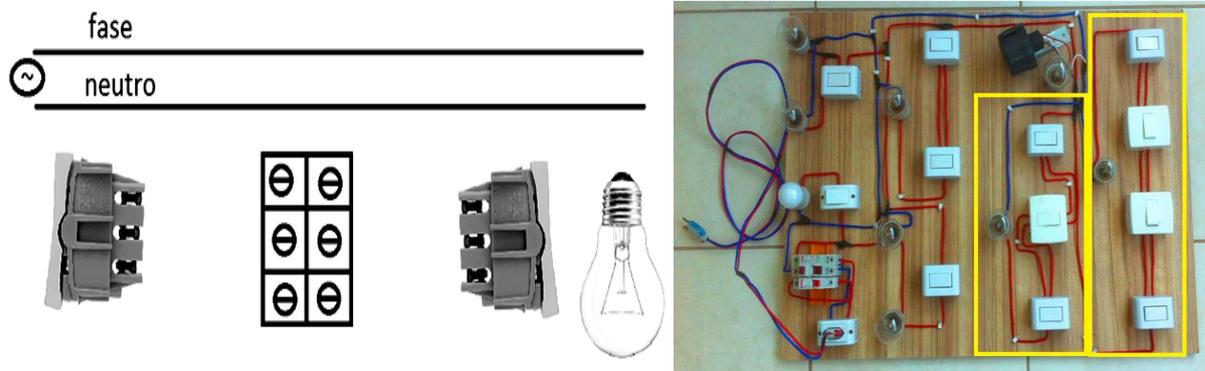


Figura 36 - Ligação de interruptores intermediários - três pontos.

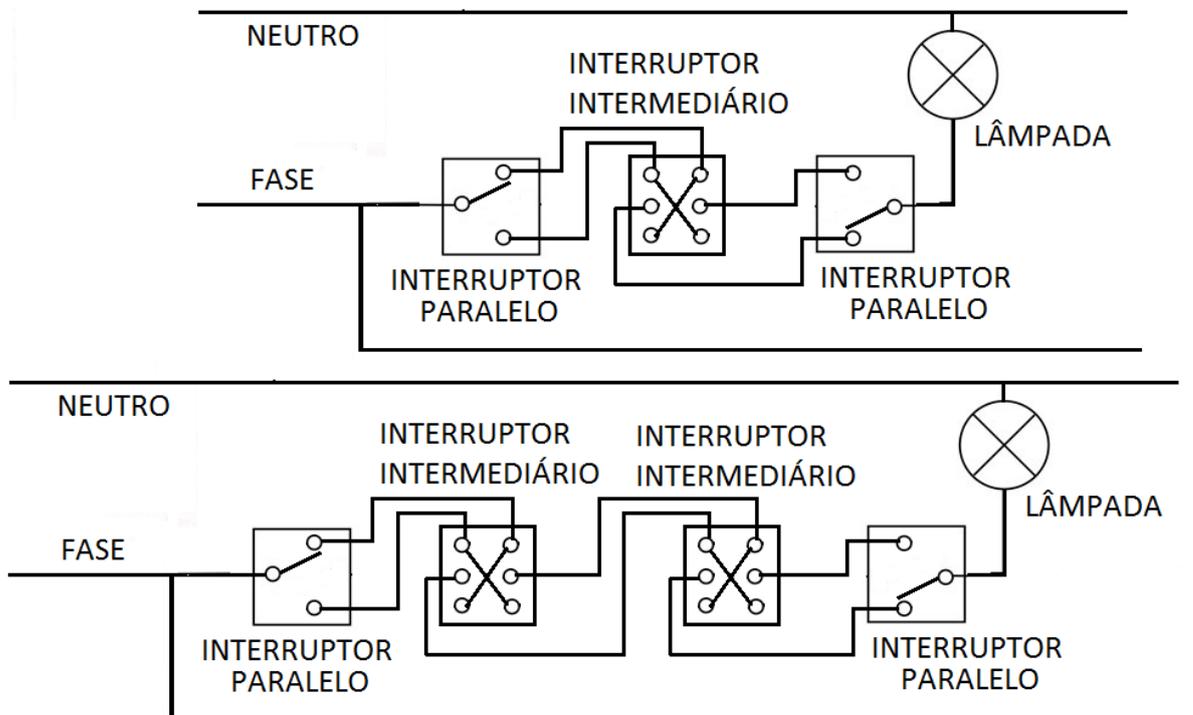


Figura 37 - Diagrama de ligação de interruptores intermediários - três e quatro pontos.

