



0

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT)

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

**JEAN ALVES DE FARIA**

***UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM  
CONJUNTO A EXPERIMENTOS VIRTUAIS PARA A  
APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO***

**CATALÃO(GO)**

**2023**



UFG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES****E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

**1. Identificação do material bibliográfico**

☒ [ X ] Dissertação      ☐ [ ] Tese      ☐ [ ] Outro\*: \_\_\_\_\_

\*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

**Exemplos:** Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

**2. Nome completo do autor**

**Jean Alves de Faria**

**3. Título do trabalho**

UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM CONJUNTO A EXPERIMENTOS VIRTUAIS PARA A APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO

**4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)**

Concorda com a liberação total do documento ☒ [ X ] SIM      ☐ [ ] NÃO<sup>1</sup>

**[1]** Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

**a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;

- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **JEAN ALVES DE FARIA, Discente**, em 19/09/2023, às 15:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jalles Franco Ribeiro Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 19/09/2023, às 15:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4054562** e o código CRC **B68C9F75**.

***UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM  
CONJUNTO A EXPERIMENTOS VIRTUAIS PARA A  
APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física, da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica. Linha de pesquisa: Física no Ensino Médio.  
Orientador: Prof. Dr. Jalles Franco Ribeiro Da Cunha

**CATALÃO (GO)**

**2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

Faria, Jean Alves de  
UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM  
CONJUNTO A EXPERIMENTOS VIRTUAIS PARA A  
APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO / Jean  
Alves de Faria. - 2023.  
133, f.

Orientador: Prof. Jalles Franco Ribeiro Da Cunha.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto  
de Física, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
em Rede, Catalão, 2023.

1. Ensino de Física. . 2. Eletrodinâmica. . 3. Teoria da  
aprendizagem significativa. . I. Cunha, Jalles Franco Ribeiro Da, orient.  
II. Título.

CDU 53

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata nº 06 da sessão de Defesa de Dissertação de **Jean Alves de Faria**, que confere o título de **Mestre em Ensino de Física**, na área de concentração **Física na Educação Básica**. Aos vinte oito dias do mês de agosto de dois mil e vinte três, a partir das 13:30 horas, por videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese/Dissertação intitulada “UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM CONJUNTO A EXPERIMENTOS VIRTUAIS PARA A APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO” nas dependências da Universidade Federal de Catalão, onde os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento encontram-se provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás, em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, já sendo realizada a transferência da Biblioteca Digital de Dissertações e Teses (BDTD). Assim, justifica-se os nomes das instituições neste documento, uma no cabeçalho (UFG), outra no corpo do texto (UFCAT). Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Jalles Franco Ribeiro da Cunha / (PPGEF/UFCAT)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **Ricardo Souza da Silva / (ICENE/UFTM)**, membro titular externo; Professor Doutor **Alessandro de Souza Carneiro / (PPGEF/UFCAT)**, membro titular interno. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Jalles Franco Ribeiro da Cunha / (PPGEF/UFCAT)**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte oito dias do mês de agosto de dois mil e vinte três.

## TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Souza da Silva, Usuário Externo**, em 29/08/2023, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alessandro De Souza Carneiro, Professor do Magistério Superior**, em 29/08/2023, às 18:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jalles Franco Ribeiro Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 12/09/2023, às 17:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4000409** e o código CRC **EDC71466**.

UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM  
CONJUNTO A EXPERIMENTOS VIRTUAIS PARA A  
APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO

Jean Alves de Faria

Orientador:

Dr. Jalles Franco Ribeiro Da Cunha

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 28 de agosto de 2023.

---

Dr. Alessandro De Souza Carneiro

---

Dr. Ricardo Souza Da Silva

CATALÃO (GO)

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que através da minha fé, me fortaleceu para que pudesse chegar ao final deste mestrado.

Agradeço a minha querida e amada Mãe Ruth que sonhou mais que eu para realização deste mestrado.

Agradeço a minha amada e companheira esposa Daniely Berto, que se disponibilizou a me ajudar em várias madrugadas de estudo, muitas vezes ficando acordada tentando resolver algum exercício; você foi peça fundamental para que eu conseguisse concluir. Muito obrigado.

Agradeço aos meus filhos Beatryz Faria e Kalebe Faria, que compreendeu a minha ausência para que eu pudesse estudar.

Agradeço ao meu pai Milton e meus irmãos Weider Faria e Patrícia Faria que me incentivaram muito, para que eu concluísse o mestrado.

Agradeço de forma muito especial a minha querida amiga professora Valeska Felix, por me ajudar na correção do texto desta dissertação.

E por fim, agradeço aos meus queridos Dr 's professores e colegas de sala que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse chegar ao fim deste mestrado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## RESUMO

Ensinar física dentro dos parâmetros de aprendizado do novo ensino médio tornou-se inválido. A aprendizagem centrada no aluno, sendo o mesmo protagonista de sua própria aprendizagem, se faz necessária. Para que essa realidade seja alterada, o aluno precisa adquirir a habilidade de buscar seu conhecimento. Como contribuição, trazemos como objetivo deste trabalho a aplicação de alguns princípios programáticos abordados aos temas de eletrodinâmica, com uso de experimentos utilizando material de baixo custo encontrado no cotidiano do aluno, associados a experimentos virtuais. Aproveitando os conhecimentos prévios do aluno, ele poderá compreender como utilizar equipamentos de medições elétricas e fazer previsões socioeconômicas em seu dia a dia. O conhecimento prévio é um dos principais fatores para o êxito no processo ensino-aprendizagem. Desenvolver um conjunto de aulas experimentais e teóricas que levem o aluno à aprendizagem significativa crítica, tornando-o protagonista de sua própria aprendizagem, enquanto o professor é um mero coadjuvante nesse processo.

**Palavra-chave:** Ensino de Física. Eletrodinâmica. Teoria da aprendizagem significativa.

### **ABSTRACT**

Teaching physics within the parameters of the new high school learning has become invalid. Student-centered learning, with the student being the protagonist of their own learning, is necessary. In order to change this reality, students need to acquire the ability to seek knowledge. As a contribution, we aim to apply certain programmatic principles to the topics of electrodynamics through experiments using low-cost materials found in everyday life, combined with virtual experiments. By leveraging students' prior knowledge, they can understand how to use electrical measurement equipment and make socio-economic predictions in their daily lives. Prior knowledge is one of the main factors for success in the teaching-learning process. Developing a set of experimental and theoretical lessons that lead students to critical meaningful learning, making them the protagonists of their own learning while the teacher plays a supporting role in this teaching-learning process.

**Keyword:** Physics Education. Electrodynamics. Theory of Meaningful Learning.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> David Paul Ausubel (1918-2008). .....                                                                                                                                                      | 14 |
| <b>Figura 2:</b> Mostra que o material pode ser potencialmente significativo, mas se o indivíduo não se importar com ele, de nada adianta esse material. ....                                               | 18 |
| <b>Figura 3:</b> Retrata a importância de o aluno ter interesse em aprender. ....                                                                                                                           | 18 |
| <b>Figura 4:</b> pássaros nos fios de alta tensão. ....                                                                                                                                                     | 21 |
| <b>Figura 5:</b> (a) Um fio de cobre em equilíbrio eletrostático. (b) introduzimos uma bateria no interior do circuito, produzindo uma diferença de potencial. ....                                         | 22 |
| <b>Figura 6:</b> A corrente $i$ que atravessa o condutor tem o mesmo valor nos planos $aa'$ e $bb'$ . ....                                                                                                  | 23 |
| <b>Figura 7:</b> A relação $i_0 = i_1 + i_2$ é verdadeira para o nó a qualquer que seja a orientação dos três fios no espaço. ....                                                                          | 25 |
| <b>Figura 8:</b> Representa um ser humano levando uma descarga elétrica. ....                                                                                                                               | 27 |
| <b>Figura 9:</b> Mostra o chuveiro elétrico, onde foi feito um corte no revestimento da parte externa para deixar exposto o condutor enrolado por onde atravessa a corrente elétrica. ....                  | 28 |
| <b>Figura 10:</b> O método de niquelação química consiste em aplicar um revestimento – no caso, o níquel químico – de alta qualidade em peças metálicas. ....                                               | 29 |
| <b>Figura 11:</b> Cromação é um processo de aplicação de cromo sobre um material, geralmente metálico, através de eletrodeposição (processo eletrolítico de revestimento de superfícies com metais). ....   | 29 |
| <b>Figura 12:</b> Mostra simbolicamente, quando ocorre a passagem de corrente a agulha magnética ela se move. ....                                                                                          | 30 |
| <b>Figura 13:</b> mostra as partes que formam um LED. ....                                                                                                                                                  | 31 |
| <b>Figura 14:</b> A densidade de corrente elétrica pode ser representada por linha de corrente, cujo espaçamento é inversamente proporcional à densidade de corrente elétrica. ....                         | 32 |
| <b>Figura 15:</b> Mostra o vetor elemento de área, perpendicular à superfície. ....                                                                                                                         | 32 |
| <b>Figura 16:</b> Portadores de carga positiva se movem com velocidade de deriva na mesma direção do campo elétrico aplicado. Por convenção, o sentido da densidade de corrente é o mesmo da corrente. .... | 34 |
| <b>Figura 17:</b> Ilustra a dificuldade de a corrente elétrica passar pelo material (resistência elétrica).....                                                                                             | 36 |

**Figura 18:** Ilustra a característica das ligações atômicas e a dificuldade dos elétrons livres de descolar no interior do corpo. ....36

**Figura 19:** Duas formas de aplicar uma diferença de potencial a um condutor. A resistência do contato é tão pequena que pode ser desprezada. No arranjo (a) em que os contatos se estendem apenas a uma pequena região das extremidades do condutor, a resistência é maior que no arranjo (b), em que os contatos cobrem toda a superfície das extremidades dos condutores. ....39

**Figura 20:** Uma diferença de potencial  $V$  é aplicada às extremidades de um fio de comprimento  $L$  e seção reta  $A$ , estabelecendo uma corrente elétrica  $i$ . ....42

**Figura 21:** Essa figura mostra um gráfico da resistividade do cobre em função da temperatura. O ponto assinala uma temperatura de referência,  $T_0 = 293K$ , na qual a resistividade é  $\rho_0 = 1,69 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ . ....44

**Figura 22:** Relato de um aluno. ....45

**Figura 23:** Laboratório Móvel de Informática e o Laboratório de Informática do colégio onde foi aplicado o produto educacional. ....46

**Figura 24:** Circuito simples, onde os círculos azuis com um sinal de  $-$  representa a corrente elétrica fluindo do polo negativo para o polo positivo da pilha. ....48

**Figura 25:** Circuito elétrico de resistores em série. ....51

## LISTA DE TABELA E GRÁFICOS

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Mostra a resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente (20°C) e o coeficiente de temperatura da resistividade, $\alpha(K)^{-1}$ . ..... | 41 |
| <b>Gráfico 1:</b> Resultado obtido da aplicação do pré-teste. ....                                                                                                  | 52 |
| <b>Gráfico 2:</b> Resultado obtido da aplicação do pós-teste. ....                                                                                                  | 53 |

## SUMÁRIO

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO.</b>                                                    | 14 |
| <b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.</b>                                         | 17 |
| 2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.                                          | 18 |
| 2.2 SUBSUNÇORES, DE ONDE VÊM?                                            | 18 |
| 2.3 CONDIÇÕES PARA OCORRÊNCIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA              | 23 |
| 2.4 O USO DE EXPERIMENTO NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.                  | 21 |
| <b>3 - CORRENTE ELÉTRICA, RESISTÊNCIA E ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES. ..</b> | 24 |
| 3.1 - POR QUE AS AVES NÃO TOMAM CHOQUE EM FIOS ELÉTRICOS?                | 24 |
| 3.2 CORRENTE ELÉTRICA.                                                   | 24 |
| 3.2.1 O SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA.                                    | 27 |
| 3.2.2 EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA.                                      | 28 |
| 3.2.2.1 EFEITO FISIOLÓGICO.                                              | 29 |
| 3.2.2.2 EFEITO TÉRMICO OU EFEITO JOULE.                                  | 30 |
| 3.2.2.3 EFEITO QUÍMICO.                                                  | 30 |
| 3.2.2.4 EFEITO MAGNÉTICO.                                                | 31 |
| 3.2.2.5 EFEITO LUMINOSO.                                                 | 32 |
| 3.3 DENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA.                                      | 33 |
| 3.4 VELOCIDADE DE DERIVA.                                                | 35 |
| <b>4. RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE.</b>                                   | 38 |
| 4.1 CÁLCULO DA RESISTÊNCIA A PARTIR DA RESISTIVIDADE.                    | 43 |
| 4.2 VARIAÇÃO DA RESISTIVIDADE COM A TEMPERATURA.                         | 44 |
| <b>5. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.</b>                              | 47 |
| 5.1 ANÁLISE DO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE.                                    | 53 |
| 5.1.1 PRÉ-TESTE.                                                         | 53 |
| 5.1.2 PÓS-TESTE.                                                         | 54 |
| 5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS.                                                | 56 |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>                                    | 59 |
| <b>7. APÊNDICE A – PRÉ-TESTE.</b>                                        | 61 |
| <b>8. APÊNDICE B – PÓS-TESTE.</b>                                        | 65 |
| <b>9. APÊNDICE C - PESQUISA.</b>                                         | 69 |
| <b>10. APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL.</b>                             | 74 |

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento desta pesquisa tem a intenção de discutir o Ensino de Física no Ensino Médio do Colégio Estadual Prof.<sup>a</sup> Eva Assunção que se chamava Colégio Estadual Edmundo Rocha cuja alteração se deu pela lei nº 22090, de 06 de julho de 2023 e que está situado na Avenida Leopoldo de Bulhões qd 01 Lt 01, Conjunto Vera Cruz II, Goiânia-GO. Cabe aqui informar que a alteração do nome foi para homenagear a Professora Eva da Silva Assunção que faleceu vítima da Covid-19 em 28 de fevereiro de 2021 aos 56 anos. A homenageada foi diretora por mais de 10 anos e exerceu o cargo de professora por vários anos nessa instituição.

Ao investigar o produto educacional, são procuradas diferentes estratégias de ensino aprendizagem através da utilização de experimentos de baixo custo em conjunto com experimentos virtuais para a aprendizagem de eletrodinâmica no ensino médio. O objetivo é discutir as atividades propostas aos alunos, os quais devem seguir um roteiro com instruções precisas e detalhadas para o desenvolvimento das atividades experimentais propostas pelos professores.

A curiosidade intelectual é exercitada e a abordagem própria das ciências é utilizada para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (Brasil, 2018, p.11).

A própria Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orienta que o aluno seja levado a desenvolver a curiosidade intelectual, recorrendo a investigações e análises críticas, utilizando a imaginação para que ele elabore e teste hipóteses para a resolução de problemas, criando soluções. A área de ensino de Ciências, especialmente a Física, está preocupada com a melhoria do ensino e da aprendizagem. Com a implantação da BNCC, surge a necessidade de implementar com mais ênfase a parte experimental, que muitas vezes é insuficiente na rede pública. A falta de estrutura, o excesso de aulas dos professores, o número limitado de aulas semanais e a ausência de um laboratório adequado dificultam o trabalho com atividades práticas. Além disso, os custos para realizar experimentos geralmente não são cobertos pela escola, sendo que os professores precisam arcar com esses gastos pessoais.

A partir dos experimentos procura-se discutir as especificidades dessa disciplina diante das questões que permeiam os campos da educação de maneira ampla e do Ensino de Física na escola pública onde são ministradas as aulas.

Neste trabalho, busca-se esclarecer e explicar o conteúdo de eletrodinâmica por meio de aulas experimentais. Tanto experimentos desenvolvidos pelos próprios alunos quanto experimentos apresentados pelo professor, bem como experimentos virtuais encontrados em plataformas de ensino, como os simuladores da Physics Education Technology Project, da Universidade do Colorado (EUA) (PhET Colorado).

No decorrer dos anos de experiência no ensino de Física, as aulas foram ministradas transmitindo conhecimentos apenas com papel, levando o aluno a imaginar como os conceitos passados/explicados interagem com o mundo e, conseqüentemente, deixando de pensar e interagir com esses conceitos. A proposta desta abordagem visa adotar perspectivas de aulas expositivas para a introdução do conteúdo, considerando o conhecimento prévio do aluno, associando o desenvolvimento desse conteúdo a experimentos de Física, tanto práticos quanto virtuais. Busca-se, assim, a diversificação da aprendizagem na sala de aula, permitindo que os conceitos ensinados sejam compreendidos de maneira significativa. A falta desse conhecimento pode ser constatada por meio de queixas de professores em relação à clareza da aprendizagem dos alunos em relação ao que está sendo ensinado ou pretendido ensinar.

Neste trabalho, parte-se do princípio de que as escolas estão construindo seus planos pedagógicos escolares dentro das diretrizes de uma educação para a cidadania, a criatividade e a vivência da democracia e liberdade. Esse plano visa possibilitar que os jovens encontrem um caminho para a construção de uma sociedade mais digna para todos. O objetivo deste trabalho, por meio de aulas expositivas com diálogo e experimentos de Física, é permitir que o aluno pense, construa seus próprios conceitos, levante dúvidas e tente explicar seus erros e acertos. Isso levará o aluno a pesquisar e questionar suas descobertas durante as aulas práticas de experimentos de baixo custo na disciplina de Física, utilizando materiais facilmente acessíveis aos alunos. Isso tornará as aulas mais atrativas, interessantes e democráticas.

Apesar das dificuldades enfrentadas nas escolas públicas, como a falta de materiais, incluindo até mesmo tinta para quadro branco (uma vez que a escola em questão não possui mais quadro de giz), falta de laboratórios e materiais didáticos, não se deve restringir o ensino de Física apenas à teoria. Isso não permitiria alcançar os objetivos de forma satisfatória, já que ensinar Física não é fácil e aprender é ainda mais desafiador. Portanto, são apresentadas ideias que não requerem muitos recursos para sua implementação, sendo ao mesmo tempo interessantes, diferentes e inovadoras. Essas ideias permitem que alunos e professores realizem experimentos sem sair da sala de aula, sendo experiências úteis tanto para o processo

pedagógico quanto para o enriquecimento pessoal tanto do aluno quanto do professor por meio da experiência de ensino.

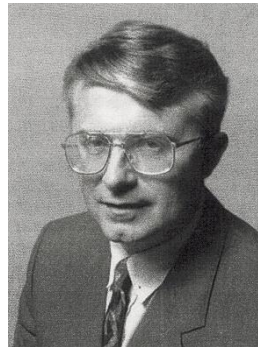
O objetivo é enfrentar um grande problema observado ao longo de aproximadamente dezenove anos ministrando aulas de Física. A falta de interesse e participação dos alunos na disciplina é percebida, e isso pode ser atribuído à forma como a disciplina é abordada nas escolas públicas, frequentemente limitando-se à teoria e à resolução de exercícios. Isso ocorre, em parte, devido à dificuldade dos professores em acessar experimentos práticos devido à falta de laboratórios de ciências nas escolas públicas. Além disso, a quantidade de aulas de Física nas grades curriculares é limitada, com apenas duas aulas por semana para os primeiros e terceiros anos, e uma aula para o segundo ano do Ensino Médio. Considerando ainda que cada aula dura apenas cinquenta minutos, torna-se desafiador para um professor incorporar a parte experimental.

O produto educacional busca criar uma sequência didática que envolva aulas com experimentos práticos e virtuais para introdução à eletrodinâmica. O objetivo é utilizar materiais de fácil acesso, tanto para os alunos quanto para os professores, permitindo a realização desses experimentos dentro da sala de aula, sem riscos para os envolvidos e com baixo custo. A ideia é apresentar experimentos de fácil montagem que requerem pouco tempo para serem realizados, possibilitando a incorporação da parte experimental e aumentando o interesse e participação dos alunos na disciplina de Física.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

David Paul Ausubel (1918-2008), renomado psicólogo educacional norte-americano, é reconhecido por suas valiosas contribuições à área da educação, especialmente em relação à teoria da aprendizagem significativa. Ausubel desenvolveu uma perspectiva pedagógica que enfatiza a importância de vincular novos conhecimentos aos conhecimentos prévios dos alunos, permitindo uma compreensão mais profunda e duradoura do conteúdo.

**Figura 1:** David Paul Ausubel (1918-2008).



fonte: <https://www.rededucom.org/dialogo-com-outras-correntes/aprendizagem-significativa-de-david-ausubel.htm> acessado em 03/08/2023 as 10 horas e 45 minutos

Sua teoria da aprendizagem significativa, que se baseia no construto da assimilação, sugere que a aprendizagem ocorre quando as novas informações são relacionadas e ancoradas nos conceitos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Ausubel chamou esses conceitos prévios de (ou "subsunçores"), que servem como âncoras para a assimilação de novos conhecimentos. Em outras palavras, ele acreditava que aprender não é apenas memorizar fatos isolados, mas sim integrá-los ao conhecimento já existente, criando um significado mais profundo.

Uma das principais premissas da teoria de Ausubel é que a aprendizagem é mais eficaz quando o conteúdo é relevante e relacionado à vida do aluno. Ele defendia a ideia de que os educadores deveriam organizar o ensino de forma a conectar o novo material aos conceitos familiares e acessíveis aos estudantes. Além disso, ele destacava a importância de uma abordagem de ensino que enfatizasse a compreensão em vez da memorização, incentivando os alunos a questionar, explorar e elaborar ativamente o conhecimento.

Uma das estratégias pedagógicas associadas a Ausubel é a "organização do material", em que os educadores estruturam o conteúdo de forma lógica e sequencial, destacando relações entre conceitos e fornecendo exemplos concretos para ilustrar abstrações. Essa abordagem tem o propósito de facilitar a ancoragem do novo conhecimento aos subsunçores existentes, promovendo, assim, a aprendizagem significativa.

Ao longo de sua carreira, Ausubel influenciou significativamente a forma como o ensino é abordado, especialmente em ambientes educacionais que valorizam a compreensão profunda sobre a memorização superficial. Sua ênfase na conexão entre o novo e o conhecido trouxe uma abordagem mais humanizada e personalizada para a educação, levando em consideração as experiências individuais dos alunos e enriquecendo o processo de aprendizagem.

## **2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Aprendizagem significativa ocorre quando a ideia nova interage com os conhecimentos já adquiridos pelo aprendiz de maneira substantiva, não literal e não arbitrária. Não literal é o sentido figurado em que as palavras ou expressões adquirem significados específicos em situações particulares de uso. A palavra tem valor conotativo quando seu significado é ampliado ou alterado no contexto em que é empregada e sugere ideias que vão além de seu sentido mais usual. Não arbitrária significa que a interação não ocorre com qualquer ideia prévia, mas sim com conhecimentos específicos relevantes já presentes na estrutura cognitiva do indivíduo que está aprendendo.

A esta ideia especificamente relevante na nova aprendizagem, a qual pode ser um símbolo que já possui algum significado, um exemplo, um modelo mental, um conceito ou uma imagem, David Ausubel (1918-2008) chamou de "Subsunçor" ou "ideia-âncora".

De acordo com Moreira (2012), subsunçores são os conhecimentos específicos existentes na estrutura de conhecimento do indivíduo, que permitem conferir significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por meio da recepção quanto da descoberta, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência prévia de conhecimentos específicos e da interação com eles.

## **2.2 SUBSUNÇORES DE ONDE VEM?**

Admitindo-se que o aprendizado significativo é preferível ao aprendizado mecânico e que este último pressupõe a existência de subsunçores anteriores contendo algum conhecimento para servir como âncora para novos conhecimentos mais organizados e elaborados, surge a questão: o que fazer quando esses subsunçores não estão presentes? Como garantir a aprendizagem significativa na ausência de subsunçores? De onde provêm esses subsunçores? Como são formados?

Uma resposta plausível é que o aprendizado mecânico se faz sempre necessário quando alguém adquire informações em um campo totalmente desconhecido, ou seja, a aprendizagem mecânica ocorre até que certos elementos do conhecimento estabeleçam conexões com novas informações no mesmo domínio em que existem na estrutura cognitiva, e possam assim servir como subsunçores, mesmo que em estágio pouco elaborado. À medida que a aprendizagem se torna significativa, esses subsunçores adquirem sofisticação, tornando-se capazes de ancorar novas informações.

Outra possibilidade é que em crianças pequenas, os conceitos são adquiridos por meio de um processo chamado formação de conceitos. Esse processo resulta de uma atividade complexa em que todas as funções intelectuais fundamentais (atenção deliberada, memória lógica, abstração, habilidade de comparação e diferenciação) desempenham um papel e envolvem a generalização de conceitos a partir de instâncias específicas. No entanto, ao atingirem a idade escolar, a maioria das crianças já dispõe de um conjunto adequado de conceitos para a aprendizagem significativa. A partir desse ponto, embora a formação de conceitos ocorra de tempos em tempos, a aquisição da maioria dos novos conceitos é realizada por meio de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos – tópicos que não serão abordados nesta dissertação.

Por outro lado, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que atuam como âncoras para a nova aprendizagem e estimulam o desenvolvimento de conceitos subsunçores, facilitando, dessa forma, a aprendizagem subsequente. A estratégia de uso de organizadores prévios visa manipular deliberadamente a estrutura cognitiva para promover a aprendizagem significativa. Esses organizadores são materiais introdutórios apresentados antes do conteúdo principal a ser aprendido. Ao contrário de resumos que costumam ser apresentados no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, apenas destacando certos aspectos do assunto, os organizadores são introduzidos em um patamar mais elevado de abstração, generalidade e inclusividade. Segundo o próprio Ausubel, a principal função dos organizadores prévios é estabelecer uma ponte entre o conhecimento prévio do aprendiz e o conhecimento que ele deve adquirir, de modo a permitir que o material seja aprendido de maneira significativa. Em outras palavras, os organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem, atuando como "pontes cognitivas".

### 2.3 CONDIÇÕES PARA OCORRÊNCIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo os postulados de Ausubel (1978, p. 41), "a essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias expressas de forma simbólica devam ser relacionadas de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária com o que o aprendiz já conhece, ou seja, com algum aspecto de sua estrutura cognitiva que seja especificamente relevante para assimilar essas ideias. Esse aspecto particularmente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição, que já tenha significado.

Dessa forma, uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material novo a ser aprendido deva ser intrinsecamente significativo do ponto de vista lógico, contendo uma estrutura interna organizada que não seja arbitrária e que não se baseie em princípios lógicos, morais ou em regras universais.

Além disso, o aluno deve possuir um conhecimento prévio (os subsunçores) relevante, capaz de ser relacionado de maneira substancial com o novo conteúdo a ser aprendido.

Na perspectiva apresentada, é de fundamental importância que o aprendiz demonstre disposição e interesse em relacionar de maneira substancial e não arbitrária o novo material, que possui potencial significativo, com a sua estrutura cognitiva. Esta condição implica que, independentemente do grau de significância potencial do material a ser assimilado, se a intenção do aprendiz for meramente memorizar de forma arbitrária e literal, tanto o processo quanto o resultado da aprendizagem serão mecanizados (ou automáticos). De forma recíproca, independentemente do nível de motivação do indivíduo para aprender, nem o processo nem o resultado da aprendizagem terão significado, caso o material não seja inerentemente significativo.

**Figura 2:** Mostra que o material pode ser potencialmente significativo, mas se o indivíduo não se importar com ele, de nada adianta esse material.



Fonte: <https://i.pinimg.com/564x/f5/a8/9e/f5a89eb4e0b52269a73fb52f911e927b.jpg> retirado em

02/03/2022 acessado as 14 horas e 30 minutos.

**Figura 3:** Retrata a importância de o aluno ter interesse em aprender.



Fonte: [https://overdosedeteorias.files.wordpress.com/2016/04/didatica\\_charge.jpg](https://overdosedeteorias.files.wordpress.com/2016/04/didatica_charge.jpg) acessado 02/03/2022 as 15 horas e 05 minutos

## 2.4 O USO DE EXPERIMENTO NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

O emprego de experimentos que envolvem materiais de baixo custo na área educacional representa um campo emergente nas ciências, no qual o próprio conceito traz consigo a ideia subjacente de pluralidade, interconexão e intercâmbio crítico entre conhecimentos e concepções propostas por diversos pensadores. Esta abordagem encontra-se em processo de desenvolvimento argumentativo, tornando ainda mais relevante a aplicação de teorias fundamentadas em perspectivas coerentes sobre a natureza humana e a realidade. A adoção dessas teorias é essencial para uma observação e análise mais precisa de uma variedade de eventos, fatos e fenômenos, com o propósito de estabelecer relações significativas entre eles.

As teorias científicas jamais poderão oferecer uma descrição completa e definitiva da realidade. Serão sempre aproximações da verdadeira natureza das coisas. Em palavras mais duras, os cientistas não lidam com a verdade; lidam com descrições limitadas e aproximadas da realidade” (Capra, 1993; 55)

Galileu, Newton, Einstein, Bohr, Darwin e outros proeminentes cientistas da Física compartilhavam algo em comum com os estudantes contemporâneos: a curiosidade. Eles exploraram, formularam hipóteses, cometeram erros e acertos, impulsionando assim o progresso científico. Da mesma forma, nossos alunos, desafiando e provocando, têm o potencial de engajar-se nesse processo, realizando descobertas e compreendendo conceitos de Física, mesmo com recursos e idades limitados. A necessidade de promover o ensino da Física, incentivando o desafio e fomentando o espírito científico nos alunos, é algo que não deve ser ignorado.

Sendo assim, é imperativo considerar de maneira sistematizada a natureza em constante evolução da Física. Essa evolução se torna mais evidente por meio dos experimentos realizados durante as aulas práticas de Física.

Quando avaliamos as oportunidades de incorporar experimentos de baixo custo no ambiente educacional da escola pública em que trabalhamos, nosso objetivo é contribuir para o desenvolvimento de um processo de ensino-aprendizagem significativo. Nesse contexto, não é apropriado basear-se em qualquer estrutura teórica preexistente. Em vez disso, é necessário criar uma base conceitual que represente uma fusão de diferentes teorias e que permita uma compreensão aprofundada do fenômeno educacional em sua singularidade e especificidade.

A abordagem que tenho desenvolvido em relação à incorporação de experimentos de baixo custo na disciplina de Física, utilizando materiais do cotidiano, é fundamentada em uma perspectiva ampla que abrange aprendizagem significativa, filosofia do conhecimento, domínio tecnológico e integração dos materiais do dia a dia na prática pedagógica. Essa abordagem não apenas rejeita a ideia de construção de blocos sobrepostos, mas também não se apoia em nenhum conceito fundamental absoluto – não há constantes, leis ou equações fundamentais que sirvam como base.

A implementação do uso de experimentos nas aulas práticas de Física levou ao desenvolvimento de metodologias instrucionista, incorporando elementos lúdicos para aprimorar a aprendizagem dos alunos no Ensino Médio.

Dentro da abordagem instrucionista de Piaget e da aplicação pedagógica dos experimentos de baixo custo nas aulas práticas de Física, o conteúdo a ser ensinado é subdividido em módulos e organizado de forma lógica, alinhado à perspectiva pedagógica do planejador do material instrucional. Ao final de cada semestre, espera-se que os alunos tenham a capacidade de realizar com sucesso algumas experiências.

As Experiências de baixo custo de Física funcionam como a máquina de Ensino aprendizagem na prática do dia a dia, onde estabelece *a priori* as diversas possibilidades, os passos ou as alternativas a serem adotadas pelos alunos. O professor torna-se um mero espectador do processo de exploração pelo aluno. (Almeida, 1994: 01)

Em resumo, a jornada de pioneiros como Galileu, Newton, Einstein, Bohr e Darwin, marcada por sua curiosidade incessante, ressalta o papel essencial dessa característica na busca do conhecimento. Paralelamente, os estudantes contemporâneos, ao desafiarem os limites e instigarem indagações, demonstram um potencial semelhante para a exploração científica. A

imperiosa necessidade de infundir o ensino da Física com desafios, incentivando um espírito de investigação nos alunos, emerge como uma responsabilidade incontestável na educação.

Dentro desse contexto, a Física se revela como uma disciplina em constante evolução, evidenciada de forma eloquente através dos experimentos práticos. Ao considerar a integração de experimentos de baixo custo na esfera educacional pública, emerge uma abordagem centrada na promoção de um processo de ensino-aprendizagem profundamente significativo. Esta abordagem demanda uma base conceitual que transcende paradigmas estabelecidos, permitindo uma compreensão holística da singularidade do processo educacional.

### 3 - CORRENTE ELÉTRICA, RESISTÊNCIA E ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

#### 3.1 - POR QUE AS AVES NÃO TOMAM CHOQUE EM FIOS ELÉTRICOS?

**Figura 4:** pássaros nos fios de alta tensão.



Fonte: <https://eletricista24hs.com.br/wp-content/uploads/2021/05/passaros-nos-fios-eletricos.png> acessado em 19/08/2022 as 12 horas e 05 minutos.

Certamente já se observou aves pousadas em fios de postes de energia e questionou-se sobre a ausência de choques elétricos nelas. A explicação para tal indagação é simples: cada fio dos postes possui um valor de potencial elétrico único. Quando uma ave pousa em um fio, ela adquire o mesmo potencial que o fio em questão. Para que essa ave fosse sujeita a um choque elétrico (uma descarga elétrica), seria imperativo que existisse uma disparidade de potencial entre as suas patas, dando origem, assim, a uma corrente elétrica. Dado que essa disparidade não está presente, não se estabelece a formação de corrente elétrica através do corpo da ave.

#### 3.2 CORRENTE ELÉTRICA

Segundo Halliday e Resnick (2016), o movimento de partículas carregadas não gera correntes elétricas em todos os casos. Para que uma corrente flua através de uma superfície específica, é necessário que exista uma carga líquida atravessando essa superfície.

Ao considerar os elétrons livres dentro de um fio de cobre, eles se movem aleatoriamente a uma velocidade média de aproximadamente 106 m/s. Se imaginarmos um plano perpendicular ao fio, os elétrons de condução passam por esse plano em ambas as direções bilhões de vezes por segundo. No entanto, isso não resulta em um fluxo líquido de carga, levando à ausência de corrente no fio de cobre.

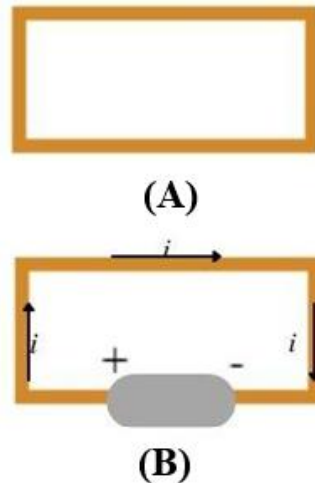
No entanto, ao conectar as extremidades do fio a uma bateria, o número de elétrons que passa pelo plano em uma direção supera aquele que passa na direção oposta. Isso resulta em uma carga líquida em movimento e, conseqüentemente, em uma corrente elétrica no fio.

No estudo da corrente constante em condutores metálicos, como o fio de cobre, limitamo-nos a essa situação. Em um circuito fechado feito de material condutor, todos os pontos possuem o mesmo potencial, mesmo que haja um excesso de carga. Não pode existir

um campo elétrico dentro do material ou paralelo à superfície, e os elétrons de condução disponíveis não são afetados pela eletricidade, o que resulta na ausência de fluxo de corrente.

Por outro lado, a introdução de uma bateria em um circuito perturba o equilíbrio dos potenciais, criando um campo elétrico dentro do material. Esse campo exerce uma força sobre os elétrons de condução, induzindo-os a mover-se preferencialmente em uma direção específica e gerando, assim, uma corrente elétrica. Com o tempo, o movimento dos elétrons atinge um valor constante, levando a corrente a atingir um estado estacionário, onde não varia mais com o tempo.

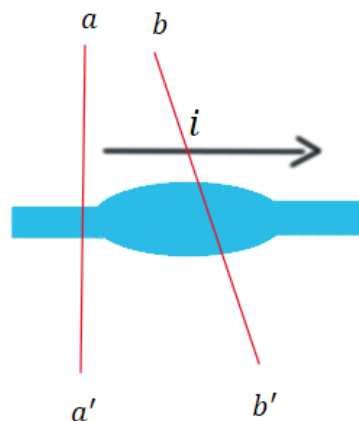
**Figura 5:** (a) Um fio de cobre em equilíbrio eletrostático. (b) introduzimos uma bateria no interior do circuito, produzindo uma diferença de potencial.



Fonte: acervo do próprio autor

A figura 5 mostra uma seção reta de um condutor, parte de um circuito no qual existe uma corrente.

**Figura 6:** A corrente  $i$  que atravessa o condutor tem o mesmo valor nos planos  $aa'$  e  $bb'$ .



Fonte: acervo do próprio autor

Sua carga elétrica  $dq$  passa por um plano hipotético (como  $aa'$ ) Em um intervalo de tempo  $dt$ , a corrente  $i$  nesse plano é definida como:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (\text{definição de corrente elétrica})$$

Podemos determinar através da integração da carga elétrica que passa pelo plano, no decorrer do intervalo de tempo de 0 até  $t$ :

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

Onde a corrente elétrica  $i$  pode variar com o tempo.

No regime estacionário a corrente é a mesma em todos os planos e em qualquer outro plano que cortar totalmente o condutor, seja qual for a sua localização ou orientação. Isso é uma decorrência do fato de que a carga elétrica é conservada. No regime estacionário, para cada Elétron que passa pelo um plano um Elétron deve passar pelo plano subsequente da mesma forma, quando um fluxo contínuo de água está passando por uma mangueira de jardim, para cada gota que sai pelo bico da mangueira deve entrar uma outra gota na outra extremidade; a quantidade de água na mangueira também é uma grandeza conservada.

A unidade de corrente elétrica no SI é o coulomb por segundo ou ampère, representado pelo símbolo A:

$$1 \text{ ampère} = 1 A = 1 \text{ coulomb por segundo} = 1 \frac{C}{s}$$

A unidade de corrente elétrica, o "ampère" (símbolo: A), recebeu seu nome em referência a André-Marie Ampère (1775 – 1836), um proeminente físico e matemático do século XIX. A seleção desse nome para denominar a unidade de corrente elétrica ocorreu devido às contribuições pioneiras feitas por Ampère no campo da eletrodinâmica, que analisa os efeitos resultantes da eletricidade em movimento, incluindo a relação entre correntes elétricas e campos magnéticos.

A escolha de nomear a unidade em homenagem a Ampère reconhece as contribuições importantes feitas por ele na compreensão das interações entre correntes elétricas e magnetismo. A Lei de Ampère, desenvolvida por ele, descreve como as correntes elétricas originam campos magnéticos ao seu redor e como esses campos afetam outras correntes

elétricas. Essa lei, fundamental para o eletromagnetismo, teve um papel crucial no desenvolvimento de aplicações práticas como motores elétricos e transformadores.

Portanto, a denominação da unidade de corrente elétrica em homenagem a Ampère é um reconhecimento de sua influência na compreensão da conexão entre eletricidade e magnetismo.

Ao lado de outras unidades de medidas como o segundo, metro, kelvin, mol, quilograma etc., o ampere é considerado uma unidade fundamental no SI. É importante mencionar que a definição do ampere não faz referência a uma quantidade específica de carga elétrica. A determinação do ampere é realizada através da aplicação da relação mencionada anteriormente.

A corrente elétrica que foi previamente definida é uma grandeza escalar, visto que tanto a carga elétrica quanto o tempo presentes na equação são grandezas escalares. Contudo, é uma prática comum representar a corrente elétrica com uma seta para indicar a direção na qual as cargas elétricas estão se movendo. É relevante destacar que essas setas não possuem natureza vetorial e, portanto, as regras das operações vetoriais não se aplicam a elas.

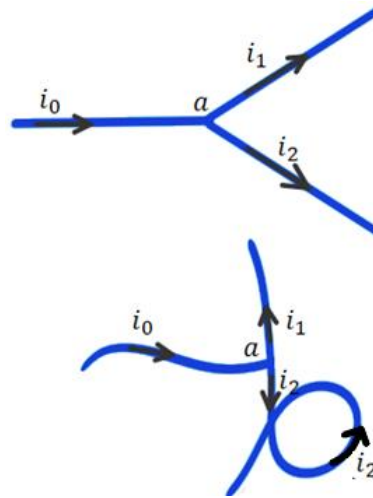
### **3.2.1 O SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA**

No início da história da eletricidade, foi estabelecido o sentido da corrente elétrica como aquele do fluxo de cargas positivas. Esse sentido permanece em uso até os dias atuais, sendo denominado de sentido convencional da corrente.

O sentido real da corrente elétrica é determinado pelas características do condutor. Em sólidos, as cargas responsáveis pela corrente real são os elétrons livres; em líquidos, os portadores de corrente são íons positivos e íons negativos; já em gases, encontramos íons positivos, íons negativos e elétrons livres.

O sentido real corresponde ao movimento resultante das cargas elétricas livres (portadores). Esse movimento ocorre em direção oposta ao campo elétrico quando os portadores são negativos, como nos condutores metálicos, e na mesma direção do campo quando os portadores são positivos.

**Figura 7:** A relação  $i_0 = i_1 + i_2$  é verdadeira para o nó a qualquer que seja a orientação dos três fios no espaço.



Fonte: acervo do próprio autor

De acordo com Sears & Zemansky; Young & Freedman (2015), chama-se a atenção para o fato de que a corrente elétrica não possui natureza vetorial, embora frequentemente utilizemos a palavra no contexto de uma corrente. Nota-se que essa grandeza não tem características vetoriais. No caso de um fio conduzindo corrente, ela flui sempre ao longo do comprimento do fio, seja este retilíneo ou curvo. A utilização de um único vetor não seria apropriada para descrever essa grandeza ao longo de uma trajetória curva. Por esse motivo, a corrente elétrica não é considerada uma grandeza vetorial. A direção da corrente é expressa por meio de palavras, como na frase “a corrente flui no sentido horário em torno do circuito”, ou pode ser estabelecida como positiva para a corrente que segue em determinada direção e negativa para aquela que flui no sentido oposto.

A medida da intensidade da corrente elétrica em ampère é popularmente conhecida como amperagem. Essa medida desempenha um papel essencial em garantir o funcionamento adequado dos dispositivos elétricos. A medição da corrente é fundamental para determinar se a carga elétrica fornecida é apropriada para o funcionamento de um equipamento específico. Além disso, essa medida também contribui para evitar o superaquecimento da rede elétrica e a ocorrência de curtos-circuitos, cenários que podem representar riscos tanto em ambientes domésticos quanto empresariais.

### 3.2.2 EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica, ao atravessar um condutor, podia ocasionar diversos efeitos, conforme a natureza do condutor e a intensidade da corrente. Os quatro efeitos principais da

corrente elétrica serão citados a seguir: efeito psicológico, efeito térmico (ou Joule), efeito químico, efeito magnético e efeito luminoso.

### 3.2.2.1 EFEITO FISIOLÓGICO

O efeito fisiológico é resultado da passagem da corrente elétrica por um organismo vivo. A corrente elétrica afeta diretamente o sistema nervoso, desencadeando contrações musculares; nesse cenário, é descrito que ocorreu um choque elétrico, de acordo com a figura 7.

**Figura 8:** Representa um ser humano levando uma descarga elétrica.



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/y/273/choque-380.jpg>  
acessado em 23/08/2022 as 10 horas e 48 minutos.

No pior caso de choque, origina-se quando uma corrente elétrica penetra no corpo de uma pessoa por uma das mãos e sai pelo outro membro, resultando na passagem da corrente pelo tórax de maneira contínua. Nessa situação, a probabilidade de afetar o funcionamento normal do coração e da respiração é considerável, embora seja importante salientar que o impacto fisiológico está vinculado à intensidade da corrente elétrica.

O limiar mínimo de intensidade de corrente perceptível é de 1 mA. Essa magnitude gera sensações de coceira ou formigamento leves. No entanto, à medida que a intensidade da corrente elétrica aumenta para 10 mA, a capacidade de controlar os músculos pode ser perdida, dificultando até mesmo abrir a mão e interromper o contato.

Contudo, a faixa de intensidade potencialmente letal situa-se aproximadamente entre 10 mA e 3 A. Dentro dessa faixa, a corrente elétrica atravessa o tórax, afetando o ritmo cardíaco de modo suficiente para causar alterações. Quando o ritmo cardíaco é perturbado, o coração cessa de bombear sangue eficazmente, podendo levar à morte em questão de segundos. Caso a intensidade da corrente seja ainda maior, pode ocorrer a paralisação total do coração. Nesse

caso, o coração entra em um estado de contração máxima devido à corrente elétrica. Normalmente, após a interrupção da corrente elétrica, o coração tende a relaxar e pode recomeçar a bater, como se não tivesse ocorrido nenhuma anomalia. A paralisação do coração resulta em uma interrupção da circulação sanguínea, e mesmo alguns minutos de circulação comprometida podem acarretar danos cerebrais irreversíveis.

### 3.2.2.2 EFEITO TÉRMICO OU EFEITO JOULE

O efeito térmico, ou também conhecido como efeito joule, é causado pela colisão dos elétrons livres contra os átomos dos condutores. Ao receberem energia da colisão dos elétrons contra os átomos, os átomos vibram mais intensamente. Quanto maior for a vibração dos átomos, maior será a temperatura do condutor. Nessas condições observa-se o aquecimento externo do condutor. Esse efeito é frequentemente aproveitado em aquecedores, como o chuveiro. Como representado na figura 8. Em países onde a temperatura ambiente é mais baixa do que no Brasil, utiliza-se bastante aquecedores em vez de ar-condicionado aproveitando o efeito térmico, nesses países a temperatura ambiente é baixa, costuma-se aquecer até o piso do ambiente.

**Figura 9:** Mostra o chuveiro elétrico, onde foi feito um corte no revestimento da parte externa para deixar exposto o condutor enrolado por onde atravessa a corrente elétrica.