MONTAGEM

- Conectar o fio neutro ao bocal da lâmpada (parte da rosca)
- Conectar o fio fase ao terminal central de um interruptor paralelo
- Conectar os terminais laterais do interruptor paralelo aos terminais superiores do interruptor intermediário.
- Conectar os terminais centrais do interruptor intermediário aos terminais laterais do outro interruptor paralelo

- Conectar o outro terminal central do segundo interruptor paralelo ao terminal do bocal da lâmpada (contato inferior do bocal).
- Fixar todos os fios conectores sobre a madeira utilizando fixadores de fio ou cola quente.

Identificar exemplos do cotidiano onde esta situação poderá ser aplicada.

Analisar o caminho percorrido pela corrente elétrica ao passar de um interruptor para outro e para a lâmpada, identificando as possíveis combinações para acionamento e desligamento do circuito.

SISTEMA 06 - LIGAÇÃO COM INTERRUPTOR FOTOSENSÍVEL

OBJETIVO

Este sistema visa à demonstração de sistemas de acionamento por interruptor sensível a luz.

ATIVIDADE PRÁTICA

Observar a ligação no diagrama elétrico para o sistema exibido na figura 25, identificando onde ocorrerão as conexões dos fios fase e neutro com os interruptores e com a lâmpada, localizando esta montagem na bancada realçada pelo quadrado amarelo conforme exibida na figura 25.

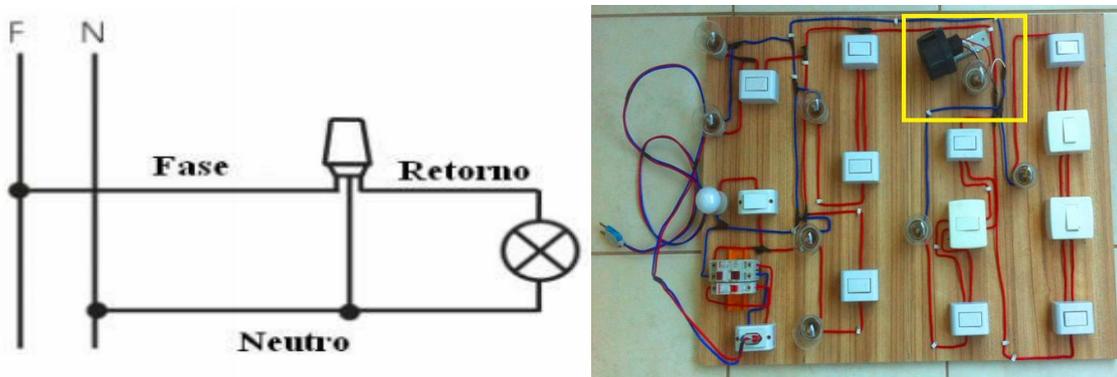


Figura 38 - Ligação de sensor de luminosidade

Fio branco – Neutro

Fio preto – Fase

Fio vermelho – direto na carga (lâmpada)

Identificar exemplos do cotidiano onde esta situação poderá ser aplicada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISQUOLO, P. A. (s.d.). *Resistência elétrica, resistividade e leis de Ohm*. Acesso em 23 de 01 de 2017, disponível em Educação: <http://educacao.uol.com.br/fisica/ult1700u46.jhtm>

Griffiths, D. J. (terceira edição). *Introduction to Eledrodynamics*.

HALLIDAY, D. R. (2004). *Física 3, volume 2*. Rio de Janeiro: editora LTC.

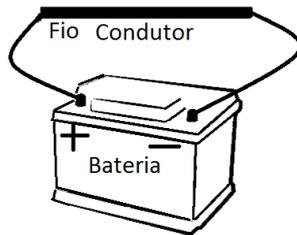
Hewitt, P. G. (9º Edição). *Física Conceitual*.

PRYSMIAN. (s.d.). *PRYSMIAN – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS*. Acesso em 18 de 05 de 2016, disponível em HTTP://BR.PRYSMIANGROUP.COM/BR/FILES/MANUAL_INSTALACAO.PDF

ANEXOS

ANEXO I - PRÉ-TESTE - 01

Questão 01 – Um fio condutor é conectado aos terminais de uma bateria, conforme a figura abaixo.