Fonte: <https://www.blukit.com.br/plugins/ckeditor/ckfinder/userfiles/images/Fotos%20Produtos/Acessorios/resistencia-eletrica-chuveiro-ducha-torneira-390301-390302-390303-390304-aplicacao.jpg> acessado em 23/08/2022 as 14 horas e 48 minutos.

### 3.2.2.3 EFEITO QUÍMICO

O efeito químico corresponde a determinadas reações químicas que ocorrem quando a corrente elétrica atravessa as soluções eletrolíticas. É muito comum utilizar o efeito químico nos processos de recobrimento de metais, como a galvanização. A galvanização é um processo químico ou eletroquímico no qual uma fina camada de metal é depositada sobre a superfície de um objeto, seja ele metálico ou não. Normalmente, esse procedimento é realizado por meio de eletrólise em um líquido aquoso. Além disso, a galvanização pode ser denominada de outras formas, como niquelação, cromação, prateação, entre outras.

**Figura 10:** O método de niquelação química consiste em aplicar um revestimento – no caso, o níquel químico – de alta qualidade em peças metálicas.



Fonte: <https://www.coatingtec.com.br/imagens/informacoes//niquelacao-quimica-03.jpg> Acessado em 23/08/2022 as 15 horas e 05 minutos

**Figura 11:** Cromação é um processo de aplicação de cromo sobre um material, geralmente metálico, através de eletrodeposição (processo eletrolítico de revestimento de superfícies com metais)



Fonte: Foto, Aleksey Zhagunov / Shutterstock.com disponível em <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2011/01/cromagem-450x300.jpg> acessada em 23/08/2022 as 15 horas e 12 minutos.

### 3.2.2.4 EFEITO MAGNÉTICO

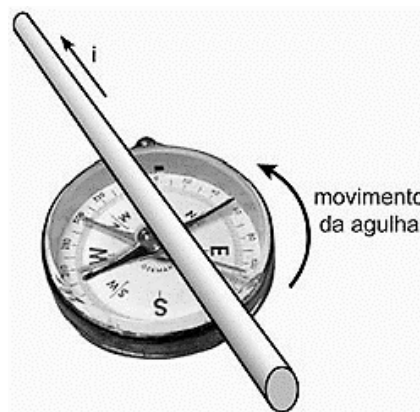
O efeito magnético ocorre quando uma corrente elétrica flui através de um condutor, como um fio metálico. Quando isso acontece, é criado um campo magnético ao redor do condutor. Esse campo magnético é invisível aos nossos olhos, mas sua presença pode ser detectada usando uma bússola.

Uma bússola é um instrumento sensível à direção do campo magnético da Terra. Quando você coloca uma bússola próxima a um fio percorrido por uma corrente elétrica, a agulha magnética da bússola tende a se alinhar na direção do campo magnético criado pela corrente. Isso resulta em um desvio da agulha da bússola em relação à direção geográfica padrão.

A magnitude do desvio da agulha da bússola depende da intensidade da corrente elétrica e da distância entre a bússola e o fio condutor. Quanto mais intensa for a corrente elétrica e quanto mais próxima a bússola estiver do fio, maior será o desvio.

Esse fenômeno é fundamental em várias aplicações, incluindo eletricidade, eletrônica e tecnologia. É utilizado em dispositivos como motores elétricos, geradores, transformadores e muitos outros dispositivos elétricos e eletrônicos. Além disso, o estudo do efeito magnético é crucial para compreender a relação entre eletricidade e magnetismo, que é a base do eletromagnetismo, um dos pilares da física moderna.

**Figura 12:** Mostra simbolicamente, quando ocorre a passagem de corrente a agulha magnética ela se move.



Fonte: Adaptação feita pelo autor

### 3.2.2.5 EFEITO LUMINOSO

O processo mais comumente empregado pelos seres humanos atualmente trata da capacidade da corrente elétrica em produzir luz. Este aborda a conversão de energia elétrica em energia luminosa, que se manifesta sob a forma de ondas eletromagnéticas de comprimento de onda muito curto. A quantidade de energia elétrica que se converte em luz, quando o processo ocorre devido à presença de uma resistência, pode ser calculada com base na Lei de Joule.

Existem várias maneiras de produzir luz a partir de energia elétrica. A abordagem mais simples e tradicional envolve o aquecimento de um filamento de tungstênio dentro de uma lâmpada incandescente, na qual o ar foi removido para evitar que o oxigênio ataque o metal durante o aquecimento, o que levaria à sua queima.

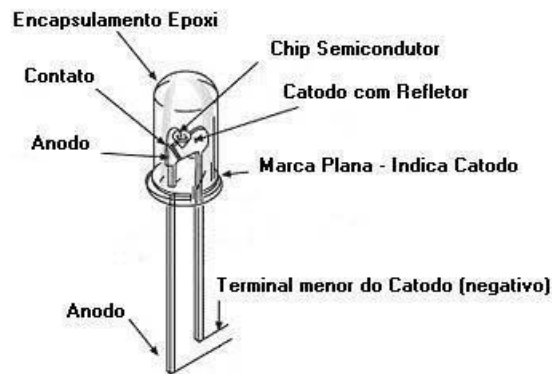
Outra abordagem para a produção de luz envolve a passagem de uma corrente elétrica através de um gás em condições especiais, como ocorre em lâmpadas fluorescentes e

eletrônicas. Nestes casos, o gás se torna condutor devido à aplicação de uma alta tensão em um processo chamado "ionização", resultando na emissão de luz.

Também é possível gerar luz a partir da corrente elétrica em dispositivos semicondutores, como os LEDs (Diodos Emissores de Luz ou Light Emitting Diodes). Esses componentes possuem uma junção de material semicondutor que emite luz quando percorrido por uma corrente elétrica. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz ocorre dentro do material, sendo assim denominada de "Estado sólido".

Os LEDs são componentes bipolares, com um terminal chamado ânodo e outro chamado cátodo. Dependendo da polarização, permitem ou impedem a passagem da corrente elétrica e, conseqüentemente, a geração ou não de luz.

**Figura 13:** mostra as partes que formam um LED.

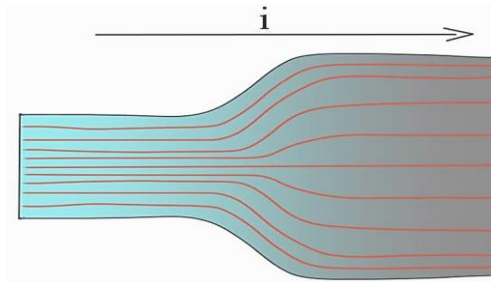


Fonte: <https://wchristianeletrotecnica.files.wordpress.com/2011/05/leds2.jpg> acessado em 23/08/2022 as 16 horas e 10 minutos

### 3.3 DENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

De acordo com Halliday (vol. 3, 10ª edição), em algumas situações, a corrente elétrica em um condutor precisa ser determinada. Em outras situações, o interesse é mais específico, voltando-se para o estudo do fluxo de carga através de uma seção reta que abrange apenas uma parte específica do material. Para tanto, é necessário descrever o fluxo de corrente nessa parte específica. Para isso, utiliza-se o conceito de densidade de corrente elétrica (representada por  $\vec{J}$ ), que assume a mesma direção e sentido que a velocidade das cargas que constituem a corrente elétrica, se as cargas forem positivas. Se as cargas forem negativas, a densidade de corrente elétrica terá a mesma direção, mas um sentido oposto.

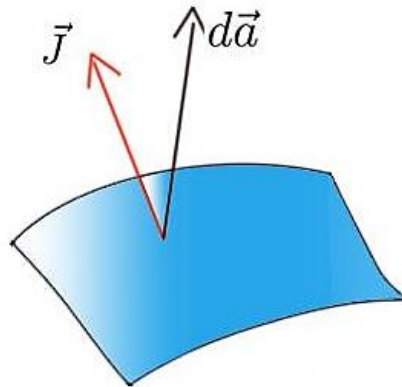
**Figura 14:** A densidade de corrente elétrica pode ser representada por linha de corrente, cujo espaçamento é inversamente proporcional à densidade de corrente elétrica.



Fonte: acervo do próprio autor

Para calcularmos o módulo  $\vec{J}$  da densidade de corrente elétrica em cada elemento da seção reta é só dividir a corrente elétrica por cada elemento de área. Matematicamente, podemos escrever a corrente que atravessa o elemento de área como  $\vec{J} \cdot d\vec{A}$ , em que  $d\vec{A}$  é o vetor área do elemento, perpendicular ao elemento.

**Figura 15:** Mostra o vetor elemento de área, perpendicular à superfície.



Fonte: acervo do próprio autor

A corrente elétrica total que atravessa a seção é:

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

Se a corrente elétrica é uniforme em toda a seção reta e paralela a  $d\vec{A}$ ,  $\vec{J}$ , também será uniforme e paralelo a  $d\vec{A}$ . Neste caso a equação acima se torna.

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

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

$$i = \vec{J}A$$

$$\vec{J} = \frac{i}{A}$$

Em que  $A$  é a área total da superfície e a unidade de densidade de corrente elétrica no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o ampère por metro quadrado ( $\frac{A}{m^2}$ ).

Da mesma forma que o campo elétrico pode ser representado por linhas de campo. A figura 14, mostra que a densidade de corrente elétrica também pode ser representada por um conjunto de linha, conhecida por linhas de corrente elétrica. A figura 14 também mostra que se houver um estreitamento no condutor a densidade de corrente elétrica, aumenta nesse estreitamento, pois a área diminuiu e com isso as linhas de corrente elétrica ficam mais próximas.

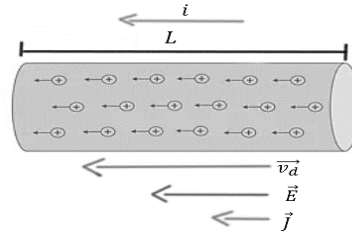
### 3.4 VELOCIDADE DE DERIVA.

A velocidade de deriva é uma grandeza que representa a média das velocidades individuais dos elétrons em um condutor. Ela é influenciada pelo campo elétrico presente no condutor, o qual exerce uma força sobre as cargas elétricas. Como resultado, os elétrons tendem a se mover na direção oposta a esse campo elétrico, estabelecendo uma corrente elétrica no material. No entanto, devido às colisões frequentes com átomos e outras partículas no interior do condutor, a velocidade de deriva é geralmente baixa. Essa média das velocidades dos elétrons é um conceito fundamental para compreender como a eletricidade flui em condutores elétricos.

A velocidade de deriva é muito baixa quando se compara a velocidade com a qual os elétrons se movem aleatoriamente, conhecida como velocidade térmica  $v_t$ , porque está associada ao conceito de temperatura. Portanto, de acordo com Halliday (vol 3; 10ª edição), nos condutores de cobre que compõem a fiação elétrica residencial, a velocidade de deriva dos elétrons é da ordem de  $10^{-7} \frac{m}{s}$ , enquanto a velocidade térmica é da ordem de  $10^6 \frac{m}{s}$ .

Para relacionar a velocidade de deriva  $v_d$  dos elétrons, de condução em um fio ao módulo  $J$  da densidade de corrente no fio. Por conformidade, a figura 16 mostrar a velocidade de deriva como se os portadores de carga fossem positivos; é com isso o sentido de  $\vec{v}_d$  é o mesmo de  $\vec{E}$  e  $\vec{J}$ . Como na verdade, praticamente a maioria dos casos os portadores de carga são negativos a velocidade de deriva  $\vec{v}_d$  terá o sentido o oposto de  $\vec{E}$  e  $\vec{J}$ .

**Figura 16:** Portadores de carga positiva se movem com velocidade de deriva na mesma direção do campo elétrico aplicado. Por convenção, o sentido da densidade de corrente é o mesmo da corrente.



Fonte: acervo do próprio autor

Para calcularmos a velocidade de deriva precisamos supor algumas situações em relação a velocidade dela, da densidade de corrente. Considere uma suposição de que todos os portadores de carga se movam com a mesma velocidade de deriva  $v_d$ , e que a densidade de corrente  $J$  seja uniforme em toda a seção reta  $A$  do fio, temos que continuar supondo ainda que a seção reta do fio seja constante.

Considerando essa situação, o número de portadores em pedaço do fio de comprimento  $L$  é  $n \cdot A \cdot L$ , onde  $n$  é número de portadores por unidade de volume e que cada portador possui uma carga  $e$ , então, em todo o pedaço considerado a carga total  $q$  de todos os portadores será dada por :

$$q = (n \cdot A \cdot L) \cdot e$$

Considerando ainda que  $t$  seja o intervalo de tempo para que todos os portadores de carga se movem com velocidade  $v_d$ , essa carga atravessa a seção reta do fio em:

$$t = \frac{L}{v_d}$$

De acordo com a definição de corrente elétrica em que  $i$  é o fluxo de carga líquida com o tempo que passa na seção reta, podemos escrever a corrente em função da velocidade de deriva  $v_d$ :

$$i = \frac{q}{t}$$

$$i = \frac{n \cdot A \cdot L \cdot e}{\frac{L}{v_d}}$$

$$i = n \cdot A \cdot L \cdot e \cdot \frac{v_d}{L}$$

Simplificando  $L$ , temos:

$$i = n \cdot A \cdot e \cdot v_d$$

Onde:

$i$  é o fluxo líquido de carga elétrica

$A$  é a área reta da seção transversal que corta o condutor

$v_d$  é a velocidade de deriva dos portadores de carga elétrica

$n$  é o número de portadores de carga elétrica por unidade de volume

$e$  é a carga elétrica de cada portador de carga.

Especificando  $v_d$  e lembrando que, de acordo com a definição de densidade de corrente é  $J = i/A$ , temos que:

$$v_d = \frac{i}{n \cdot A \cdot e} = \frac{J}{n \cdot e}$$

ou

$$v_d = \frac{J}{n \cdot e}$$

Se preferir, podemos escrever na forma vetorial:

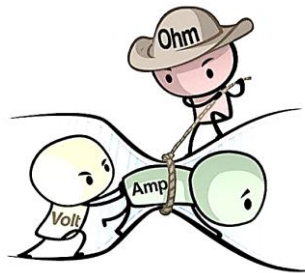
$$\vec{J} = (n \cdot e) \vec{v}_d$$

Podemos agora definir que o produto  $n \cdot e$ , que no SI é medido em coulombs por metro cúbico ( $\frac{C}{cm^3}$ ), é chamado de densidade de carga dos portadores. Sendo o caso dos portadores positivos,  $n \cdot e$  positivo e, portanto, de acordo com a densidade de corrente escrita na forma vetorial,  $\vec{J}$  e  $\vec{v}_d$  têm o mesmo sentido. Caso os portadores de carga sejam negativos,  $n \cdot e$  é negativo e  $\vec{J}$  e  $\vec{v}_d$  têm sentidos opostos,

#### 4. RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE

A resistência elétrica é uma medida da oposição que um material oferece ao fluxo de corrente elétrica. É representada pela letra "R" e é medida em ohms ( $\Omega$ ). A resistência depende da geometria do componente condutor (como seu comprimento, área transversal e forma) e da propriedade do material em si. Quanto maior a resistência, mais difícil é para a corrente elétrica fluir através do material.

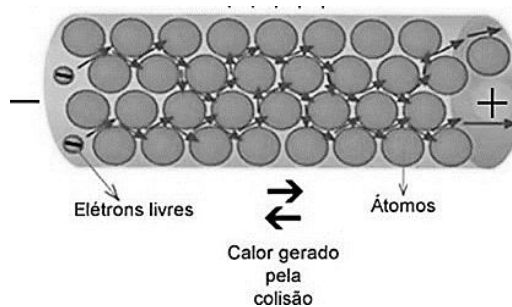
**Figura 17:** Ilustra a dificuldade de a corrente elétrica passar pelo material (resistência elétrica).



Fonte: adaptação feita pelo próprio autor

A resistividade elétrica, representada pela letra grega " $\rho$ " (rho), é uma característica intrínseca de um material que descreve sua capacidade de resistir ao fluxo de corrente elétrica. Ela é medida em ohm metros ( $\Omega \cdot m$ ). A resistividade depende principalmente da composição do material e de sua temperatura. Materiais com alta resistividade são maus condutores de eletricidade, enquanto materiais com baixa resistividade são bons condutores.

**Figura 18:** Ilustra a característica das ligações atômicas e a dificuldade dos elétrons livres de descolar no interior do corpo.



Fonte: adaptação feita pelo próprio autor

Na verdade, essas definições são o que os professores de física comunicam aos estudantes do Ensino Médio, porém, desejo aqui apresentar uma definição mais abrangente da resistência.

A densidade de corrente elétrica  $\vec{j}$  em um dado material condutor depende do campo elétrico  $\vec{E}$  e das propriedades do material. Essa dependência, em geral, é muito abstrusa. Mas,

para alguns certos materiais, especialmente para os metais, em uma dada temperatura,  $\vec{J}$  é quase diretamente proporcional ao campo elétrico  $\vec{E}$ , e a razão entre  $\vec{E}$  e  $\vec{J}$  permanece constante. Essa dependência é chamada por alguns autores de lei de Ohm e foi descoberta pelo físico Alemão Georg Simon Ohm (1787 – 1854), em 1826. A palavra lei na verdade deveria estar entre aspas, porque a lei de ohm, assim com diversas outras na física (como a lei dos gases ideais e a lei de hooke, por exemplo), fornece um modelo idealizado que descreve muito bem o comportamento de alguns materiais, porém não fornece uma descrição geral para todos os materiais. Para a sequência de discussão, vamos supor que a lei de ohm seja válida, embora na prática existem muitas situações para as quais ela não é aplicável.

Quando aplicamos a mesma diferença de potencial nas extremidades de uma barra de materiais diferentes, como o cobre e o ferro, percebemos que o resultado é muito diferente para a passagem da corrente elétrica. Podemos observar que essas diferenças na corrente elétrica são causadas pelas características intrínsecas do material em questão. Essas características do material são determinantes para a quantidade de corrente elétrica que pode fluir através dele, e essa propriedade é denominada resistência elétrica.

Dessa forma, podemos definir a resistência elétrica como a capacidade de um corpo se opor à passagem de corrente elétrica. Quando um condutor é submetido a uma diferença de potencial, ele passa a ser percorrido por uma corrente elétrica composta pelo movimento de elétrons livres no interior desse condutor. À medida que esses elétrons livres entram em movimento, eles começam a colidir entre si e com os átomos do material condutor. Quanto maior o número de colisões, maior a dificuldade enfrentada pela corrente elétrica para atravessar o condutor. Essa dificuldade no movimento das cargas é o que define a resistência elétrica do material.

Desta forma, medindo a resistência entre dois pontos de um condutor aplicando uma diferença de potencial  $V$  entre esses pontos e medindo a corrente elétrica  $i$  resultante entre esse dois pontos, a resistência elétrica  $R$ , é definida como:

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

De acordo com essa definição, a unidade de resistência elétrica do sistema internacional de unidades SI é o volt por ampère. Essa combinação de unidade da resistência elétrica acontece com tanta frequência, que uma unidade especial foi dada em homenagem ao físico e matemático Georg Simon Ohm (1789 – 1854), que formulou o conceito de resistência elétrica e assim, desenvolveu o que chamamos de lei de ohm. Tal unidade recebe o nome de seu sobrenome

ohm, e seu símbolo é o da letra grega ômega  $\Omega$ , desta forma podemos representar 1 volt por ampère como sendo 1 ohm. Matematicamente é representada da seguinte forma:

$$1 \Omega = 1 \frac{V}{A}$$

Quando escrevemos a equação de definição de resistência elétrica, mas isolando a corrente elétrica em vez da resistência elétrica.

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

Quando examinamos a definição a partir dessa perspectiva, considerando a última equação apresentada, torna-se evidente que o termo "resistência" é uma escolha apropriada, uma vez que demonstra que a corrente elétrica é inversamente proporcional à resistência do material. Em outras palavras, quanto menor for a resistência do material, melhor condutor elétrico ele se revelará. Por outro lado, se a resistência for maior, a quantidade de corrente elétrica que ele permitirá passar será reduzida.

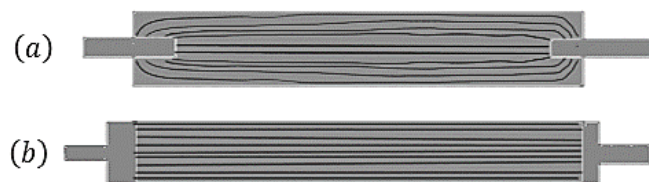
Conforme descrito na 10ª edição de Halliday & Resnick, a resistência de um condutor está intrinsecamente relacionada à forma como a diferença de potencial é aplicada. A figura 19 ilustra uma situação em que a mesma diferença de potencial é aplicada a um condutor de duas maneiras diferentes. Ao analisar as linhas de corrente representadas, torna-se evidente que as correntes nos dois casos são distintas, o que implica em diferentes valores de resistência. A menos que haja uma indicação explícita em contrário, assumiremos que as diferenças de potencial são aplicadas aos condutores da maneira representada na figura 19(b).

Como já utilizamos em outras situações, não estamos interessados em enfatizar a diferença de potencial  $V$  entre as extremidades de um resistor, por isso vamos concentrar nossa atenção no campo elétrico  $\vec{E}$  que existe em um ponto do material resistivo. E com isso, em vez de lidar com a corrente elétrica  $i$  no resistor, vamos lidar com a densidade de corrente elétrica  $\vec{j}$  no ponto em questão e em vez de falar da resistência  $R$  de um componente, vamos falar da **resistividade**  $\rho$  do material:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (\text{definição de } \rho)$$

Compare as equações de definição  $\rho$  com a equação de definição  $R$ .

**Figura 19:** Duas formas de aplicar uma diferença de potencial a um condutor. A resistência do contato é tão pequena que pode ser desprezada. No arranjo (a) em que os contatos se estendem apenas a uma pequena região das extremidades do condutor, a resistência é maior que no arranjo (b), em que os contatos cobrem toda a superfície das extremidades dos condutores.



Fonte: acervo do próprio autor

Comparando as unidades de  $E$  e  $J$  do SI de acordo com equação de definição  $\rho$ , podemos obter, para unidade de  $\rho$ , o ohm-metro ( $\Omega \cdot m$ ), veja:

$$\frac{\text{unidade de } E}{\text{unidade de } J} = \frac{\frac{V}{m}}{\frac{A}{m^2}}$$

Simplificando metro com um dos metros quadrado, temos:

$$\frac{\text{unidade de } E}{\text{unidade de } J} = \frac{V}{A} \cdot m$$

Mas como  $\frac{V}{A}$  é definido como sendo  $\Omega$ , temos dessa forma que a unidade de  $\rho$ , igual a:

$$\text{Unidade } \rho = \Omega \cdot m \quad (\text{ohm vezes metro})$$

Não devemos confundir o ohm vezes metro, que é a unidade de resistividade do SI, com ohmímetro, que é um instrumento para medir a resistência elétrica de alguns materiais.

Podemos ainda escrever a equação de definição  $\rho$ , na forma vetorial:

$$\vec{E} = \rho \vec{J} \quad (\text{definição } \rho \text{ na forma vetorial})$$

Devo observar que as equações de definição  $\rho$  e a equação de definição  $\rho$  Na forma vetorial, são válidas apenas para materiais *isotrópicos*, ou seja, um material é isotrópico se as propriedades mecânicas podem ser descritas sem referência a direção. A maioria dos materiais estruturais, tais como aço e alumínio, podem ser tratados como isotrópicos.