- e) Qual a orientação do campo elétrico estabelecido no fio condutor?
- f) Que tipos de partículas se movimentarão no fio condutor?
- g) Qual o conceito de corrente elétrica, observando o modelo de ligação da figura?
- h) Qual será o sentido convencional da corrente elétrica?

Questão 02 – A respeito da corrente elétrica responda os itens a seguir.

- f) Quais as condições necessárias para se estabelecer uma corrente elétrica?
- g) Qual é a unidade de medida de corrente elétrica pelo Sistema Internacional (S.I.)?
- h) Quais são as partículas portadoras de carga elétrica em um condutor sólido?
- i) Quais são as partículas portadoras de cargas elétricas em condutores líquidos e gasosos?
- j) Os prótons e nêutrons podem ser considerados como portadores de carga em uma corrente elétrica? Porque?

Questão 03 – Cite três exemplos de ocorrência de corrente elétrica e seus efeitos dentro dos exemplos citados.

Questão 04 – Observando uma tomada residencial padrão em Brasília verificaremos que ele é uma tomada de 220 volts e 60 Hz.

- e) Quais são as grandezas físicas que estão sendo comentadas?
- f) O que elas representam na instalação elétrica?

- g) Qual a diferença entre a tomada de uma instalação residencial e uma bateria de um carro?
- h) O que é corrente contínua e corrente alternada?

Questão 05 – Em alguns estados brasileiros as tomadas são de 110 volts, em outros, 220 volts. Comparando uma Lâmpada 01 (110 volts – 60 watts) com uma Lâmpada 02 (220 volts – 60 watts), responda:

- e) Qual a lâmpada que consumirá mais energia elétrica da rede de distribuição?
- f) Qual a lâmpada que será percorrida por uma corrente elétrica maior?
- g) O que ocorrerá se ligarmos a lâmpada 01 em uma tomada de 220 volts?
- h) O que ocorrerá se ligarmos a Lâmpada 02 em uma tomada de 110 volts?

ANEXO II - PRÉ-TESTE - 02

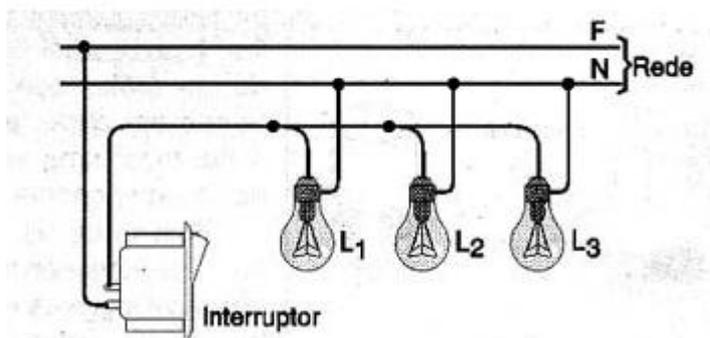
Questão 01 - Sobre aparelhos elétricos ligados a sistema de instalação elétrica responda.

- e) O que é uma resistência elétrica?
- f) Como o ferro de passar roupa funciona?
- g) Comparando um chuveiro elétrico, um ferro de passar roupa e uma lâmpada, qual consome mais energia elétrica e qual consome menos energia elétrica?
- h) Quando mudamos a chave de controle do chuveiro (verão – inverno) estamos modificando qual parâmetro físico do aparelho?

Questão 02 - Associe as grandezas físicas as suas respectivas unidades de medida:

- | | | |
|----------------------|-----|----------------------|
| f) ENERGIA | () | quilowatt (kW) |
| g) POTÊNCIA | () | volt (V) |
| h) VOLTAGEM | () | ampère (A) |
| i) CORRENTE ELÉTRICA | () | joule (J) |
| j) RESISTÊNCIA | () | quilowatt-hora (kWh) |
| | () | watt (W) |
| | () | ohm (Ω) |

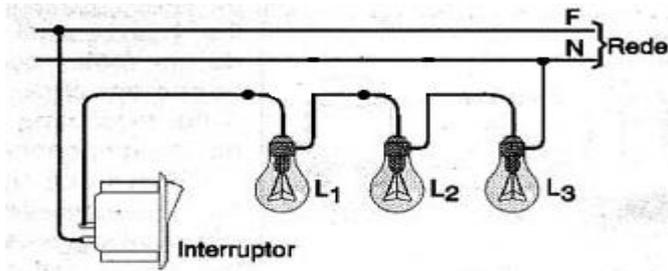
Questão 03 - Ligando três lâmpadas idênticas $L_1 = L_2 = L_3 = (60 \text{ W} - 220\text{V})$ em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:



- e) Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?
- f) Se a lâmpada do meio (L_1) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?
- g) Se a lâmpada do meio (L_3) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?