Podemos em vez de falar da resistividade  $\rho$  do material, falarmos da **condutividade**  $\sigma$  de um material, que é simplesmente o inverso da resistividade:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (\text{definição de } \sigma)$$

A unidade de condutividade do SI é o inverso de ohm-metro  $(\Omega \cdot m)^{-1}$ . Essa unidade, às vezes é chamada de ohm por metro elevado ao menos um. Podemos ainda escrever a forma vetorial da condutividade:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

**Tabela 1:** Mostra a resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente (20°C) e o coeficiente de temperatura da resistividade,  $\alpha(K)^{-1}$ .

| <i>Material</i>   | <i>Resistividade,<br/>10<sup>-8</sup>(<math>\Omega \cdot m</math>)</i> | <i>Coeficiente de<br/>Temperatura da<br/>Resistividade,<br/>10<sup>-3</sup>(K<sup>-1</sup>)</i> |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Prata</i>      | 1,62                                                                   | 4,1                                                                                             |
| <i>Cobre</i>      | 1,69                                                                   | 4,3                                                                                             |
| <i>Ouro</i>       | 2,35                                                                   | 4,0                                                                                             |
| <i>Alumínio</i>   | 2,75                                                                   | 4,4                                                                                             |
| <i>Tungstênio</i> | 5,25                                                                   | 4,5                                                                                             |
| <i>Ferro</i>      | 9,68                                                                   | 6,5                                                                                             |
| <i>platina</i>    | 10,6                                                                   | 3,9                                                                                             |

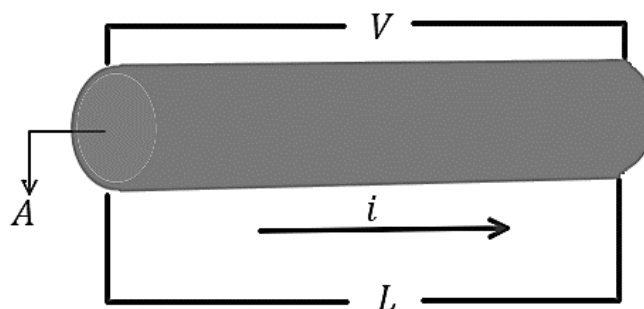
Fonte: próprio autor adaptada do Halliday & Resnick -10º edição-2016-Fundamentos de Física-Volume 3.

#### 4.1 CÁLCULO DA RESISTÊNCIA A PARTIR DA RESISTIVIDADE.

Inicialmente, é importante destacar a distinção entre resistência e resistividade. A resistência é uma característica específica de um componente que varia em função de seu comprimento ou espessura. Por outro lado, a resistividade é uma propriedade intrínseca de um material em si. Isso implica que dois componentes podem ter resistências distintas devido às diferenças em suas características físicas, como comprimento e área transversal, mas ainda assim compartilhar a mesma resistividade, desde que sejam feitos do mesmo material. É relevante notar também que a resistividade de um dado material pode se modificar em resposta a variações de temperatura.

Conforme explicado por Halliday & Resnick, quando se tem conhecimento da resistividade de um material, como no caso do cobre, é factível calcular a resistência de um fio construído a partir desse material. Para isso, consideram-se três parâmetros:  $A$  (a área da seção transversal do fio),  $L$  (o comprimento do fio) e  $V$  (a diferença de potencial entre suas extremidades, conforme ilustrado na figura 19a). No caso em que as linhas de corrente que representam a densidade de corrente são uniformes em toda a seção transversal do fio, é possível afirmar que tanto o campo elétrico quanto a densidade de corrente são constantes e idênticos em todos os pontos do fio.

**Figura 20:** Uma diferença de potencial  $V$  é aplicada às extremidades de um fio de comprimento  $L$  e seção reta  $A$ , estabelecendo uma corrente elétrica  $i$ .



Fonte: acervo do próprio autor

Sendo assim, as equações para cálculo do campo elétrico e da densidade de corrente elétrica, a partir do potencial elétrico e aplicada área transversal do fio da figura 18, tem os valores.

$$E = \frac{V}{L} \quad e \quad J = \frac{i}{A}$$

Nesse caso, podemos combinar as equações, assim com a equação de definição de resistividade  $\rho$ .

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (\text{definição de } \rho)$$

Para obter:

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{\frac{V}{L}}{\frac{i}{A}} = \frac{V}{L} \cdot \frac{A}{i}$$

como  $\frac{V}{i}$  é igual a resistência  $R$ , a última igualdade pode ser reescrita.

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

Isolando  $R$ , e reescrevendo a resistência em função da resistividade, temos que:

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

A equação mencionada anteriormente é aplicável exclusivamente a condutores que sejam isotrópicos, homogêneos e tenham uma seção reta uniforme, com a diferença de potencial aplicada conforme mostrado na figura 19b. É relevante observar essa condição específica.

Além disso, é fundamental destacar que as grandezas macroscópicas  $V$ ,  $i$  e  $R$  desempenham um papel crucial, uma vez que são essas grandezas que surgem quando realizamos medições elétricas em condutores específicos. São as grandezas que conseguimos ler diretamente nos instrumentos de medição. Por outro lado, quando nosso interesse recai sobre as propriedades elétricas dos materiais em si, é necessário empregar grandezas microscópicas, como  $E$ ,  $J$  e  $\rho$ .

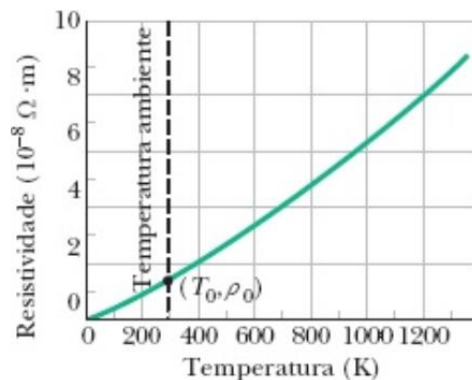
## 4.2 VARIAÇÃO DA RESISTIVIDADE COM A TEMPERATURA.

A maioria das grandezas físicas experimenta variações em resposta às mudanças de temperatura. Isso acontece porque, quando a temperatura de um determinado corpo aumenta, suas características físicas podem ser afetadas. A energia interna do corpo se modifica, o que, por sua vez, influencia o movimento dos átomos, podendo até levar a uma mudança no estado

físico do material. É importante observar que essa alteração de estado só ocorre quando ocorrem variações substanciais de temperatura.

No contexto da resistividade, essa relação não é diferente, uma vez que estamos tratando de uma propriedade intrínseca do material. A resistividade do material varia em função das alterações na temperatura. Como exemplo, a figura 21 ilustra a variação da resistividade do cobre conforme a temperatura.

**Figura 21:** Essa figura mostra um gráfico da resistividade do cobre em função da temperatura. O ponto assinala uma temperatura de referência,  $T_0 = 293K$ , na qual a resistividade é  $\rho_0 = 1,69 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ .



Fonte: Halliday & Resnick -10ª edição-2016-Fundamentos de Física-Volume 3 pg 345.

Halliday & Resnick afirmam que a relação entre temperatura e resistividade para o cobre (e para os metais em geral) é quase linear em uma ampla faixa de temperaturas. Essa característica nos permite formular uma equação empírica que é apropriada para a maioria das aplicações práticas:

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

Isolando a resistividade  $\rho$  e considerando  $\Delta T = T - T_0$ , temos:

$$\rho = \rho_0 + \rho_0 \alpha \Delta T$$

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Na equação acima, considera-se  $T_0$  como uma temperatura de referência e  $\rho_0$  como a resistividade nessa temperatura de referência. Conforme indicado por Halliday & Resnick, é comum adotar  $T_0 = 293K$ , onde a resistividade do cobre é  $\rho_0 = 1,69 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ . No que se refere à temperatura, ela entra na equação apenas como a diferença entre temperaturas, tornando

assim indiferente a utilização da escala Celsius ou da escala Kelvin, dado que o valor de um grau nas duas escalas é o mesmo.

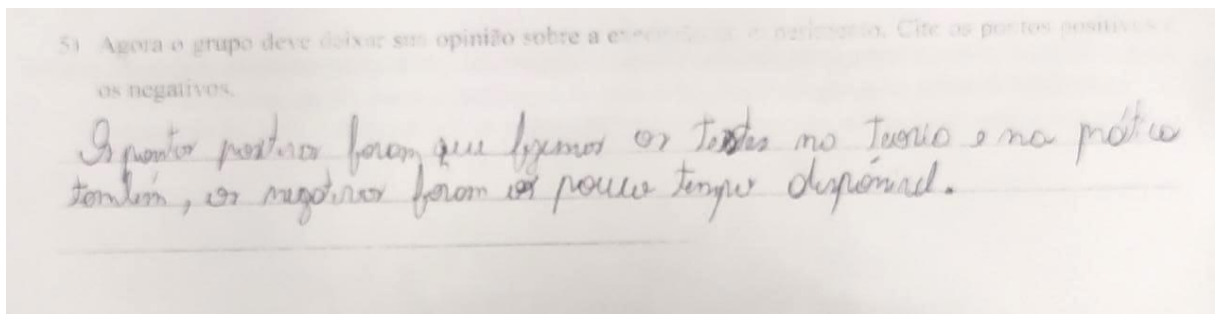
O coeficiente  $\alpha$ , que também é parte da equação, é conhecido como o coeficiente de temperatura da resistividade. Sua escolha visa otimizar a concordância entre a resistividade calculada e a resistividade medida experimentalmente dentro da faixa de temperatura considerada. A Tabela 01 apresenta os valores de  $\alpha$  para diversos metais.

## 5. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação do produto educacional ocorreu presencialmente no Colégio Estadual Prof.<sup>a</sup> Eva Assunção, localizado no Setor Conjunto Vera Cruz II, na cidade de Goiânia, estado de Goiás. Os alunos participantes pertenciam ao terceiro ano do Ensino Médio, especificamente à turma A do turno matutino, que contava com 30 alunos matriculados. É importante mencionar que essa turma enfrentava um problema recorrente de altas taxas de ausência, com uma média de 20 a 23 alunos frequentando regularmente as aulas.

As aulas do produto educacional foram ministradas no horário regular da disciplina ao longo dos meses de agosto e setembro de 2022. Utilizamos o laboratório de informática, pois o colégio não dispunha de um laboratório de ciências adequado. A aplicação do produto educacional abrangeu um total de 9 sessões, razão pela qual optei por nomeá-las com base no tema da aula em vez de numerá-las sequencialmente (aula 1, aula 2, etc.). Cada aula tinha uma duração de 50 minutos, mas surgiu um desafio significativo, pois era difícil cobrir todo o conteúdo do tema e, ao mesmo tempo, realizar o experimento proposto. Esse foi um dos principais problemas apontados pelos alunos, que manifestaram a necessidade de mais tempo para concluir completamente os experimentos propostos no produto educacional.

**Figura 22:** Relato de um aluno.



Fonte: Imagem do próprio autor

O produto educacional consiste em uma série didática composta por quatro tópicos fundamentais da Eletrodinâmica. Em cada um desses tópicos, foi desenvolvido pelo menos um experimento prático relacionado ao conteúdo, com o objetivo de integrar teoria e aplicação prática. Os experimentos práticos foram projetados com o uso de materiais de baixo custo, de forma a tornar o produto mais acessível e aplicável em diferentes contextos.

Os experimentos virtuais foram realizados utilizando tanto o laboratório de informática fixo quanto o móvel, tornando assim mais fácil o acesso à plataforma PHET. Durante a sequência das aulas que compõem o produto educacional, foram fornecidos detalhes sobre os

materiais utilizados, o nível de dificuldade de cada experimento, o procedimento experimental e uma explicação abrangente de cada atividade experimental.

**Figura 23:** Laboratório Móvel de Informática e o Laboratório de Informática do colégio onde foi aplicado o produto educacional.



Fonte: Imagem do próprio autor

Foram empregados materiais concretos de fácil aquisição para criar modelos experimentais que visam aprimorar a compreensão dos fenômenos físicos. Além dos experimentos físicos, também utilizamos modelagem computacional para simular esses experimentos. Essa abordagem foi adotada com a intenção de estimular um interesse mais profundo por parte dos alunos, uma vez que a tecnologia desempenha um papel significativo na geração atual de estudantes.

Dessa forma, o produto educacional consiste em uma sequência didática para o ensino de Física que promove a construção do conhecimento por meio de experimentos de baixo custo, juntamente com experimentos virtuais. Essa combinação pode ser implementada de maneira simultânea ou de forma separada, proporcionando flexibilidade no processo de aprendizado. Os temas abordados por este produto educacional foram:

- ✓ Tema 01: Introdução à Eletrodinâmica e Corrente Elétrica.
  - Experimento 01 – virtual – construindo um circuito elétrico 01
  - Experimento 02 – prático – H<sub>2</sub>O é condutor ou isolante?
- ✓ Tema 02: Resistores, Leis de Ohm e código de cores.
  - Experimento 03 – prático - Resistores e código de cores.
  - Experimento 04 – virtual – 2ª Lei de Ohm
- ✓ Tema 03: Circuito elétrico

- Experimento 05 – virtual – construindo um circuito elétrico 02
- ✓ Tema 04: Associação de resistores
  - Experimento 06 – virtual – associação de resistores em série e em paralelo.

A primeira aula foi ministrada na segunda semana de agosto de 2022, e seu início envolveu a apresentação do projeto educacional, o cronograma a ser seguido e uma explicação abrangente sobre os objetivos subjacentes à criação deste produto educacional.

Após esclarecer aos alunos os propósitos da aplicação deste produto educacional, a aula foi inaugurada com a realização de um pré-teste. Em seguida, para contextualizar a aula, foram formuladas diversas perguntas instigantes, como, por exemplo: "Quem foi o responsável pela descoberta da eletricidade?" ou "Você já se perguntou por que os pássaros podem pousar em linhas de alta tensão sem serem eletrocutados?" Neste momento, alguns alunos, ainda que com certa timidez, tentaram oferecer respostas às perguntas iniciais.

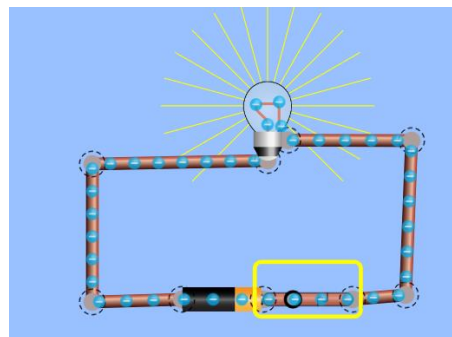
Continuando com o conteúdo da aula, foram apresentados os conceitos introdutórios relacionados à eletrodinâmica, tais como condutores, isolantes, resistividade e condutividade, bem como uma introdução ao conceito de semicondutores. Houve também uma explanação detalhada do conceito de corrente elétrica.

Em seguida, um experimento prático intitulado " $H_2O$  é Condutor ou Isolante?" foi introduzido. O objetivo desse experimento era demonstrar que, por meio de uma experiência simples, era possível testar e comprovar que a água "pura" (desmineralizada) é um isolante elétrico. Posteriormente, ao adicionar sal de cozinha à água desmineralizada, foi evidenciado que ela deixava de ser um isolante, tornando-se um condutor de corrente elétrica. Após a realização do experimento, os alunos responderam a quatro questões relacionadas ao experimento e foram convidados a refletir sobre a execução dessa aula.

Durante a implementação do produto educacional, o tema 01 estava originalmente centrado apenas no experimento físico relacionado à verificação da condutividade da água pura. Após uma avaliação, surgiu a sugestão de incorporar um experimento virtual para permitir que os alunos visualizassem o movimento dos elétrons e compreendessem as condições necessárias para a geração de uma corrente elétrica. Em resposta a essa sugestão, optei por incluir um experimento virtual que nomeei como "Experimento 01 - Virtual: Construindo um Circuito Elétrico 01."

Este experimento virtual incluiu uma referência ao site da plataforma PHET, especificamente ao kit para montagem de circuitos DC. O experimento virtual foi dividido em duas partes distintas: na parte 1, os alunos exploraram e compreenderam os principais componentes de um circuito elétrico, sua simbologia e as funções de cada um deles. Na parte 2, os alunos aprenderam a montar um circuito elétrico virtual, compreendendo como realizar a montagem e quais elementos podem ser ajustados em um circuito elétrico, além de identificar os componentes necessários para obter um circuito funcional.

**Figura 24:** Circuito simples, onde os círculos azuis com um sinal de – representa a corrente elétrica fluindo do polo negativo para o polo positivo da pilha.



Fonte: imagem do próprio autor

Na sequência, foi desenvolvido o tema 02 do produto educacional. Nessa aula, foi abordada a teoria relacionada aos resistores, à Lei de Ohm e ao código de cores de um resistor. A aula teve início com a seguinte indagação: "Quando aumentamos o volume de um rádio, o que acontece internamente para que o som se intensifique? Você já pensou sobre isso?" Após uma breve discussão sobre essa questão, foram apresentados os conceitos teóricos relacionados aos resistores, incluindo os diferentes tipos de resistores, suas formas físicas e suas aplicações cotidianas.

Em seguida, foram explicadas a primeira e a segunda Leis de Ohm, seguidas pela exploração detalhada dos resistores comuns, incluindo suas diferenças e aplicações específicas. Durante a aula teórica, também foi detalhada a maneira de calcular a resistência de um resistor comum com base no código de cores. Além disso, foram abordados os distintos tipos de resistores, como os de fio, os de filme de carbono, os de filme metálico e os de carvão. Foi ressaltada a representação simbólica de um resistor em um circuito elétrico e, por fim, foi apresentada e explicada a tabela de cores usada para determinar a resistência dos resistores.

Em seguida, foi explicado como medir a resistência usando o código de cores, abrangendo resistores de 3 faixas a 6 faixas, com exemplos práticos para uma melhor

compreensão das regras. A aula foi concluída com a realização de um experimento prático e de um experimento virtual com os temas "Resistores e Código de Cores" e "Segunda Lei de Ohm". No experimento sobre resistores e código de cores, os alunos tinham o objetivo de ler o valor nominal do resistor a partir do código de cores, medir o valor com um ohmímetro (que foi disponibilizado sem explicar suas outras funções) e verificar se os valores medidos estavam dentro do valor nominal, considerando a tolerância de cada resistor. Foram utilizados nesta aula: 5 resistores de resistência variável, 1 multímetro e uma calculadora. Além disso, nessa aula, foi apresentada a teoria e a fórmula para calcular o erro percentual na realização de um experimento.

No experimento virtual intitulado "Segunda Lei de Ohm" na plataforma PHET, os alunos visualizaram as relações entre o comprimento, a área de um fio e a resistividade de diferentes materiais. A aula foi encerrada com a resolução de quatro questões relacionadas ao tema dos resistores.

Na primeira semana de setembro de 2022, realizou-se a terceira aula do produto educacional, que abordou o tema "Circuito Elétrico". A aula teve início com uma série de questionamentos direcionados aos alunos, com o objetivo de explorar o conceito de circuito elétrico e sua finalidade. Em seguida, foram apresentados os principais e mais comuns componentes elétricos encontrados em um circuito elétrico, acompanhados de uma explicação detalhada de suas funções e da simbologia utilizada para representá-los em um diagrama elétrico.

A parte teórica da aula foi concluída com a exposição dos dois principais dispositivos de controle em um circuito elétrico, o amperímetro e o voltímetro, incluindo sua simbologia e a maneira correta de conectá-los para garantir medidas precisas e evitar danos aos dispositivos. Logo em seguida, foi introduzido aos alunos o multímetro e, posteriormente, foi realizado um experimento virtual utilizando a plataforma PHET, intitulado "Construindo um Circuito Elétrico 02".

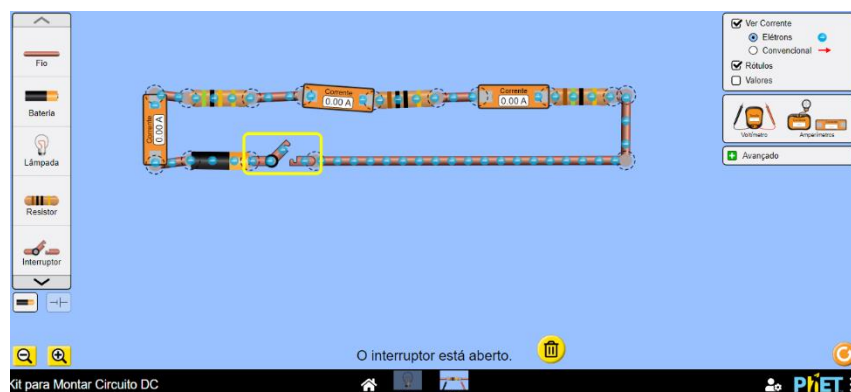
Este experimento virtual tinha como objetivos aprofundar a compreensão das relações entre os elementos de um circuito elétrico, apresentar aos alunos os componentes típicos desses circuitos, ensinar a montagem adequada de um circuito elétrico e relacionar o realismo com o simbolismo técnico utilizado em circuitos elétricos. Para a realização deste experimento, foram utilizados recursos e materiais como quadro branco, pincel, computador com acesso à Internet, projetor e o simulador do kit para montagem de circuitos DC da plataforma PHET.

Vale ressaltar que esse experimento foi dividido em dois momentos: o primeiro foi aplicado em conjunto com o tema 01, no qual os alunos desenharam a simbologia e descreveram a função de cada componente elétrico em uma tabela. O segundo momento ocorreu durante o experimento "Construindo um Circuito Elétrico 02", no qual os alunos foram orientados a seguir um manual que detalhava todas as etapas, desde o acesso à plataforma PHET até a montagem e conexão de cada componente elétrico no circuito. Neste experimento, os alunos foram instruídos a montar um circuito contendo um gerador, um meio de condução e um receptor. Para encerrar a aula, os alunos responderam a seis perguntas relacionadas ao tema estudado.

Na segunda semana de setembro, realizou-se a quarta aula do produto educacional, que teve como tópico central a "Associação de Resistores". Ao contrário das aulas anteriores, não foi introduzida uma pergunta inicial relacionada à teoria, visto que esse tema envolve circuitos elétricos compostos por resistores. O foco foi direcionado para a compreensão da resistência equivalente, que é uma abordagem utilizada para simplificar circuitos elétricos formados por conjuntos de resistores ou para criar resistências elétricas diferentes daquelas disponíveis inicialmente.

Em seguida, foram discutidas as diferentes características das associações em série e em paralelo, com ênfase na associação de resistores mista, que combina elementos das duas anteriores. Para concluir a aula, foi proposto um experimento virtual intitulado "Associação de Resistores" utilizando a plataforma PHET da University of Colorado Boulder. A montagem do experimento virtual seguiu o esquema apresentado na imagem abaixo:

**Figura 25:** Circuito elétrico de resistores em série



Fonte: imagem do próprio autor.