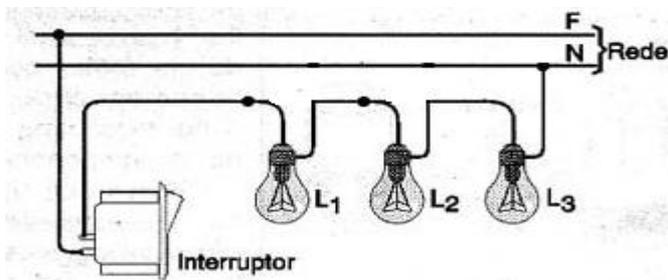
- h) Se fossemos substituir as três lâmpadas por uma única, qual deverá ser a especificação da lâmpada utilizada na substituição?

Questão 04 - Ligando três lâmpadas idênticas $L_1 = L_2 = L_3 = (60 \text{ W} - 220\text{V})$ em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:



- e) Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?
 f) Se a lâmpada do meio (L_1) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?
 g) Se a lâmpada do meio (L_3) queimar o que acontecerá com o brilho das outras lâmpadas?
 h) Se fossemos substituir as três lâmpadas por uma única, qual deverá ser a especificação da lâmpada utilizada na substituição?

Questão 05 - Ligando três lâmpadas idênticas $L_1 = (40 \text{ W} - 220\text{V})$, $L_2 = (60 \text{ W} - 220\text{V})$ e $L_3 = (100 \text{ W} - 220\text{V})$ em uma associação como representada abaixo, onde a diferença de potencial entre a fase (F) e o neutro (N) é de 220 volts responda:

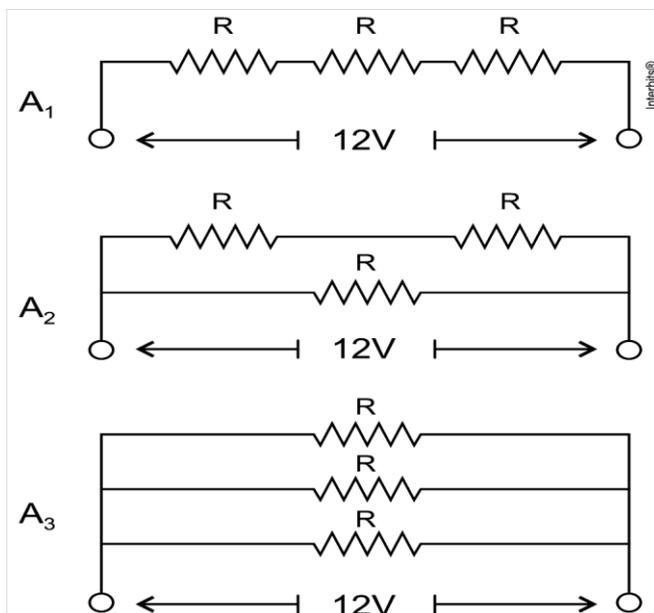


- c) Qual será a diferença de potencial elétrico nos terminais de cada uma das lâmpadas?
 d) Qual lâmpada apresentará um brilho mais intenso? E qual brilhará com menor intensidade?