Na sequência, foi solicitado que cada aluno ajustasse os valores de resistência nos resistores da seguinte forma: no primeiro resistor, 5  $\Omega$ ; no segundo, 10  $\Omega$ ; e no terceiro, 15  $\Omega$ . Além disso, os alunos foram instruídos a verificar se a voltagem da pilha estava em 9V e a

calcular e registrar os valores de corrente elétrica e voltagem em uma tabela. Em seguida, foi requerido o uso do voltímetro e do amperímetro virtuais disponíveis na mesma plataforma para verificar os valores da corrente elétrica e da voltagem virtual.

É importante destacar que, para calcular a corrente elétrica, os alunos precisaram aplicar a fórmula da 1ª Lei de Ohm. Após realizar esses cálculos e compará-los com a teoria, os alunos foram orientados a substituir os resistores por lâmpadas, que também estavam disponíveis no ambiente virtual da plataforma PHET. O propósito dessa substituição foi comparar o brilho das lâmpadas e justificar as diferenças de brilho observadas.

Posteriormente, o grupo foi instruído a seguir os mesmos procedimentos para a associação de resistores em paralelo. Ao final dessa etapa, os resistores foram novamente substituídos por lâmpadas, e os alunos fizeram as mesmas analogias em relação ao brilho das lâmpadas na associação em paralelo.

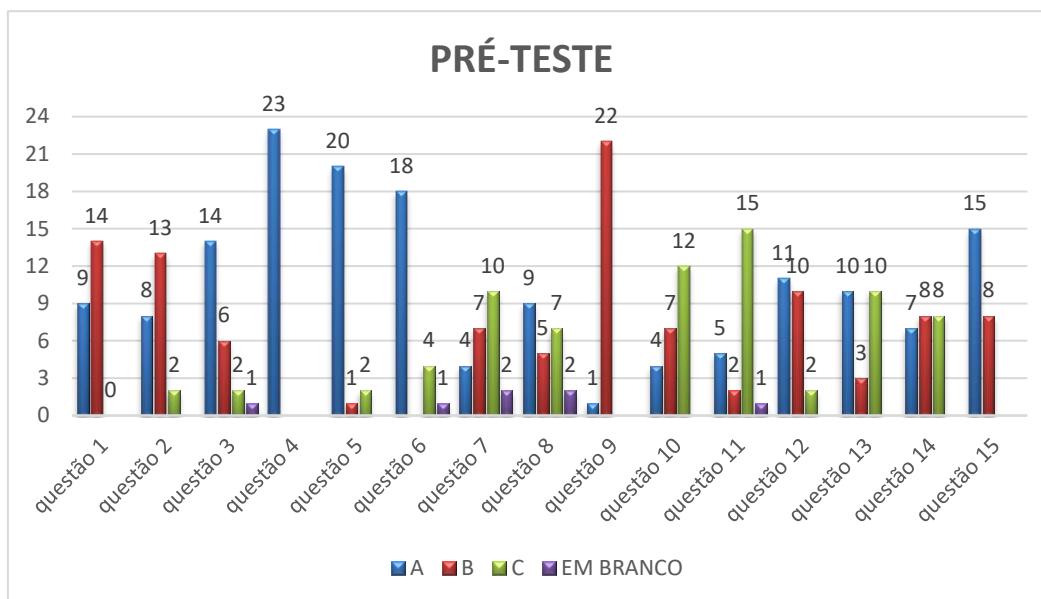
O produto educacional foi encerrado com a aplicação de um pós-teste, que teve como objetivo analisar e comparar o alcance dos objetivos estabelecidos ao longo das aulas.

## **5.1 ANÁLISE DO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE**

### **5.1.1 PRÉ-TESTE**

A aplicação de um pré-teste em um estudo sobre eletrodinâmica se mostra fundamental para a avaliação do conhecimento inicial dos participantes em relação aos princípios e fenômenos elétricos. Dentro desse contexto, um pré-teste implica na administração de perguntas que abordam conceitos como corrente elétrica, resistência, lei de Ohm e circuitos elétricos. Os resultados obtidos a partir do pré-teste possibilitam a identificação de lacunas no conhecimento dos participantes, bem como a compreensão das concepções prévias e eventuais equívocos acerca do tema. Essa linha de base, estabelecida por meio do pré-teste, fornece uma referência essencial para a comparação dos avanços alcançados após a implementação de uma intervenção ou programa de ensino voltado à eletrodinâmica.

**Gráfico 1:** Resultado obtido da aplicação do pré-teste



Fonte: próprio autor.

O gráfico acima se refere às alternativas respondidas pelos estudantes na aplicação do pré-teste<sup>1</sup> sobre o estudo da eletrodinâmica. Após sua análise, foi possível constatar que os discentes já tinham ouvido falar de alguns temas como corrente elétrica e considerava que se beneficiava do uso em seu cotidiano. Constatou-se ainda que a maioria dos alunos demonstrava um conhecimento limitado ou mesmo desconhecimento total sobre o tema como resistor. Perguntas básicas sobre o que é um resistor, a diferença entre circuito em série e em paralelo, ou o funcionamento de dispositivos elétricos simples, eram frequentemente respondidas incorretamente ou deixadas em branco. Esses resultados revelaram a necessidade urgente de uma intervenção educacional para preencher as lacunas de conhecimento existentes nesse grupo e fornece uma base sólida sobre temas básicos da eletrodinâmica. O pré-teste destacou a importância de iniciar o programa de ensino com conceitos fundamentais e esclarecer equívocos comuns, a fim de permitir que os participantes desenvolvessem uma compreensão sólida e mais abrangente sobre circuitos elétricos.

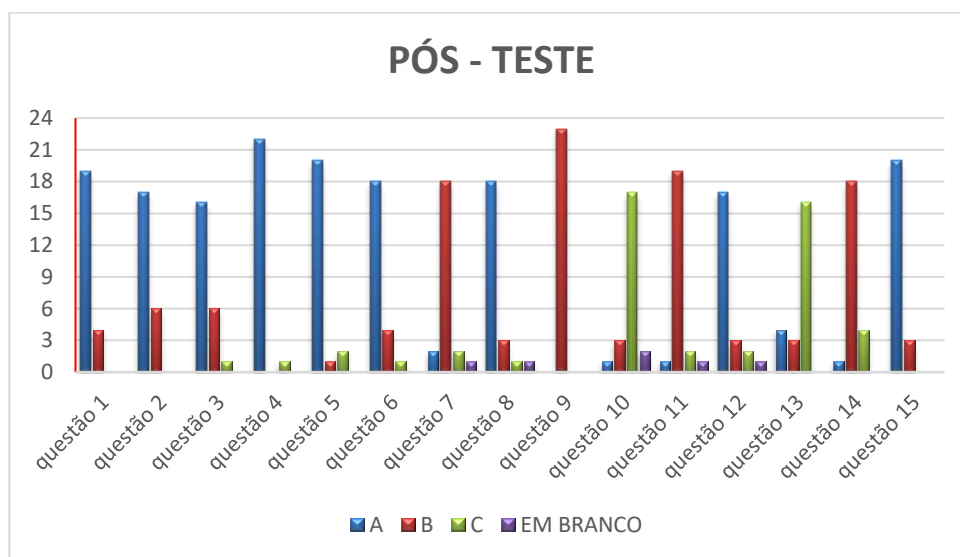
### 5.1.2 PÓS-TESTE

Após a implementação do produto educacional sobre eletrodinâmica, torna-se essencial conduzir um pós-teste para avaliar seu impacto e acompanhar o progresso dos estudantes. Este pós-teste consistiu em perguntas idênticas às do pré-teste aplicado antes da implementação do

<sup>1</sup> O pré-teste detalhado encontra-se no apêndice A (página 59)

produto educacional. A comparação dos resultados obtidos no pós-teste com aqueles do pré-teste inicial permite uma análise dos avanços alcançados pelos estudantes, evidenciando mudanças em seu entendimento dos conceitos estudados e na aplicação dos mesmos. Nesse sentido, o pós-teste emerge como uma ferramenta valiosa para a avaliação da eficácia do produto educacional e para a identificação de áreas que ainda requerem aprimoramento, com o objetivo de promover uma compreensão mais completa e aprofundada dos princípios da eletrodinâmica.

**Gráfico 2:** Resultado obtido da aplicação do pós-teste



Fonte: próprio autor

O gráfico acima se refere às alternativas respondidas pelos estudantes na aplicação do pré-teste<sup>2</sup> sobre o estudo da eletrodinâmica. Os resultados do pós-teste revelaram uma notável melhoria na compreensão desses conceitos por parte dos Estudantes. Eles demonstraram um domínio mais sólido dos princípios da eletrodinâmica, sendo capazes de explicar corretamente os fenômenos elétricos e de aplicar as leis de Ohm de forma precisa na resolução de problemas. Além disso, exibiram uma compreensão aprimorada sobre o funcionamento dos resistores e como estes impactam o fluxo de corrente em um circuito elétrico.

Esses resultados positivos indicam de forma inequívoca que o produto educacional destinado ao ensino da eletrodinâmica desempenhou um papel eficaz na entrega dos conhecimentos necessários para uma compreensão abrangente desses temas. O pós-teste não apenas revelou o progresso substancial dos participantes, mas também a consolidação de suas

<sup>2</sup> O pós-teste detalhado encontra-se no apêndice B (página 122)

habilidades, ressaltando, assim, a importância crítica de abordagens educacionais apropriadas na melhoria do aprendizado em eletrodinâmica e circuitos elétricos.

## 5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de promover a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e aplicar os princípios propostos pelo próprio Ausubel em aulas de Eletrodinâmica para alunos do Ensino Médio, combinando o uso de experimentos de baixo custo com experimentos virtuais utilizando a plataforma PhET da Universidade de Colorado, nos Estados Unidos. O projeto foi motivado por desafios enfrentados no contexto contemporâneo da sala de aula, com o objetivo de encontrar maneiras de melhorar a eficácia do processo de ensino e aprendizagem. Ao concluir este trabalho, foram observados alguns resultados significativos.

A aprendizagem significativa é entendida como aquela em que o estudante, com base em conhecimentos previamente adquiridos (subsunçores), recebe novas informações e as incorpora, expandindo e aprofundando seu entendimento. No entanto, essa aprendizagem só se torna significativa se o novo conhecimento adquirido não apenas modifica o subsunçor existente, mas também é aplicado pelo aluno para interpretar o mundo ao seu redor. Embora não seja possível medir quantitativamente essa aprendizagem por meio deste produto educacional, foi notável um aumento significativo no interesse dos alunos durante as aulas em que o produto educacional foi aplicado.

Dessa maneira, o produto educacional que desenvolvemos procurou colaborar de forma efetiva com a comunidade escolar, uma vez que a manifestação do interesse dos alunos pelo tema apresentado ficou evidente através de sua participação ativa e interação durante as aulas. É relevante notar que a principal queixa expressa pela maioria dos estudantes se relacionou ao curto período disponível, um aspecto que não havia sido previamente mencionado nas aulas tradicionais.

Este produto educacional também contribui de maneira significativa para a ampliação das metodologias de ensino à disposição dos professores do Ensino Médio. A grande maioria dos experimentos realizados se mostrou simultaneamente acessível e eficaz na tarefa de esclarecer os conceitos teóricos apresentados. A base que sustentou a criação desse produto educacional foi a metodologia de ensino investigativo, uma abordagem que promove a exploração da ciência por parte dos alunos através de sua interação direta com o mundo natural.

A metodologia investigativa, que se baseia na ideia de que os alunos aprendem de maneira mais eficaz quando ativamente envolvidos no processo de aprendizagem, incentiva os estudantes a explorar o mundo natural, formular perguntas e investigar respostas através de experimentação. Essa metodologia representa uma forma empolgante e envolvente de ensinar ciência aos alunos.

A aplicação conjunta de experimentos de baixo custo e experimentos virtuais na plataforma PHET representa uma abordagem inovadora e altamente eficaz para o ensino de ciências. Essa combinação proporciona uma experiência educacional enriquecedora, permitindo aos alunos explorarem conceitos científicos de forma prática, interativa e acessível.

A utilização de experimentos de baixo custo oferece aos estudantes a oportunidade de realizar observações concretas, manipular materiais e coletar dados reais. Isso estimula a curiosidade, o pensamento crítico e a resolução de problemas, permitindo que os alunos participem ativamente da construção do conhecimento. Além disso, os experimentos de baixo custo são economicamente viáveis, tornando-os acessíveis mesmo em contextos com recursos limitados.

Por outro lado, os experimentos virtuais na plataforma PHET proporcionam simulações interativas e envolventes que complementam a experiência prática. Essas simulações permitem que os alunos explorem fenômenos complexos, visualizem relações entre variáveis e testem hipóteses em um ambiente virtual controlado. Os experimentos virtuais também oferecem a flexibilidade de repetir, pausar e modificar condições experimentais, o que contribui para uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos.

Ao combinar experimentos de baixo custo com experimentos virtuais, os alunos podem desfrutar dos benefícios de ambas as abordagens. Eles têm a oportunidade de realizar experimentos práticos, manipular materiais e coletar dados reais, ao mesmo tempo em que têm acesso a simulações virtuais que complementam e expandem seu conhecimento. Essa abordagem híbrida proporciona uma aprendizagem mais completa, onde teoria e prática se integram de forma harmoniosa.

Em resumo, a aplicação conjunta de experimentos de baixo custo e experimentos virtuais na plataforma PHET representa uma abordagem inovadora, acessível e altamente eficaz para o ensino de ciências. Essa combinação permite que os alunos desenvolvam habilidades práticas, aprofundem sua compreensão dos conceitos científicos e cultivem um interesse duradouro pela ciência. É uma abordagem que abre portas para a descoberta, a exploração e

uma aprendizagem significativa, preparando os alunos para enfrentar os desafios do mundo científico de forma empolgante e envolvente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ANDREATA**, Mauro Antonio. Ensinando Física com métodos globalizados. In: SIMPÓSIO DE PEDAGOGIA “Plano Nacional de Educação: Perspectivas e Desafios”, 11., 2011, Catalão. **Anais**. Catalão: Departamento de Pedagogia, p. 183-193, 2011. Disponível em: <http://educacao.catalao.ufg.br/publicacoespedagogia/index.php/simposiopedago>

**AUSUBEL**, D. P. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Grune & Stratton.

**AUSUBEL**, D. P. (2000). *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. Springer.

**AUSUBEL**, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

**BASSALO**, José Maria Filardo. *Eletrodinâmica clássica*. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

**BASTO**, Dep. De Educação. Faculdade de Ciências. Campus de Bauru (SP). Universidade Estadual Paulista (UNESP). *Educação Científica: Pressupostos e Práticas* 2-13. 1997.

**CAVALCANTE**, M. A. O Ensino de uma Nova Física e o Exercício da Cidadania, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 21, no. 4, Dezembro, 1999.

**FRENKEL**, Josif. *Princípios de eletrodinâmica clássica*. São Paulo, SP: Ed. da EDUSP, 2005.

**GRIFFITHS**, David J. *Eletrodinâmica*. 3. ed. São Paulo: Editora Pearson Education, 2011.

**HALLIDAY**, David, 1916-2010 *Fundamentos de física, volume 3 : eletromagnetismo* / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker ; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.

**HALLIDAY**, David; **RESNICK**, Robert; **WALKER**, Jearl. *Fundamentos de física*. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009 vol 3.

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/) acessada em 2022

**JACKSON**, John David, 1925. *Eletrodinâmica Clássica*/ John David Jackson; tradução de Annita Macedo e Horacio Macedo. – Rio de Janeiro; Ed. Guanabara dois, 1983.

**C. KITTEL**, “Introduction to Solid State Physics”, Wiley, New Jersey, Eight Edition, (2005).

**LAKATOS**, Eva Maria. *Fundamentos de metodologia científica*/ Marina de Andrade Marconi, Eva Maria Lakatos. – 5. Ed. – São Paulo: Atlas, 2003.

**MACHADO**, Kleber Daum. Eletromagnetismo – volume 1. São Paulo: Toda palavra Editora, 2012.

**MACHADO**, Kleber Daum.. Eletromagnetismo – volume 2. São Paulo: Toda palavra Editora, 2012.

**MOREIRA**, M. A. MASINI, E. A. F. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

**MOREIRA**, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? Revista cultural La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 22/2/2022.

**MOREIRA**, M. A. Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

**MOREIRA**, Marco Antonio. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

**NASCIMENTO**, Aline Pereira do. **Experimentos de baixo custo no ensino de Física na Educação Básica**. 59 f. 2016. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Unidade Acadêmica Especial de Física, Universidade Federal de Goiás, Catalão. Disponível: [http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/Dissertacao\\_Aline\\_Pereira.pdf](http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/Dissertacao_Aline_Pereira.pdf).

**NETO**, João Barcelos. Teoria eletromagnética: parte clássica. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

**NOVAK**, J. D., & Gowin, D. B. (1984). Learning how to learn. Cambridge University Press.

**PELIZZARI**, A.; **KRIEGL**, M. L. **BARON**, M. P.; **FINCK**, N. T. L.; **DOROCINSKI**, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. Rev. PEC, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, jul. 2001-jul.2002. Disponível em: <https://goo.gl/geA25C>. Acesso em: 22/2/2022.

**REITZ**, John R.; **MILFORD**, Frederick J; **CHRISTY**, Robert W. Fundamentos da teoria eletromagnética. Rio de Janeiro: Campus, 1982.

**SEARS**, Francis Weston; **ZEMANSKY**, Mark Waldo; **YOUNG**, Hugh D.; **FREEDMAN**, Roger A. Física III: eletromagnetismo. 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, c 2008-2009 vol 3

## 8. APÊNDICE A – **PRÉ-TESTE**

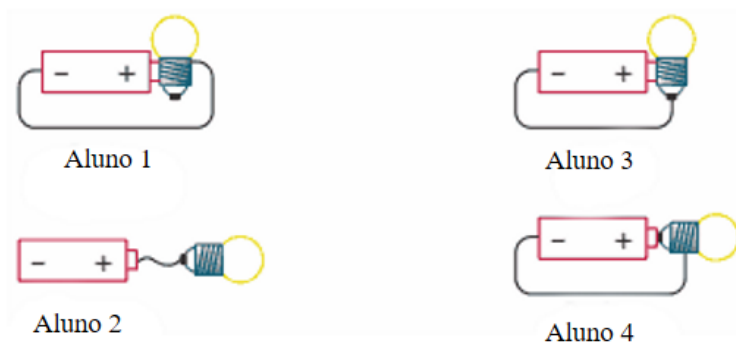
| COLÉGIO ESTADUAL EDMUNDO ROCHA - VC II                                            |                        |                                                                  |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|
|  | 3º ano do Ensino Médio | Turma:                                                           | Pré-teste          |
|                                                                                   |                        |                                                                  | Turno: MATUTINO    |
|                                                                                   | Professor:             |                                                                  | Disciplina: FÍSICA |
|                                                                                   | Aluno (a):             |                                                                  | Nº:                |
|                                                                                   | Data:     /     /      | Pré-teste de sondagem sobre conceitos iniciais de eletrodinâmica |                    |

- 1) Você já ouviu falar em corrente elétrica?
  - a) Sim, frequentemente;
  - b) Sim, muito pouco;
  - c) Não, nunca ouvi falar.
- 2) Você já ouviu falar em circuitos elétricos?
  - a) Sim, frequentemente;
  - b) Sim, muito pouco;
  - c) Não, nunca ouvi falar.
- 3) No seu cotidiano você se beneficia da corrente elétrica e de circuitos elétricos?
  - a) Sim, frequentemente;
  - b) Sim, muito pouco;
  - c) Não, nunca me beneficieei.
- 4) O que é um gerador elétrico?
  - a) É um dispositivo que serve para fornecer energia para o circuito;
  - b) É um dispositivo que serve para fornecer massa para o circuito;
  - c) É um dispositivo que serve para fornecer temperatura para o circuito.
- 5) O que é um receptor elétrico?
  - a) É um dispositivo que serve para receber a energia elétrica da fonte e converter em algum outro tipo de energia;
  - b) É um dispositivo que serve para fornecer a energia elétrica para a fonte;
  - c) É um dispositivo que serve apenas para controlar a energia da fonte.
- 6) O que é um resistor elétrico?
  - a) É um dispositivo que tem alta resistência a passagem de corrente elétrica;
  - b) É um dispositivo que serve para fornecer energia elétrica ao circuito;
  - c) É um dispositivo que facilita a passagem de corrente elétrica.
- 7) O que é um resistor Ôhmico?
  - a) Resistor que aumenta de valor com o aumento de tensão;

- b) Resistor que manter o valor da resistência (resistência constante);
- c) Resistor com valor constante ou variável dependendo da corrente elétrica.
- 8) Quais as grandezas relacionadas pela 1ª Lei de Ohm?
- a) Tensão, corrente elétrica e resistência elétrica;
- b) Tensão, corrente elétrica e potência elétrica;
- c) Potência, corrente elétrica e resistência elétrica.
- 9) A imagem abaixo apresenta dispositivos de segurança, um na versão mais antiga e o outro na mais atual, ambos são utilizados para “abrir” ou “fechar” um circuito, interferindo no fluxo de corrente elétrica existente. Esse dispositivo é chamado de:



- a) Chaves ou condutores;
- b) Chaves ou interruptores;
- c) condutores ou resistor.
- 10) O professor pediu a seus alunos que ligassem uma lâmpada a uma pilha com um pedaço de fio de cobre. Na figura, estão representadas as montagens feitas por quatro aluno:

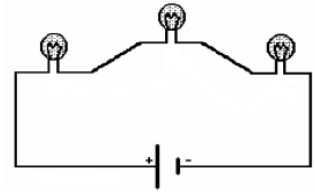


Na figura a lâmpada acenderá apenas:

- a) No aluno 1;
- b) No aluno 2;
- c) No aluno 3 e no Aluno 4.

11) No circuito elétrico em série de três lâmpadas, o que ocorre se a segunda lâmpada queimar?

- a) A primeira apaga e a última permanece acesa;
- b) Todas se apagam;
- c) A primeira e a última permanecem acesa.

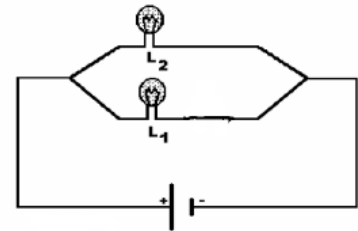


12) Qual a principal característica de um circuito elétrico em série?

- a) A mesma corrente elétrica em todos os resistores;
- b) A mesma tensão (voltagem) para todos os resistores;
- c) A mesma resistência elétrica para todos os resistores.

13) No circuito elétrico em paralelo de duas lâmpadas, o que ocorre se uma delas se queimar?

- a) A outra lâmpada fica acesa por algum tempo e depois se queima;
- b) A outra lâmpada se apaga
- c) A outra lâmpada permanece acesa



14) Qual a principal característica de um circuito elétrico em paralelo?

- a) Mesma resistência elétrica para todos os resistores;
- b) Mesma tensão (voltagem) elétrica para todos os resistores;
- c) Mesma corrente elétrica para todos os resistores.

15) Qual o tipo de circuito elétrico é feito nas residências para que todos os aparelhos funcionem?