ANEXO III - PÓS-TESTE

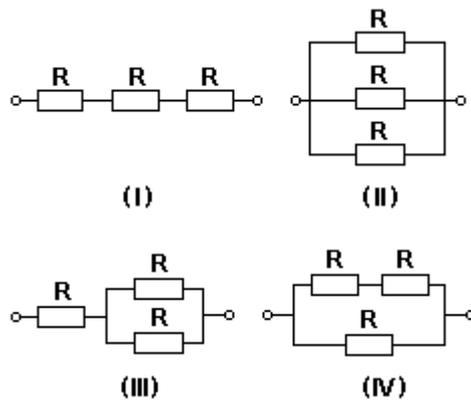
QUESTÕES

(Uem-pas 2016) Três resistores, de mesmas características, são colocados em série e esse arranjo A_1 é submetido a uma tensão de 12 V. Nessas condições, observa-se que o conjunto dissipa 3 W. Um dos resistores é retirado e colocado em paralelo com outros dois remanescentes, configurando o arranjo A_2 , que também é submetido a 12 V. Finalmente, os três resistores são colocados em paralelo formando o arranjo A_3 sujeito a 12 V.



- 21.(C)(E) A resistência equivalente no arranjo A_1 é 48Ω .
- 22.(C)(E) A corrente total que passa pelo arranjo A_2 é de aproximadamente 0,2 A.
- 23.(C)(E) O arranjo A_2 dissipa aproximadamente 1,2 W.
- 24.(C)(E) A corrente total que passa pelo arranjo A_3 vale 1,0 A.
- 25.(C)(E) As potências dissipadas nos três arranjos satisfazem $P_{A_1} < P_{A_2} < P_{A_3}$.

(Ufal 1999) Considere as associações de três resistores iguais, representados a seguir.



Analise as afirmações que seguem.

26.(C)(E) A associação com maior resistência equivalente é a I.

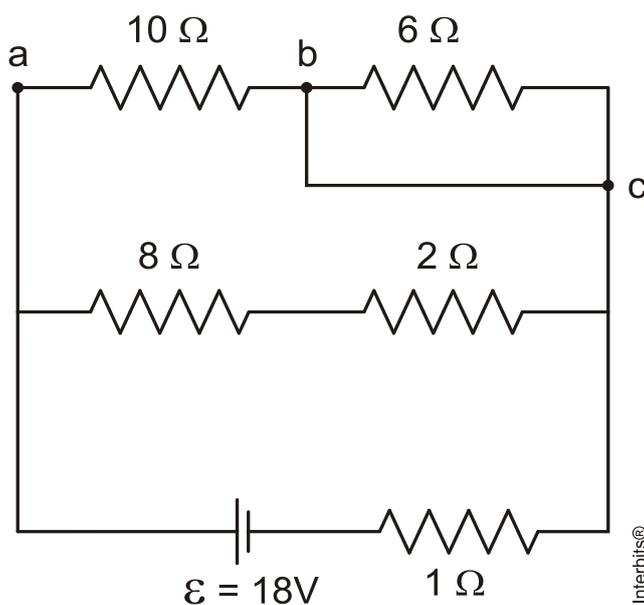
27.(C)(E) A associação com menor resistência equivalente é a II. .

28.(C)(E) Se todas as associações forem percorridas pela mesma corrente total, a que dissipará maior potência será a I. .

29.(C)(E) Se todas as associações forem submetidas a mesma ddp, a que dissipará maior potência será a II.

30.(C)(E) A resistência equivalente da associação (III) é igual à da associação (IV)

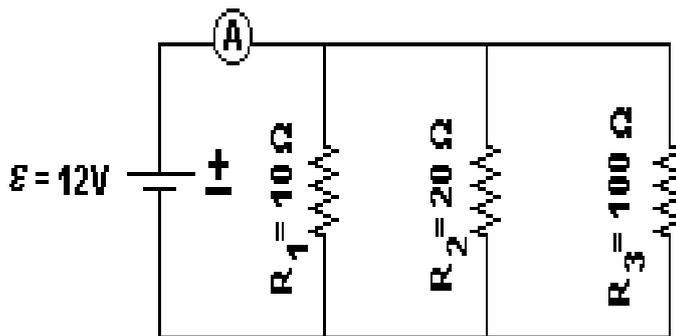
(Upe 2011) No circuito elétrico a seguir, considere um gerador de diferença de potencial igual a $\varepsilon = 18V$ e resistência interna igual a 1Ω . As resistências dos condutores de alimentação são desprezíveis.



Analise as afirmativas a seguir e conclua.

- 31.(C)(E) A resistência equivalente entre os pontos **a** e **c** do circuito vale 5Ω .
- 32.(C)(E) A corrente elétrica que circula no gerador tem intensidade igual a 3A.
- 33.(C)(E) A potência dissipada pelo resistor colocado entre os pontos **a** e **b** do circuito (10 ohms) é igual à soma da potência dissipada pelos resistores colocados entre os pontos **a** e **c** do circuito (**8 ohms e 2 ohms**).
- 34.(C)(E) A diferença de potencial elétrico entre os pontos **a** e **c** vale 18 V.
- 35.(C)(E) A resistência equivalente de todo o circuito vale 27 ohms.

(Uepg 2001) Sobre as diferentes intensidades de corrente que são possíveis no circuito a seguir, conforme os resistores que se encontrem conectados a ele, assinale as afirmativas em correto (C) ou errado (E).

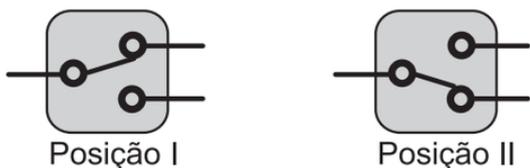


- 36.(C)(E) Estando conectados ao circuito apenas R_1 e R_3 , a intensidade da corrente, indicada no amperímetro, é 0,6 A.
- 37.(C)(E) Estando conectado ao circuito apenas R_1 , a intensidade da corrente é 1,2 A.
- 38.(C)(E) Estando conectados ao circuito R_1 , R_2 e R_3 , a intensidade da corrente, indicada no amperímetro, é 1,92 A.
- 39.(C)(E) R_1 , R_2 e R_3 impõem ao circuito uma intensidade de corrente igual a 0,09 A.
- 40.(C)(E) Estando conectados ao circuito apenas R_1 e R_2 , eles lhe impõem uma intensidade de corrente, indicada no amperímetro, igual a 1,8 A.

21. ENEM 2012 (adaptada)

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,

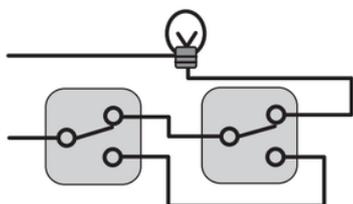
conforme mostrado nas figuras de um mesmo interruptor. Na Posição I a chave conecta o polo ao terminal superior, e na Posição II a chave o conecta ao terminal inferior.



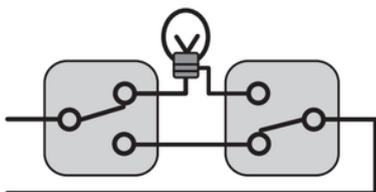
(Questão 73 do Enem 2012 - Foto: Reprodução Enem)

O circuito que cumpre a finalidade de funcionamento descrita no texto é:

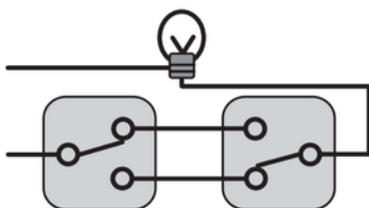
E.()



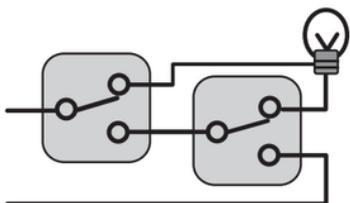
F.()



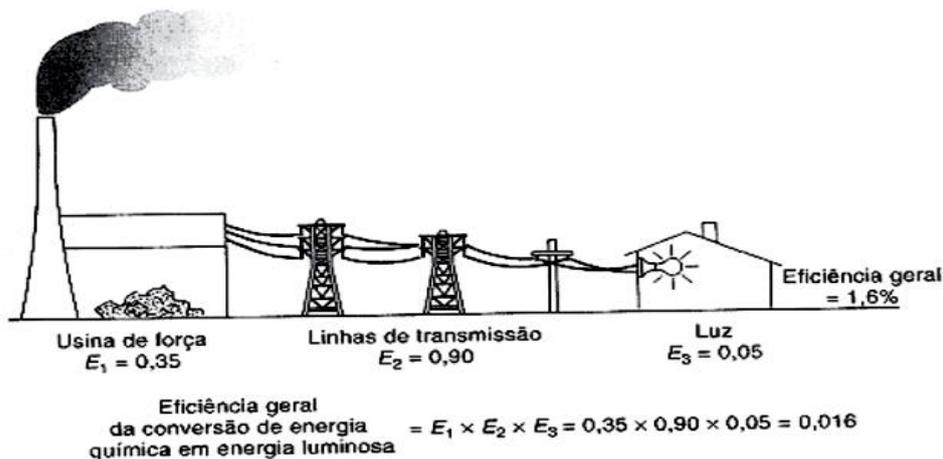
G.()