- a) Circuito elétrico em série;
- b) Circuito elétrico em paralelo;
- c) Circuito elétrico misto.

## 8. APÊNDICE B – PÓS – TESTE

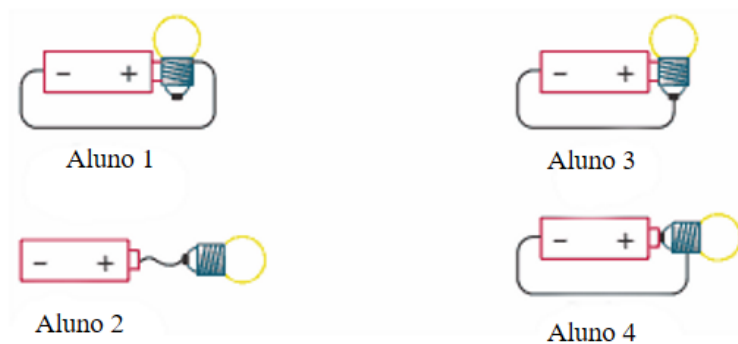
| COLÉGIO ESTADUAL EDMUNDO ROCHA - VC II                                            |                        |                                                                    |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|
|  | 3º ano do Ensino Médio | Turma:                                                             | PÓS – TESTE        |
|                                                                                   |                        |                                                                    | Turno: MATUTINO    |
|                                                                                   | Professor:             |                                                                    | Disciplina: FÍSICA |
|                                                                                   | Aluno (a):             |                                                                    | Nº:                |
|                                                                                   | Data:     /     /      | Pós - teste de sondagem sobre conceitos iniciais de eletrodinâmica |                    |

- 1) Você já ouviu falar em corrente elétrica?
  - a) Sim, frequentemente;
  - b) Sim, muito pouco;
  - c) Não, nunca ouvi falar.
- 2) Você já ouviu falar em circuitos elétricos?
  - a) Sim, frequentemente;
  - b) Sim, muito pouco;
  - c) Não, nunca ouvi falar.
- 3) No seu cotidiano você se beneficia da corrente elétrica e de circuitos elétricos?
  - a) Sim, frequentemente;
  - b) Sim, muito pouco;
  - c) Não, nunca me beneficieei.
- 4) O que é um gerador elétrico?
  - a) É um dispositivo que serve para fornecer energia para o circuito;
  - b) É um dispositivo que serve para fornecer massa para o circuito;
  - c) É um dispositivo que serve para fornecer temperatura para o circuito.
- 5) O que é um receptor elétrico?
  - a) É um dispositivo que serve para receber a energia elétrica da fonte e converter em algum outro tipo de energia;
  - b) É um dispositivo que serve para fornecer a energia elétrica para a fonte;
  - c) É um dispositivo que serve apenas para controlar a energia da fonte.
- 6) O que é um resistor elétrico?
  - a) É um dispositivo que tem alta resistência a passagem de corrente elétrica;
  - b) É um dispositivo que serve para fornecer energia elétrica ao circuito;
  - c) É um dispositivo que facilita a passagem de corrente elétrica.
- 7) O que é um resistor Ôhmico?
  - a) Resistor que aumenta de valor com o aumento de tensão;

- b) Resistor que manter o valor da resistência (resistência constante);
- c) Resistor com valor constante ou variável dependendo da corrente elétrica.
- 8) Quais as grandezas relacionadas pela 1ª Lei de Ohm?
- a) Tensão, corrente elétrica e resistência elétrica;
- b) Tensão, corrente elétrica e potência elétrica;
- c) Potência, corrente elétrica e resistência elétrica.
- 9) A imagem abaixo apresenta dispositivos de segurança, um na versão mais antiga e o outro na mais atual, ambos são utilizados para “abrir” ou “fechar” um circuito, interferindo no fluxo de corrente elétrica existente. Esse dispositivo é chamado de:



- a) Chaves ou condutores;
- b) Chaves ou interruptores;
- c) condutores ou resistor.
- 10) O professor pediu a seus alunos que ligassem uma lâmpada a uma pilha com um pedaço de fio de cobre. Na figura, estão representadas as montagens feitas por quatro aluno:

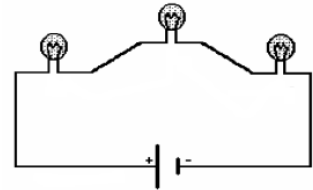


Na figura a lâmpada acenderá apenas:

- d) No aluno 1;
- e) No aluno 2;
- f) No aluno 3 e no Aluno 4.

11) No circuito elétrico em série de três lâmpadas, o que ocorre se a segunda lâmpada queimar?

- a) A primeira apaga e a última permanece acesa;
- b) Todas se apagam;
- c) A primeira e a última permanecem acesa.

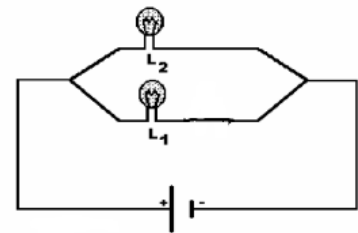


12) Qual a principal característica de um circuito elétrico em série?

- a) A mesma corrente elétrica em todos os resistores;
- b) A mesma tensão (voltagem) para todos os resistores;
- c) A mesma resistência elétrica para todos os resistores.

13) No circuito elétrico em paralelo de duas lâmpadas, o que ocorre se uma delas se queimar?

- a) A outra lâmpada fica acesa por algum tempo e depois se queima;
- b) A outra lâmpada se apaga
- c) A outra lâmpada permanece acesa



14) Qual a principal característica de um circuito elétrico em paralelo?

- a) Mesma resistência elétrica para todos os resistores;
- b) Mesma tensão (voltagem) elétrica para todos os resistores;
- c) Mesma corrente elétrica para todos os resistores.

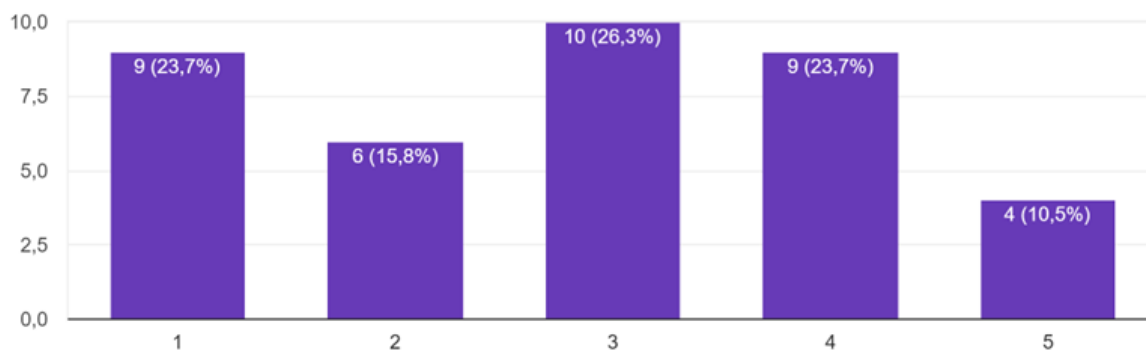
15) Qual o tipo de circuito elétrico é feito nas residências para que todos os aparelhos funcionem?

- a) Circuito elétrico em série;
- b) Circuito elétrico em paralelo;
- c) Circuito elétrico misto.

## 9. APÊNDICE A – PESQUISA

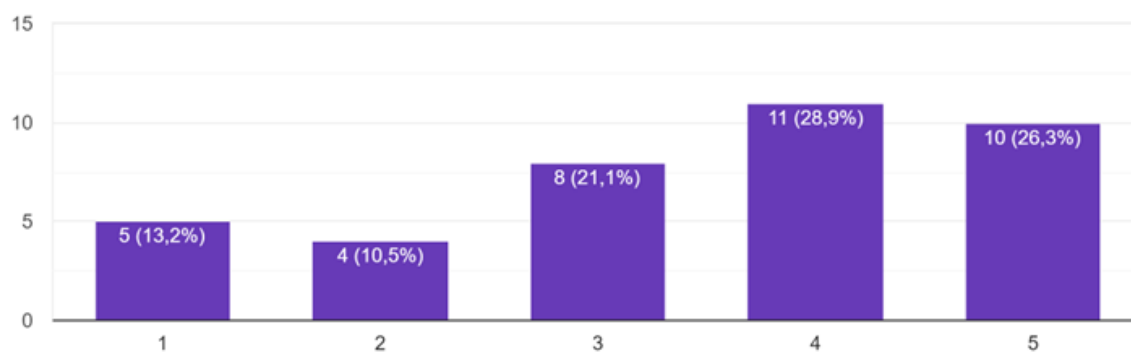
### 1. Você gosta de estudar Física?

38 respostas



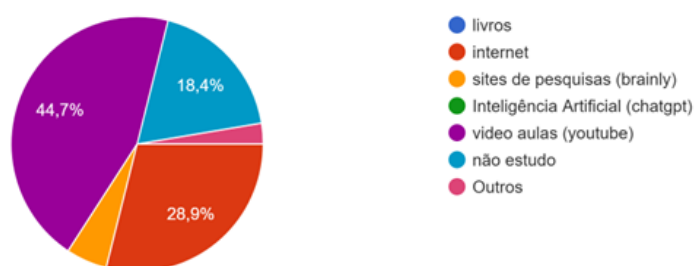
### 2. Você percebe a aplicação prática da física em sua vida cotidiana?

38 respostas



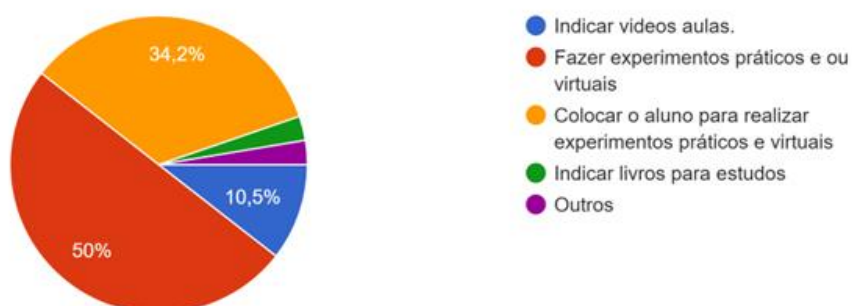
3.Quais recursos didáticos (livros, vídeos, sites, etc.) você utiliza para complementar seu estudo da Física?

38 respostas



4. O que o professor de Física pode fazer para ampliar sua participação na disciplina?

38 respostas



5. Na sua opinião, o que falta para os alunos (estudante) despertarem o interesse pela estudo da física? Escreva sua opinião.<sup>3</sup>

38 respostas

.

ser mais explicativo

Eu acho que vai da pessoa se ela quer presta atenção mesmo

experimentos práticos

Fazer experimentos para que possamos entender melhor como funciona

<sup>3</sup> Segue a análise das opiniões fornecidas por 38 alunos que participaram da pesquisa.

Ter aulas mais interessantes, para despertar o interesse

Aulas praticas

Não faço ideia

Não sei

Despertar no aluno, através de experimentos práticos em sala de aula, o interesse pela busca dos fenômenos que acontecem em nosso cotidiano. Talvez mostrando em prática o que se fala muito na teoria.

o que falta é o interesse da parte dos alunos

nao sei

ter mais aulas práticas, para entenderem na prática a física

querer

Acho que coisas mais chamativas para a aula, a física em si, teórica, não é tão legal, a gente n se interessa tanto, porque parece chata, acho que de tivesse aulas práticas ajudariam

Experimentos mostrando na pratica como a física se comporta.

Mostrar que física não é só um monte de cálculos e sim um experimento incrível.

Aulas práticas

perceber o quão interessante e fácil é

Vídeo aulas!

Facilitar o entendimento da disciplina, por exemplo: fazer experimentos em sala para que vejam como funciona na prática, vídeo aulas dinâmicas e bem explicativas.

não sei dizer ate pq não gosto de física

não sei

N

Mais praticidade!

Aulas com mais descontração , sem foca muito so em fazer cálculo .

Primordialmente, um reconhecimento da parte do estudante que a física não é algo impossível de se compreender; o professor responsável pode disponibilizar assuntos que envolvem física correlacionados com o dia a dia, uma vez que o aluno aprende melhor de uma forma prática e com vivências do seu cotidiano. O aluno, portanto, aprenderá melhor e de forma eficiente, evidenciando para si próprio e para os outros que é possível aprender física.

Ver a física na prática. Acredito que quando sabemos o porquê e sua necessidade damos mais atenção ao que se é mostrado. Existem muitos experimentos para serem feitos em sala de aula para explicar os fenômenos da física, com certeza isso despertaria o interesse de muitos. (Infelizmente, não todos)

Força de vontade dos alunos e aulas práticas

Na minha opinião o professor poderia desenvolver uma dinâmica para chamar atenção dos alunos facilitando assim a compreensão dos assuntos

...

Pergunta complicada essa. Cada pessoa se motiva e se move por coisas diferentes. Mas é fato de que essa motivação for associada ao gosto por física (por exemplo), o aluno (qualquer que seja) seria mais interessado.

Se o que move o aluno é o prazer de se divertir, é só mostrar que existem diversões que só a física pode proporcionar.

Se o que move, é "Deus", é mostrar que a física estuda a natureza e esta foi feita por ele, portanto conhecer a natureza é conhecer o criador.

Se o que move é a vaidade e o sexo oposto, é só mostrar que pessoas inteligentes são mais atraentes e bem vistas. Se tal aluno for um homem, tenho certeza que vai pensar na idéia com bastante cuidado.

Na minha opinião o que nos ajudaria muito, seria aulas práticas nos conteúdos aplicados, porque ficaríamos mais interessados e com mais curiosidade e vontade de aprender para fazer parte.

Aplicar trabalhos práticos como feira de ciências para os alunos disputarem entre si

Ver onde está a física no nosso cotidiano

ver praticas da fisica no cotidiano

## **10.APÊNDICE D - PRODUTO EDUCACIONAL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT)  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

***UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM  
CONJUNTO A EXPERIMENTOS VIRTUAIS PARA A  
APRENDIZAGEM DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO***

Parte integrante da dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Catalão-Goiás

**Mestrando em Ensino de Física:** JEAN ALVES DE FARIA

**Orientador:** Prof. Dr. Jalles Franco Ribeiro da Cunha.

## **APRESENTAÇÃO**

Caro(a) Professor(a)

O material apresentado foi desenvolvido mestrando JEAN ALVES DE FARIA do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal de Catalão - Goiás, sob a orientação de um professor Doutor Jalles F. R. da Cunha.

A elaboração e execução desse material fizeram parte da dissertação intitulada “UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM CONJUNTO COM EXPERIMENTOS VIRTUAIS PARA O APRENDIZADO DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO”.

O produto destina-se a professores de Física do Ensino Médio, porém pode ser utilizado pelo público em geral, e sua reprodução é permitida desde que sejam atribuídos os devidos créditos ao autor.

## SUMÁRIO PRODUTO EDUCACIONAL

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| APRESENTAÇÃO. ....                                                       | 76  |
| INTRODUÇÃO - PRODUTO EDUCACIONAL. ....                                   | 78  |
| Tema 01- INTRODUÇÃO A ELETRODINÂMICA E CORRENTE ELÉTRICA. ....           | 80  |
| EXPERIMENTO 01 – VIRTUAL – CIRCUITO ELÉTRICO 01. ....                    | 85  |
| EXPERIMENTO 02 – PRÁTICO – H <sub>2</sub> O É CONDUTOR OU ISOLANTE? .... | 89  |
| Tema 02- RESISTORES, LEIS DE OHM E CÓDIGO DE CORES. ....                 | 94  |
| EXPERIMENTO 03 – PRÁTICO – RESISTORES E CÓDIGO DE CORES. ....            | 104 |
| EXPERIMENTO 04 – VIRTUAL – 2º LEI DE OHM. ....                           | 107 |
| Tema 03 – CIRCUITO ELÉTRICO. ....                                        | 112 |
| EXPERIMENTO 05 – VIRTUAL – CIRCUITO ELÉTRICO 02. ....                    | 118 |
| Tema 04 – ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES. ....                                 | 122 |
| EXPERIMENTO 06 – VIRTUAL – ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES. ....                | 125 |

## INTRODUÇÃO - PRODUTO EDUCACIONAL

A sequência do produto educacional foi concebida com base na teoria da aprendizagem significativa, desenvolvida por David Paul Ausubel. Na referida teoria, o processo de aprendizagem é facilitado quando os novos conceitos são ancorados em ideias e informações já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, promovendo uma conexão significativa entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento a ser adquirido.

Conforme Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno é capaz de relacionar o novo conhecimento com conceitos e ideias já existentes em sua mente. Esse processo envolve a organização lógica e coerente do conteúdo, estabelecendo conexões claras e relevantes entre as informações. Adicionalmente, Ausubel destaca o papel ativo do aluno no processo de aprendizagem, encorajando a reflexão, a busca por relações e a aplicação do conhecimento adquirido em diferentes contextos.

No entanto, os experimentos de Física têm como objetivo desmistificar o ensino dessa disciplina, proporcionando uma abordagem lúdica e prazerosa, reduzindo a dicotomia entre teoria e prática e explorando uma Física fenomenológica e contextualizada. Para atingir esses objetivos, foram utilizados materiais concretos de fácil aquisição, permitindo a construção de modelos experimentais que facilitam a compreensão dos fenômenos físicos. Além dos experimentos físicos, também foram empregadas simulações computacionais, com o intuito de engajar os estudantes e demonstrar que é possível aprender Física por meio de ambientes virtuais, como a plataforma PHET Colorado, que oferece uma variedade de simuladores de experimentos de Física, Química e Biologia.

O produto educacional consiste em uma sequência didática que aborda quatro temas principais relacionados à Eletrodinâmica. Cada aula inclui pelo menos dois experimentos relacionados ao tópico em estudo, com a finalidade de integrar teoria e prática. Os experimentos práticos foram projetados, sempre que possível, com o uso de materiais recicláveis ou de baixo custo, visando a acessibilidade do produto. Os experimentos virtuais foram realizados em laboratórios de informática fixos ou móveis, facilitando o acesso à plataforma PHET Interactive Simulations da University of Colorado Boulder.

O tempo necessário para a execução de cada tema varia conforme o conhecimento prévio dos alunos, os materiais utilizados, o nível de dificuldade, o procedimento experimental e a explicação de cada atividade. Portanto, a duração pode variar de acordo com a turma na qual o produto educacional está sendo aplicado.

O desenvolvimento do produto ocorreu de forma presencial, com a participação dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Prof.<sup>a</sup> Eva Assunção, anteriormente conhecido como Colégio Estadual Edmundo Rocha do Conjunto Vera Cruz II, na cidade de Goiânia, Goiás. O processo seguiu uma sequência didática que envolveu a exposição do tema a ser abordado, seguida pela realização de experimentos práticos e/ou virtuais. Para cada tema, foram planejados dois experimentos, um prático e outro virtual, ou ambos virtuais. Os experimentos foram cuidadosamente elaborados para facilitar a montagem, garantindo, assim, uma experiência prática e virtual acessível.

**Tema 01- INTRODUÇÃO A ELETRODINÂMICA E CORRENTE ELÉTRICA**

Você já se perguntou por que os pássaros que se sentam em linhas de alta tensão e não são eletrocutados?

Você sabia que o Brasil é o país com mais incidência de raios do mundo? Por que isso acontece?

Existe corrente elétrica no corpo humano?

**INTRODUÇÃO A ELETRODINÂMICA.**

A Eletrodinâmica é a parte da Física dedicada ao estudo do movimento das cargas elétricas. Para promover a movimentação dessas cargas, é imperativo aplicar uma diferença de potencial elétrico (também conhecida como tensão elétrica ou voltagem) entre dois pontos de um meio condutor. A resistência do meio é a característica física que quantifica a facilidade com que uma corrente elétrica (a qual será definida em breve) é conduzida por ele.

Adicionalmente, a corrente elétrica é uma das grandezas fundamentais na eletrodinâmica. A fim de possibilitar a condução da corrente elétrica, é necessário contar com um meio que a permita se movimentar. Esse meio, que possibilita a passagem da corrente elétrica, é denominado condutor. No entanto, há materiais que não permitem ou tentam evitar a passagem da corrente elétrica, esses são chamados isolantes.

**CONDUTOR**

Condutores elétricos são materiais caracterizados por apresentarem baixa resistividade, uma propriedade que descreve a facilidade com que os portadores de carga podem se deslocar através deles. Nos materiais condutores, as cargas elétricas deslocam-se mais livremente devido à presença de elétrons livres em sua camada de valência (lembrando da química, a camada de valência é a camada mais externa dos elétrons de um átomo).

A ligação dos elétrons livres com o núcleo atômico é relativamente fraca. Como resultado, esses elétrons têm uma tendência natural para serem doados, o que os leva a mover-se e dispersar-se, facilitando a passagem da eletricidade.

Os condutores podem assumir diversas formas, incluindo soluções eletrolíticas e soluções aquosas contendo ácidos, bases ou sais. Nestes casos, os portadores de carga são íons negativos (ânions) ou positivos (cátions) e são frequentemente referidos como condutores iônicos ou condutores eletrolíticos.

Além disso, existem condutores gasosos ionizados, conhecidos como plasma, nos quais os portadores de carga podem ser íons positivos, íons negativos e elétrons livres.

No contexto do estudo da eletrodinâmica, focaremos nos condutores sólidos que facilitam a montagem de circuitos elétricos, aproximando-se assim do entendimento das redes

elétricas residenciais. Exemplos comuns de condutores elétricos sólidos incluem metais como cobre, ferro, ouro e prata.

### **ISOLANTE**

Isolantes elétricos são materiais caracterizados por apresentarem alta resistividade, o que impede a fácil movimentação dos portadores de carga, incluindo elétrons e íons, através deles.

Nos materiais isolantes, também conhecidos como dielétricos, observa-se a ausência ou uma presença muito limitada de elétrons livres. Isso resulta em uma forte ligação entre os elétrons dos isolantes e seus núcleos, o que inibe sua capacidade de movimento. Exemplos de materiais isolantes elétricos incluem borracha, isopor, lã, madeira, plástico, papel, vácuo e vidro.

### **RESISTIVIDADE E CONDUTIVIDADE**

A resistividade elétrica é uma propriedade que quantifica a oposição de um material à passagem da corrente elétrica. Em outras palavras, ela determina o grau de dificuldade que um material apresenta à condução da corrente elétrica. Nesse contexto, é importante destacar que quanto maior for a resistividade elétrica de um material, mais difícil será para a corrente elétrica fluir através dele. Por outro lado, quanto menor for a resistividade, mais facilmente o material permitirá a passagem da corrente elétrica. Portanto, materiais com alta resistividade tendem a possuir baixa condutividade elétrica e vice-versa. Essa relação pode ser expressa matematicamente da seguinte forma:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Onde:

$\rho$  é a resistividade, medida em  $\Omega.m$  (ohm – metro)

$\sigma$  é a condutividade, medida em  $(\Omega.m)^{-1}$

A resistividade também é afetada pela temperatura, portanto, a condutividade também. A resistividade aumenta com o aumento da temperatura.

### **SEMICONdutoRES**

Um semicondutor é um tipo de material que, dependendo das condições físicas a que é submetido, como temperatura, pressão, radiação e campos magnéticos, pode funcionar como um condutor elétrico, permitindo o fluxo de corrente, ou como um isolante elétrico, bloqueando o seu fluxo. Exemplos típicos de semicondutores incluem o silício e o germânio.

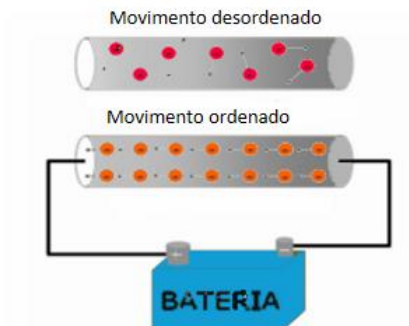
A tabela mostra exemplos de resistividade de alguns condutores elétricos, isolantes elétricos e semicondutores em temperatura de 20°C.

| <i>Metais</i>           | <i>Resistividade <math>\rho</math> (<math>\Omega \cdot m</math>)</i> |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <i>Prata</i>            | $1,62 \cdot 10^{-8}$                                                 |
| <i>Cobre</i>            | $1,69 \cdot 10^{-8}$                                                 |
| <i>Semicondutores</i>   |                                                                      |
| <i>Silício puro</i>     | $2,5 \cdot 10^3$                                                     |
| <i>Silício b tipo n</i> | $8,7 \cdot 10^{-4}$                                                  |
| <i>Germânio</i>         | $4.6 \cdot 10^{-1}$                                                  |
| <i>Isolantes</i>        |                                                                      |
| <i>Vidro</i>            | $10^{10} - 10^{14}$                                                  |
| <i>Quartzo fundido</i>  | $\sim 10^{16}$                                                       |

Fonte: Tabela elaborada pelo próprio autor baseada em Young e Freedman, vol 2 págs. 190

### CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica é a movimentação de portadores de cargas, como os elétrons, quando se aplica uma diferença de potencial elétrico (também pode ser chamado de tensão elétrica ou voltagem) a algum material condutor. A corrente elétrica é a grandeza física que nos permite conhecer qual é a quantidade de carga que atravessa a secção transversal de um condutor a cada segundo.



Fonte: acervo do próprio autor

### TIPOS DE CORRENTE ELÉTRICA

Têm dois tipos de corrente elétrica: corrente elétrica alternada e corrente elétrica contínua. Apesar de ambas tratarem de uma movimentação de cargas elétricas, são fundamentalmente diferentes.

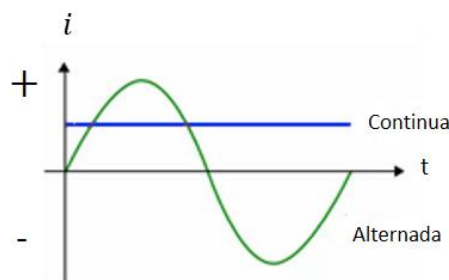
### CORRENTE ELÉTRICA ALTERNADA

Na corrente elétrica alternada, o sentido do movimento dos elétrons é periodicamente invertido devido à uma inversão na polaridade do potencial que é aplicado ao condutor. Nesse tipo de corrente elétrica, os elétrons permanecem oscilando em torno da mesma posição, isso faz com que haja menos perdas de energia em razão do efeito Joule, transformação de energia

elétrica em energia térmica. No Brasil, a frequência de oscilação da corrente elétrica alternada é de 60 Hz, isto é, os elétrons no interior dos fios movem-se em vai e vem cerca de 60 vezes por segundo.

### CORRENTE ELÉTRICA CONTÍNUA

A corrente elétrica contínua é aquela na qual os elétrons são forçados a deslocar-se em sentido único. Isso não significa, entretanto, que todos os elétrons estejam movendo-se ordenadamente, pois na realidade o movimento das cargas elétricas é bastante caótico e lento. Isso é resultado das diversas colisões sofridas dos elétrons com a rede cristalina dos condutores enquanto arrastados pela ação de um campo elétrico externo.



Fonte: acervo do próprio autor

### FÓRMULA DE CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica pode ser calculada pela razão entre o módulo da carga elétrica que atravessa um condutor pelo intervalo de tempo. A fórmula mais simples que é utilizada para calcular a corrente elétrica está mostrada a seguir, confira:

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

Onde:

$i$  – corrente elétrica (A)

$Q$  – carga elétrica (C)

$\Delta t$  – intervalo de tempo (s)

No caso dos metais condutores, nos quais a condução é realizada pela movimentação de elétrons, podemos calcular a corrente elétrica em função do número de elétrons que nos atravessam a cada segundo. Para isso, é necessário lembrar da quantização da carga elétrica, essa propriedade da matéria informa que a quantidade de carga total armazenada em um corpo é dada por um múltiplo inteiro da carga fundamental ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ) presente nos prótons e nos elétrons.

$$Q = n \cdot e$$

Onde:

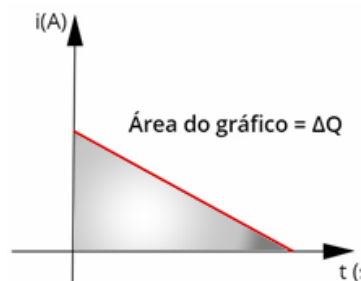
$n$  – número de elétrons

$e$  – carga elétrica fundamental ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

Se combinarmos as duas equações apresentadas, podemos escrever a seguinte fórmula para a corrente elétrica:

$$i = \frac{n \cdot e}{\Delta t}$$

As fórmulas mostradas são úteis para a resolução da maior parte dos exercícios que envolvem a corrente elétrica, entretanto não são úteis para os casos em que a corrente elétrica é variável. Nesses casos, é comum que um gráfico, tal como o que é mostrado a seguir, seja fornecido, observe:



Fonte: acervo do próprio autor

O gráfico mostrado acima apresenta o módulo de uma corrente elétrica variável em função do tempo. Perceba que o módulo dessa corrente elétrica é decrescente. Nesse caso, é bastante útil calcular a área do gráfico, que corresponde à quantidade de carga conduzida durante esse intervalo de tempo.

**Referência bibliográfica:** HELERBROCK, Rafael. "Corrente elétrica"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/corrente-eletrica.htm>. Acesso em 07 de outubro de 2022.

## **EXPERIMENTO 01 – VIRTUAL – CIRCUITO ELÉTRICO 01**

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

(GO-EMCN 308B) Aplicar conhecimentos sobre circuitos elétricos, dimensionando dispositivos ou aparelhos de uso cotidiano para analisar seu funcionamento.

### **INSTRUÇÕES**

Para acessar a simulação dirija-se até o navegador de internet e pesquise: Phet kit para montar circuito DC ou digite esse endereço, [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab) ou se preferir digitalize o código QR que será direcionado diretamente para o simulador

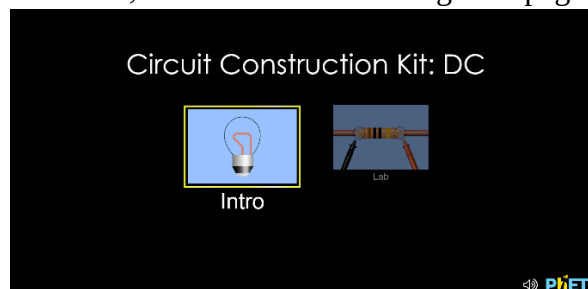


- Devem iniciar o simulador, clicando com o mouse no símbolo abaixo.



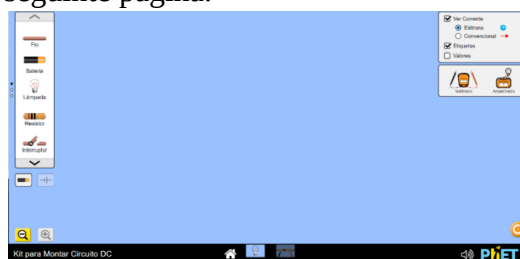
Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 14 minutos

- Após clicar no símbolo, o simulador abrirá a seguinte página:



Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 16 minutos

- Selecione, clicando com o mouse no símbolo da lâmpada “Intro”, após selecionar o simulador abrirá a seguinte página.

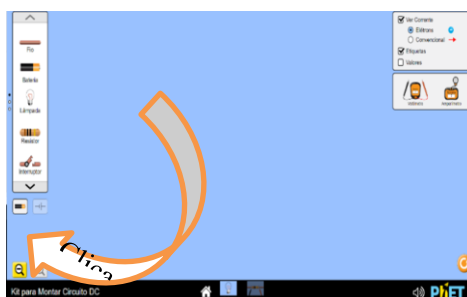


Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 16 minutos

## **PARTE 1: EXPLORANDO E COMPREENDENDO OS ELEMENTOS DO CIRCUITO ELÉTRICO.**

Para cada um dos elementos do circuito localizados no lado esquerdo do simulador, o aluno deve proceder da seguinte forma: deve desenhar o símbolo correspondente a cada elemento na coluna denominada "Símbolo" e, em seguida, explicar qual é a finalidade de cada um deles em um circuito na coluna designada como "Função".

A transição entre a representação realista dos elementos e seus símbolos correspondentes é realizada facilmente, bastando clicar no ícone do símbolo exibido imediatamente abaixo dos componentes do circuito localizados no lado esquerdo da tela. Esse ícone é indicado por uma seta na imagem apresentada abaixo.



Fonte: imagem com parte criada pelo autor e parte printada do site:  
[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 19 minutos

Agora vamos conhecer os principais elementos de um circuito elétrico, os símbolos e suas funções, o grupo deverá preencher a tabela abaixo.

| <b>Elemento do circuito</b> | <b>Símbolo</b> | <b>Função/ o propósito deste elemento.</b> |
|-----------------------------|----------------|--------------------------------------------|
| Fio                         |                |                                            |
| Bateria                     |                |                                            |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Lâmpada     |  |  |
| Interruptor |  |  |
| Fusível     |  |  |
| Resistor    |  |  |

Nota: No caso de o grupo não possuir conhecimento sobre a função de cada componente do circuito elétrico, é necessário que o grupo realize uma pesquisa para adquirir o entendimento acerca da função de cada um desses componentes.

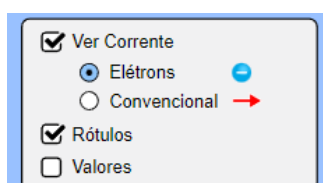
## **PARTE 2: CONSTRUINDO UM CIRCUITO ELÉTRICO VIRTUAL**

Mude os elementos do circuito de volta para representações realistas clicando neste botão:



Logo abaixo dos elementos do circuito do lado esquerdo da tela indicado pela seta na imagem abaixo.

- 1) observe a o círculo azul com um sinal negativo no centro e responda



O que você acha que os círculos azuis representam?

---

---

2) Selecione um fio. O que você pode mudar no fio?

---

---

3) Selecione uma bateria. O que você pode mudar na bateria?

---

---

4) Selecione uma lâmpada. O que você pode mudar na lâmpada?

---

---

5) Selecione um resistor. O que você pode mudar sobre o resistor?

---

---

6) Arraste e solte os elementos na área de trabalho e conecte-os para criar um circuito de trabalho. Como você sabe que o circuito está funcionando?

---

---

7) Quais condições devem ser verdadeiras para que os elétrons se movam?

---

---

8) Em que direção os elétrons fluem ao redor do circuito? Sentido horário ou sentido anti-horário?

---

---

9) Por que os elétrons fluem nessa direção?

---

---

10) Desenhe um esquema do seu circuito de trabalho abaixo:

**EXPERIMENTO 02 – PRÁTICO – H<sub>2</sub>O É CONDUTOR OU ISOLANTE?**

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

(GO-EMCNT306B) Examinar situações que envolvam risco de choque elétrico, considerando a intensidade e o caminho percorrido pela corrente elétrica para estimar riscos à integridade física individual e coletiva.

**IDÉIA DO EXPERIMENTO**

Se uma corrente elétrica fluir através de um circuito extremamente simples, composto apenas por uma pilha e uma lâmpada, a lâmpada emitirá luz. Se o circuito for interrompido, a lâmpada se apagará. No entanto, se a interrupção for preenchida com algum tipo de material condutor, a corrente elétrica será restabelecida e a lâmpada voltará a acender. Por outro lado, se o material usado para fechar o circuito não possuir a propriedade de conduzir eletricidade, a lâmpada permanecerá apagada. Esse método possibilita a identificação e classificação de substâncias, como água pura (desmineralizada) e uma mistura de água com sal de cozinha, como isolantes ou condutores de eletricidade.

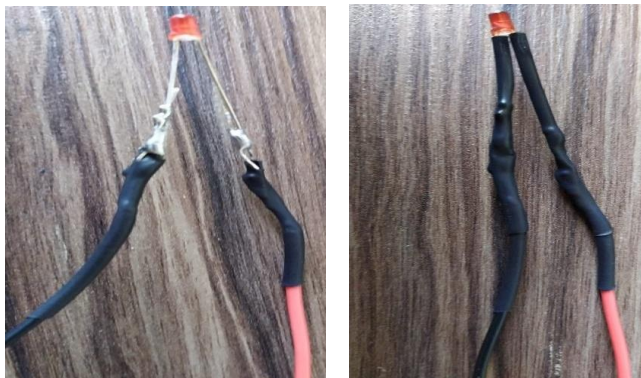
**TABELA DO MATERIAL**

| <i>Item</i>                             | <i>Observações</i>                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Um pedaço de fio condutor               | Aproximadamente 20 cm de fio elétrico comum. Pode ser encontrado em casa de materiais elétricos ou eletrônicos ou então retirados de aparelhos elétricos ou eletrodomésticos fora de uso.                                                                                     |
| Pilha                                   | duas pilhas comuns de 1.5 Volts será o suficiente.                                                                                                                                                                                                                            |
| Uma lâmpada de lanterna/ LED 3 mm       | Um LED de 3 V , pode ser de 3 mm ou de 5 mm (este se torna um pouco mais caro) esse LED pode ser substituído por lâmpada de lanterna de preferência de 1.5 Volts.                                                                                                             |
| Água desmineralizada                    | Vários tipos de materiais poderão ser usados:<br>Mas para esse experimento em específico vai ser usado apenas a água pura (desmineralizada) e um mistura de água com sal de cozinha<br>Observação: a água desmineralizada foi comprada em autopeça no valor de R\$4,98 reais. |
| Porta Pilhas e Fios de Conexão (jacaré) | Estes equipamentos são opcionais. O funcionamento do experimento não será prejudicado na falta destes.                                                                                                                                                                        |
| Ferro de solda                          | Se não tiver o ferro de soldar pode ser feito as conexões com fita isolante, que não prejudicará o experimento.                                                                                                                                                               |

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prendedor de roupa + fio                | Utilizei um prendedor de roupa com um fio para facilitar prender o fio na parede do béquer e assim utilizar com um eletrodo. Estes equipamentos são opcionais. O funcionamento do experimento não será prejudicado na falta destes. |
| Béquer de 150 ml                        | Pode ser substituído por outro recipiente, por exemplo um copo de vidro.                                                                                                                                                            |
| Pistola de cola quente + bastão de cola | Utilizei a cola quente para prender o fio no prendedor de roupa, e assim fazer o eletrodo. Estes equipamentos são opcionais. O funcionamento do experimento não será prejudicado na falta destes.                                   |

## **MONTAGEM**

- Para realizar a montagem, é necessário descascar as extremidades de dois segmentos de fios elétricos. Utilizando um ferro de solda, proceda com a conexão do fio ao LED ou lâmpada. É importante destacar que o LED é um componente polarizado, o que significa que você deve ligar o polo positivo do LED (reconhecido pelo fio mais longo que está conectado a ele) ao polo positivo da pilha. Se não tiver acesso a um ferro de solda, é possível realizar a conexão apenas com fita isolante. Após efetuar a ligação, é fundamental isolar a conexão. Nesse caso, pode-se utilizar um tubo termocontrátil, que se ajusta ao fio quando submetido ao aumento de temperatura.



Fonte: imagem do autor

- Para efetuar a montagem, insira as pilhas na porta de pilhas, assegurando-se de que elas estejam corretamente posicionadas de acordo com a polaridade das pilhas ou baterias. Em seguida, conecte um segmento de fio a uma das extremidades da pilha, como, por exemplo, ao polo positivo. Em seguida, ligue outro pedaço de fio à outra extremidade da pilha, que, se você seguiu a sugestão anterior, será o polo negativo.



Fonte: imagem do autor

- Aproxime a ponta dos fios que estão conectados ao LED das extremidades do fio proveniente da porta de pilhas. Se estiver utilizando apenas pilhas, encontre uma maneira de fechar o circuito e teste o LED ou lâmpada. Ela deve acender.
- Anexe um segmento de fio ao prendedor de roupas, tornando mais fácil prendê-lo ao recipiente, como um béquer.



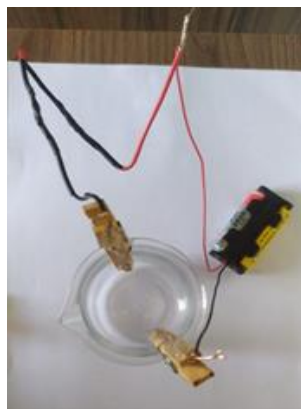
• Fonte: imagem do autor

- Prenda o prendedor com o fio as paredes do béquer de forma que os dois fiquem em lado opostos.



Fonte: imagem do autor

- Conecte o fio que está previamente ligado ao LED a um dos fios da porta de pilhas, certificando-se de respeitar a polaridade do LED. Na outra extremidade desse fio, conecte-o ao eletrodo fixado em um dos prendedores de roupas. O segundo eletrodo, preso ao outro prendedor de roupas, deve ser conectado ao fio da outra extremidade da porta de pilhas.
- Neste ponto da experimentação, sua configuração deve estar conforme a descrição a seguir.



Fonte: imagem do autor

- Certifique-se de que as conexões estejam bem estabelecidas e de que o polo positivo do LED esteja corretamente conectado ao polo positivo da pilha. Para identificar o polo positivo do LED, basta observar qual dos fios é o mais longo.
- Agora, proceda ao preenchimento do béquer com água desmineralizada, assegurando que a água cubra as extremidades dos eletrodos. Não é necessário encher completamente o béquer.



Fonte: imagem do autor

- Após confirmar que o polo positivo do LED está conectado ao polo positivo da pilha, verifique se a lâmpada acendeu.
- Se tudo ocorrer conforme o esperado, o LED não deverá ter acendido. Neste ponto, o grupo deve introduzir sal de cozinha ( $\text{NaCl}$ ) na água contida no béquer. Conforme o grupo adiciona o sal à água desmineralizada, é possível observar o LED começar a acender. Alternativamente, caso prefira, é possível substituir o sal por vinagre, obtendo o mesmo efeito.
- Agora, como podemos explicar o fato de que a água desmineralizada não acende o LED, mas quando misturamos o sal, o LED passa a acender? Para compreender essa situação, vamos buscar respostas para algumas questões.

### **PERGUNTAS**

1) Água desmineralizada permitiu a passagem de corrente elétrica?

---

---

---

2) A mistura de água com sal de cozinha permitiu a passagem de corrente elétrica?

---

---

---

- 3) O que acontece na água desmineralizada, para que ela não permita a passagem de corrente elétrica? E o que acontece com a mistura que ela permite a passagem de corrente elétrica? Faça uma pesquisa para contextualizar sua resposta? Caso não consiga explicar, faça uma pesquisa.

---

---

---

- 4) Conclusão: a água desmineralizada é condutora ou é isolante? E a mistura de água desmineralizada com sal é condutora ou isolante?

---

---

---

- 5) Agora o grupo deve deixar sua opinião sobre a execução do experimento. Cite os pontos positivos e os negativos.

---

---

---

## Tema 02- RESISTORES, LEIS DE OHM E CÓDIGO DE CORES

(GO-EMCNT106A) Conceituar resistência e resistividade elétricas, calculando a perda de energia elétrica com o transporte e distribuição para examinar a eficiência energética no processo.

*Quando estamos ouvindo uma rádio e aumentamos o som, o que realmente acontece no dispositivo que permite que o som aumente? Você já pensou nisso?*

### O QUE SÃO RESISTORES?

Os resistores desempenham uma função importante no circuito elétrico, pois oferecem resistência à passagem de corrente elétrica por meio de seu material. Quando um resistor é introduzido em um circuito elétrico, ele provoca uma redução na intensidade da corrente elétrica. Além disso, sua presença em um fio causa uma diminuição ou queda no potencial elétrico.

Os resistores também têm a capacidade de converter energia elétrica em energia térmica, como é evidenciado no caso do chuveiro elétrico. Nesse dispositivo, um resistor se opõe à passagem da corrente elétrica, resultando no que é conhecido como o efeito Joule.

A maioria dos resistores é fabricada com materiais que possuem alta resistência elétrica, sendo classificados como dielétricos. Aqueles que mantêm uma resistência elétrica constante são denominados resistores ôhmicos.

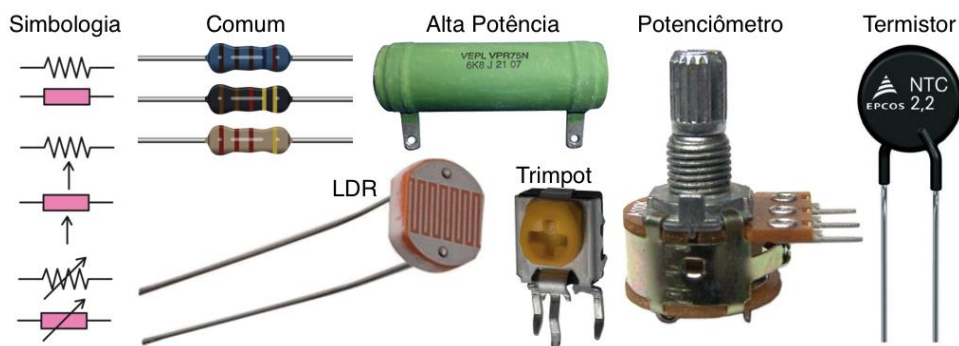


Imagem disponível em <https://sites.google.com/site/metalelectronica/-/src/1468890345593/projetos/curso-rapido-de-eletronica-basica/componentes-passivos/Resistores.png> acessado em 15/10/2022 as 10 horas e 20 minutos.

O resistor de alta potência desempenha um papel crucial ao bloquear altas frequências de energia elétrica para proteger os equipamentos. Para garantir sua eficiência em locais com variações de temperatura, é essencial que os materiais utilizados em sua fabricação sejam robustos e atendam a todos os critérios de segurança.

Esses resistores de alta potência vêm em diferentes tamanhos e são capazes de lidar com diversas demandas de energia, evitando assim sobrecargas nos sistemas elétricos. Além disso, eles garantem a segurança dos usuários e contribuem para a durabilidade dos dispositivos, protegendo-os contra fluxos elétricos intensos. Algumas vantagens do uso desses resistores incluem sua versatilidade de aplicação, excelente custo-benefício e operação livre de erros.