H.()



A eficiência de um processo de conversão de energia é definida como a razão entre a produção de energia ou trabalho útil e o total de entrada de energia no processo. A figura mostra um processo com diversas etapas. Nesse caso, a eficiência geral será igual ao produto das eficiências das etapas individuais. A entrada de energia que não se transforma em trabalho útil é perdida sob formas não utilizáveis (como resíduos de calor).



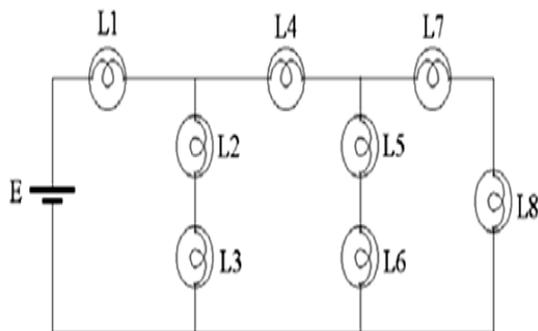
(HINRICHS, R. A. Energia e Meio Ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado). (Foto: Reprodução/Enem)

Aumentar a eficiência dos processos de conversão de energia implica economizar recursos e combustíveis. Das propostas seguintes, qual resultará em maior aumento da eficiência geral do processo?

- E.() Utilizar lâmpadas incandescentes, que geram pouco calor e muita luminosidade.
- F.() Aumentar a quantidade de combustível para queima na usina de força.
- G.() Utilizar cabos com menor diâmetro nas linhas de transmissão a fim de economizar o material condutor
- H.().Utilizar materiais com melhores propriedades condutoras nas linhas de transmissão e lâmpadas fluorescentes nas moradias.

23. ENEM 2009 (adaptada)

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.



Circuito com bateria (Foto: Reprodução/ENEM)

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?

E. () L1, L2 e L3

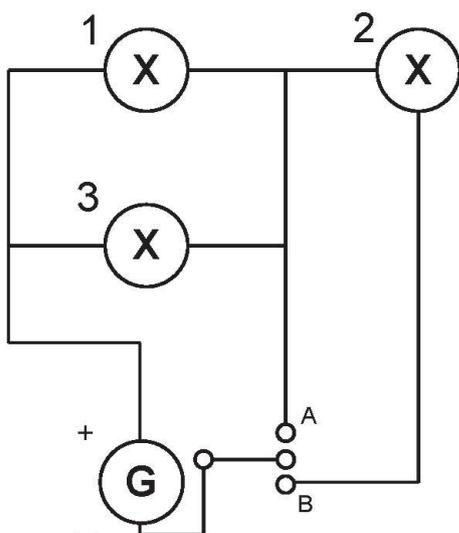
F. () L2, L3 e L4.

G. () L2, L5 e L7.

H. () L4, L5 e L6.

24. ENEM 2014 (adaptada)

Um sistema de iluminação foi construído com um circuito de três lâmpadas iguais conectadas a um gerador (G) de tensão constante. Esse gerador possui uma chave que pode ser ligada nas posições A ou B.



Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

- E.() A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.
 F.() A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.
 G.() B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.
 H.() B, pois a potência total será maior nesse caso.

25. ENEM 2015

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

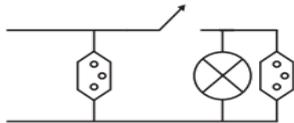
“O circuito deve ser tal que as tomadas e a lâmpada devem estar submetidas à tensão nominal da rede elétrica e a lâmpada deve poder ser ligada ou desligada por um interruptor sem afetar os outros dispositivos” — pensou.

Símbolos adotados:

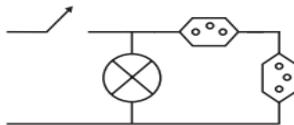
Lâmpada:  **Tomada:**  **Interruptor:** 

Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?

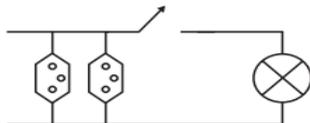
E.()



F.()



G.()



H.()