Além de sua importância na proteção dos equipamentos, os resistores de alta potência desempenham um papel relevante no controle térmico das estruturas, assegurando uma distribuição adequada de energia nos circuitos.

Outro componente eletrônico relevante é o potenciômetro, que limita o fluxo de corrente elétrica de forma ajustável. Ao contrário dos resistores comuns, os potenciômetros permitem a variação da resistência por meio de um ajuste manual. Esses dispositivos geralmente possuem três terminais e um eixo giratório, sendo utilizados em diversas aplicações, como o controle de volume de aparelhos de som, posicionamento em controles de videogames e ajuste de brilho e contraste em telas LCD.

Os termistores são amplamente empregados como sondas de temperatura em uma variedade de setores, incluindo aplicações industriais, aparelhagem médica, eletrodomésticos, pesquisa científica, indústria automobilística, telecomunicações e aplicações militares. Sua utilização pode abranger desde a medição de temperaturas moderadas, como em aplicações médicas, até a medição de temperaturas extremamente elevadas, como em aplicações industriais. A precisão da medição de temperatura varia de acordo com a aplicação, indo de 1 °C em alguns casos até precisões de décimos ou centésimos de grau em outros. O circuito de detecção do sinal pode ser simples ou complexo, podendo envolver condicionadores de sinal e placas de aquisição de dados para digitalização e processamento computacional.

O trimpot é um componente eletrônico semelhante ao potenciômetro, pois permite a variação da resistência ao girar seu eixo. Sua disposição de pinos o torna adequado para uso em protoboards ou placas de circuito impresso. Devido ao seu tamanho compacto, o trimpot é comumente utilizado em instalações permanentes ou em projetos nos quais a variação da resistência não precisa ser constante, como no ajuste de sensibilidade de sensores, controle de contraste de LCD, ou ajuste de intensidade sonora, entre outros.

O LDR, cuja sigla em inglês significa Light Dependent Resistor (Resistor Dependente de Luz), é conhecido também como fotoresistores. Este componente eletrônico passivo possui apenas dois terminais e é capaz de variar sua resistência em resposta à intensidade da luz

incidente. Embora os tipos mais comuns de fotoresistores sejam mais sensíveis à luz visível, existem alguns que são mais sensíveis à luz infravermelha. O LDR desempenha um papel importante em aplicações que requerem detecção de luz, como em sistemas de iluminação automatizada e sensores de luminosidade. Vale destacar que o LDR não possui polaridade definida.

### **1ª LEI DE OHM**

Segundo a "1ª lei de Ohm", a relação entre o potencial elétrico e a corrente elétrica que ocorre em um resistor ôhmico permanece constante. Em resistores ôhmicos, a corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão elétrica aplicada e inversamente proporcional à resistência elétrica. Essa relação pode ser expressa matematicamente da seguinte maneira:

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

Onde:

R – Resistência elétrica ( $\Omega$  - ohm)

U – Diferença de potencial elétrico, tensão elétrica ou voltagem (V – volt)

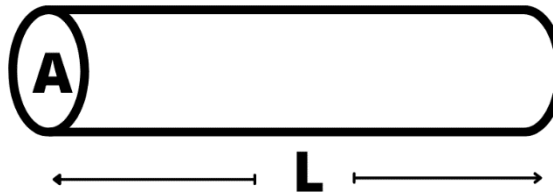
I – Corrente elétrica (A – ampère)

Os resistores reais não exibem comportamento ôhmico em relação a todas as medidas de tensão ou corrente elétrica. Por essa razão, colocamos aspas na expressão "lei de Ohm", uma vez que uma lei deve ser aplicável universalmente. No entanto, eles mantêm uma resistência elétrica constante dentro de uma ampla faixa de medidas de tensão e corrente elétrica.

### **2ª LEI DE OHM**

A capacidade dos resistores em controlar o fluxo de corrente elétrica está diretamente relacionada com a sua resistência. Essa resistência, por sua vez, é influenciada por diversos fatores geométricos, tais como o comprimento e a área transversal do resistor, bem como por uma característica intrínseca de cada material, conhecida como resistividade.

Em outras palavras, o valor da resistência de um resistor ôhmico não é determinado pelo potencial elétrico aplicado aos seus terminais, mas sim pelo seu formato físico e pelo material utilizado em sua fabricação.



fonte: acervo próprio autor

A fórmula que usamos para calcular a resistência elétrica, em função de parâmetros geométricos, como a área transversal e o comprimento do resistor, conhecida como 2ª lei de ohm, é esta:

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

Onde:

R – Resistência elétrica ( $\Omega$  - ohm)

$\rho$  – Resistividade do material ( $\Omega \cdot m$  – ohm vezes metro)

L – Comprimento do material (m – metro)

A – Área transversal do material ( $m^2$  - metro ao quadrado)

### RESISTORES

Quando nos referimos especificamente aos resistores comuns, existem duas formas de medir sua resistência. Uma delas é por meio do código de cores, que será abordado no experimento desta aula. Os resistores são fabricados e pintados em uma sequência de cores para que técnicos possam identificar facilmente sua resistência apenas observando essa sequência. A outra forma de medição é por meio de um dispositivo chamado ohmímetro, que geralmente está integrado a um multímetro.

Os resistores são componentes com a finalidade de converter energia elétrica em energia térmica e, de maneira mais ampla, são utilizados para controlar a corrente elétrica por meio de suas propriedades materiais. Esse controle ocorre devido à oposição que esses materiais apresentam à passagem da corrente elétrica, e a essa oposição damos o nome de resistência elétrica. A unidade de medida da resistência elétrica é o ohm ( $\Omega$ ), e existem múltiplos mais comuns dessa unidade, tais como:

*Quilo-ohm ( $K\Omega$ ) que é igual a 1.000  $\Omega$  ou  $10^3 \Omega$*

*Mega-ohm ( $M\Omega$ ) que é igual a 1.000.000  $\Omega$  ou  $10^6 \Omega$*

Existem duas formas de classificação para os resistores. Uma delas é a classificação dos resistores de acordo com sua resistência, sendo que existem os resistores de resistência variável, que são aqueles cuja resistência pode ser modificada dentro de uma faixa de valores por meio de um cursor móvel. A outra categoria engloba os resistores com resistência fixa, nos quais o valor da resistência não pode ser alterado.

Os resistores de resistência fixa costumam ser especificados por meio de três parâmetros essenciais. Primeiramente, temos o valor nominal da resistência elétrica, que é a resistência padrão que o resistor deve possuir. Em seguida, consideramos a tolerância, que representa a máxima variação permitida em relação ao valor nominal e é expressa em porcentagem. Por fim, também é importante levar em conta a máxima potência elétrica que o resistor é capaz de dissipar. Esses três parâmetros são fundamentais para a identificação e seleção adequada de resistores fixos.

Exemplo: tomemos um resistor de  $1\text{K}\Omega \pm 5\%$  e 3 W, ou seja, uma resistência de  $1000\Omega$  sua resistência pode variar  $50\Omega$  para mais ou para menos, isso quer dizer que sua resistência pode variar de  $950\Omega$  a  $1050\Omega$ . Podendo dissipar uma potência de no máximo 3 watts.

Os resistores fixos podem ser de fio, de filme de carbono, de filme metálico e de carvão os quais serão descritos abaixo.

### RESISTOR DE FIO

Consiste basicamente em um tubo cerâmico que serve de proteção e suporte para enrolarmos um determinado comprimento de fio, de liga especial para obter o valor de resistência desejado. Os terminais desses fios são conectados às braçadeiras presas ao tubo.



Imagem disponível em:

[https://images.tcdn.com.br/img/img\\_prod/697864/180\\_resistor\\_4k7\\_25w\\_radial\\_takebo\\_8243\\_1\\_20190522134948.jpg](https://images.tcdn.com.br/img/img_prod/697864/180_resistor_4k7_25w_radial_takebo_8243_1_20190522134948.jpg) acessado em 18/10/2022 as 16 horas e 20 minutos.

Além deste, existem outros tipos de resistores de fio como mostra a imagem abaixo.



Imagem disponível em: <http://www.eicos.com.br/acessorios/componentes-eletricos/resistor-22r-5w/resistor-icos-22r-5w.jpg> acessado em 18/10/2022 as 16 horas e 25 minutos.

Os resistores de fio são encontrados com valores de resistência de alguns ohms até mesmo alguns quilo-ohms, e são aplicados onde se exigem altos valores de potência, acima de 5W, sendo suas especificações impressas no próprio corpo do resistor.

### **RESISTORES DE FILME DE CARBONO**

Resistor de filme de carbono consiste em um cilindro de cerâmica que é coberto por uma película de carbono. Sua resistência é determinada na fabricação através da largura e da espessura da película do filme de carbono. Este componente é o mais barato entre todos os outros, mas de outro modo emite muitos ruídos quando energizado. O valor de sua resistência é disponibilizado em cores, e é possível identificar a resistência através da tabela de código de cores.



Imagem disponível em: [https://www.huinfinito.com.br/421-large\\_default/resistor-de-filme-de-carbono-10r-1-4w.jpg](https://www.huinfinito.com.br/421-large_default/resistor-de-filme-de-carbono-10r-1-4w.jpg) acessado em 18/10/2022 as 18 horas e 25 minutos.

### **RESISTORES DE FILME METÁLICO**

Resistor de filme metálico têm um cilindro de cerâmica que é coberto por uma película metálica, análogo ao de filme de carbono, neste resistor a determinação da resistência é feita através da largura e da espessura da película metálica. Diferentemente do resistor de carbono, o ruído emitido por este resistor é bem baixo. Este ainda possui uma tolerância de 1% devido a sua película ser constituída de Níquel Ni-Cr (nichromo) o que garante uma maior precisão do valor da resistência. O valor da resistência também é disponibilizado em cores, e é possível identificar a resistência através da tabela de código de cores.

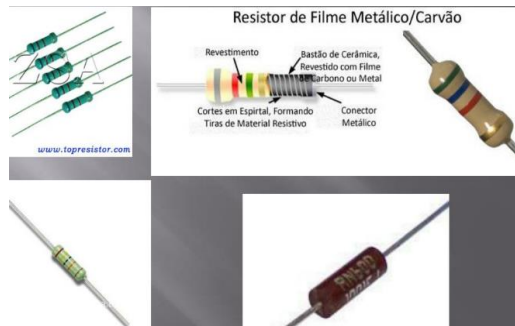


Imagem disponível em: <https://image1.slideserve.com/2631917/alguns-modelos-de-resistores-de-filme-met-lico-l.jpg> acessado em 18/10/2022 as 18 horas e 35 minutos.

## RESISTORES DE CARVÃO

Os resistores de carvão são fabricados e inseridos internamente em um tubo, o carvão granulado misturados com um material de preenchimento, e de acordo com a quantidade de carvão granulado bem como o material de preenchimento que é inserido, é obtido o valor da resistência.

Estes resistores possuem um tamanho maior em relação aos demais resistores fixos e possuem uma maior tolerância, cerca de 10 a 20%.

O valor da resistência é disponibilizado em cores, e é possível identificar através da tabela de código de cores.

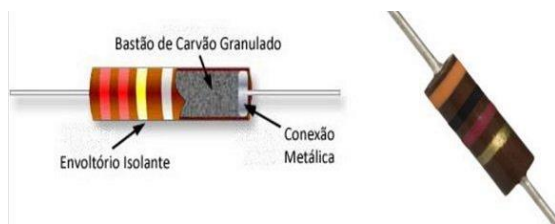


Imagem disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/y/748/resistor-carvao.jpg> acessado em 18/10/2022 as 18 horas e 50 minutos.

Todos estes resistores fixos são representados em um circuito elétrico pela mesma simbologia.



Essas simbologias de resistores são utilizadas em circuitos elétricos, no qual é possível fazer análises em cima de associações de resistores em série, em paralelo e a mista. E podendo determinar através de cálculos valores de grandezas elétricas como a própria resistência, a corrente e tensão elétrica.

É admirável entender como a resistência é aplicada em resistores. Visto também que foi possível identificar vários tipos de resistores fixos, que muitas das vezes são chamados de resistores ôhmicos. Compreendendo as suas características de fabricação diferenciada.

### CÓDIGO DE CORES

Os valores nominais dos resistores fixos podem ser determinados pelas cores das faixas pintadas em suas superfícies, cada cor e sua posição no corpo do resistor representam um número, de acordo com a tabela a seguir.

**TABELA DE CÓDIGO DE CORES**

| Cor      | 1ª<br>faixa | 2ª<br>faixa | 3ª<br>faixa | Multiplicador | Tolerância | Coeficiente de<br>temperatura (PPM/K) * |
|----------|-------------|-------------|-------------|---------------|------------|-----------------------------------------|
|          | 0           | 0           | 0           | X 1Ω          |            | 250                                     |
| MARROM   | 1           | 1           | 1           | X 10Ω         | ± 1%       | 100                                     |
| VERMELHA | 2           | 2           | 2           | X 100Ω        | ± 2%       | 50                                      |
| LARANJA  | 3           | 3           | 3           | X 1.000Ω      |            | 15                                      |
| AMARELO  | 4           | 4           | 4           | X 10.000Ω     |            | 25                                      |
| VERDE    | 5           | 5           | 5           | X 100.000Ω    | ± 0,5%     | 20                                      |
| AZUL     | 6           | 6           | 6           | X 1.000.000Ω  | ± 0,25%    | 10                                      |
| VIOLETA  | 7           | 7           | 7           | X 10.000.000Ω | ± 0,1%     | 5                                       |
| CINZA    | 8           | 8           | 8           |               | ± 0,05%    | 1                                       |
| BRANCO   | 9           | 9           | 9           |               |            |                                         |
| DOURADO  |             |             |             | X 0,1Ω        | ± 5%       |                                         |
| PRATEADO |             |             |             | X 0,01Ω       | ± 10%      |                                         |
| SEM COR  |             |             |             |               | ± 20%      |                                         |

\* PPM/K – parte por milhão por kelvin

Visando uma fácil interpretação, o código de cores dos resistores é analisado através de faixas, sendo cada faixa com sua função. Pode se ter códigos para resistores de 3 faixas, 4 faixas, 5 faixas e 6 faixas. A 1ª faixa é sempre a que estiver mais próxima de um dos terminais do resistor. veja alguns exemplos.

### CÓDIGO DE CORES RESISTORES 3 FAIXAS

Para resistores de 3 faixas é utilizada a tabela abaixo seguindo as orientações citadas.

- 1ª Faixa: mostra o primeiro algarismo do valor da resistência.
- 2ª Faixa: mostra o segundo algarismo da resistência.
- 3ª Faixa: mostra quantos zeros devem ser adicionados à resistência.

Obs. Para os resistores de 3 faixas a tolerância pode ser considerada em ± 20%, sendo definido sem cor.

Exemplo:

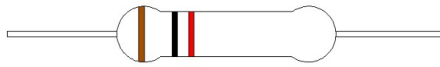


Imagem disponível em: <https://aprendendoeletrica.com/wp-content/uploads/2020/01/resistor-3-faixas.jpg> acessado em 18/10/2022 as 19 horas e 50 minutos.

1ª faixa: Marrom = 1

2ª faixa: Preto = 0

3ª faixa: Vermelho = multiplica por 100

Todo resistor de 3 faixas possui 20% de tolerância

$10 \times 100 = 1.000 \Omega$  com variação aceitável de 800 a 1.200  $\Omega$

### CÓDIGO DE CORES RESISTORES 4 FAIXAS

Para resistores de 4 faixas são utilizados os mesmos passos citados para resistores de 3 faixas, mas com a adição de uma quarta faixa que identifica a tolerância que o componente tem.

Exemplo:



Imagem disponível em: <https://aprendendoeletrica.com/wp-content/uploads/2020/01/resistor-4-faixas.jpg> acessado em 18/10/2022 as 19 horas e 55 minutos.

1ª faixa: Marrom = 1

2ª faixa: Vermelho = 2

3ª faixa: Laranja = multiplica por 1.000

4ª faixa: Dourado = Tolerância de 5%

$12 \times 1000 = 12.000 \Omega$  com variação aceitável de 11.400 a 12.600  $\Omega$

### CÓDIGO DE CORES RESISTORES 5 FAIXAS

Para resistores de 5 faixas são utilizados os mesmos passos dos resistores de 4 faixas, acrescentando a quinta faixa que será a tolerância do resistor e a terceira faixa será o terceiro algarismo da resistência, observe as orientações a seguir.

1ª Faixa: mostra o primeiro algarismo do valor da resistência.

2ª Faixa: mostra o segundo algarismo da resistência.

3ª Faixa: mostra o terceiro algarismo da resistência.

4ª Faixa: mostra quantos zeros devem ser adicionados a resistência.

5ª Faixa: mostra a tolerância que o componente terá.

Exemplo:



Imagem disponível em: <https://aprendendoeletrica.com/wp-content/uploads/2020/01/resistor-5-faixas.jpg> acessado em 18/10/2022 as 20 horas e 10 minutos.

1ª faixa: Marrom = 1

2ª faixa: Amarelo = 4

3ª faixa: Laranja = 3

4ª faixa: Laranja = multiplica por 1.000

5ª faixa: Dourado = Tolerância de 5%

$143 \times 1.000 = 143.000 \Omega$  com variação aceitável de 135.850 a 150.150  $\Omega$

### CÓDIGO DE CORES RESISTORES 6 FAIXAS

Para resistores de 6 faixas pode ser seguido as mesmas orientações citadas para resistores de 5 faixas, mas com uma adição de uma 6ª faixa que corresponde ao coeficiente de temperatura em PPM/K (parte por milhão por kelvin).

Exemplo:

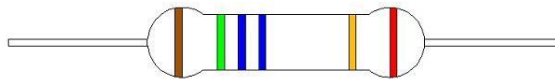


Imagem disponível em: <https://aprendendoeletrica.com/wp-content/uploads/2020/01/resistor-6-faixas.jpg> acessado em 18/10/2022 às 20 horas e 20 minutos.

1ª faixa: Marrom = 1

2ª faixa: Verde = 5

3ª faixa: Azul = 6

4ª faixa: Azul = multiplica por 1.000.000

5ª faixa: Dourado = tolerância de 5%

6ª faixa: Vermelho = Fator de temperatura de 50 PPM/K

$156 \times 1.000.000 = 156.000.000 \Omega$  com variação aceitável de 148.200.000 a 163.800.000

$\Omega$

### **EXPERIMENTO 03 – PRÁTICO – RESISTORES E CÓDIGO DE CORES**

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(GO-EMCNT106A) Conceituar resistência e resistividade elétricas, calculando a perda de energia elétrica com o transporte e distribuição para examinar a eficiência energética no processo.

(GO-EMCNT205A) Entender as medições de grandezas da área de Ciências da Natureza usando instrumentos simples de medidas (régua, trena, garrafas pets entre outros) para explorar o sistema internacional de unidades.

#### **IDÉIA DO EXPERIMENTO**

O aluno deve realizar a leitura da resistência por meio do código de cores e deve anotar esse valor para posterior comparação com a resistência medida pelo ohmímetro.

#### **TABELA DO MATERIAL**

| <i>Item</i>           | <i>Observações</i>                                                                             |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 resistores variados | Que serão utilizados para fazer a medida nominal e posteriormente fazer a medida com ohmímetro |
| 1 multímetro          | Será utilizado para medir a resistência com a parte do ohmímetro                               |
| Calculadora           | Será utilizada para calcular a tolerância de cada resistor e será feito o erro percentual.     |

#### **PRÁTICA**

Faça a leitura de cada resistor e anote na tabela o tipo (3 faixas, 4 faixa e etc), o valor nominal, a tolerância de cada resistor, o valor nominal máximo e mínimo, o valor medido e por último calcule o erro percentual entre os valor nominal e valor medido através da fórmula a seguir:

$$\Delta R\% = \frac{|V_n - V_m|}{V_n} \cdot 100$$

Onde:

$\Delta R\%$  - erro percentual

$V_n$  – valor nominal

$V_m$  - valor medido

#### **TABELA DE DADOS**

| Resistor | Tipo | Valor nominal | Tolerância | Valor máximo | Valor medido | Erro percentual |
|----------|------|---------------|------------|--------------|--------------|-----------------|
|          |      |               |            | Valor mínimo |              |                 |
| R1       |      |               |            |              |              |                 |
|          |      |               |            |              |              |                 |
| R2       |      |               |            |              |              |                 |
|          |      |               |            |              |              |                 |
| R3       |      |               |            |              |              |                 |
|          |      |               |            |              |              |                 |
| R4       |      |               |            |              |              |                 |
|          |      |               |            |              |              |                 |
| R5       |      |               |            |              |              |                 |
|          |      |               |            |              |              |                 |

### Questões

1. Determine a sequência de cores para os resistores abaixo:

a)  $330\text{ M}\Omega \pm 10\%$

b)  $470\text{ k}\Omega \pm 10\%$

c)  $205\Omega \pm 2\%$

2. Dê duas funções que os resistores podem desempenhar em um circuito.

---

---

---

3. Cite três diferentes tipos de resistores.

---

---

---

4. Obtenha os valores nominais, além de seus máximos e mínimos, das resistências dos resistores marcados com as seguintes faixas:

a) vermelho, amarelo, laranja ----- ouro

b) amarelo, roxo, verde ----- prata

5. Agora o grupo deve deixar sua opinião sobre a execução do experimento. Cite os pontos positivos e os negativos.

---

---

---

## EXPERIMENTO 04 – VIRTUAL – 2º LEI DE OHM

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

(GO-EMCNT106A) Conceituar resistência e resistividade elétricas, calculando a perda de energia elétrica com o transporte e distribuição para examinar a eficiência energética no processo.

### INSTRUÇÕES

Para acessar a simulação dirija-se até o navegador de internet e pesquise Phet resistência de um fio ou digite esse endereço, [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/resistance-in-a-wire](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/resistance-in-a-wire) ou se preferir digitalize o código QR que será direcionado diretamente para o simulador



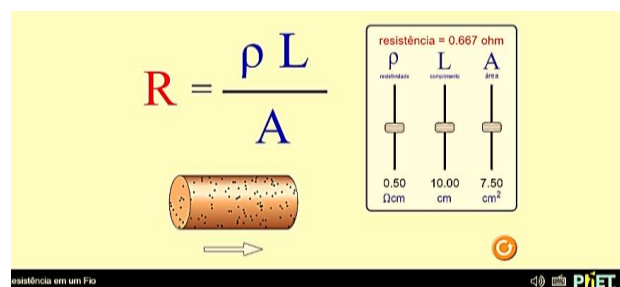
Devem iniciar o simulador, clicando com o mouse no símbolo



abaixo.

Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 14 minutos

Tela inicial do simulador resistência em um fio, utilizado nesta prática virtual.



### PROCEDIMENTO

- 1) Inicialmente verifique e anote os limites inferiores e superiores que o programa permite para:
  - ✓ A resistividade,  $\rho$ :
  - ✓ O comprimento do fio,  $L$ :
  - ✓ A área da seção transversal,  $A$ :
- 2) Qual a resistência mínima fornecida pelo programa e para que valores de  $\rho$ ,  $L$  e  $A$ ?

3) Qual a resistência máxima fornecida pelo programa e para que valores de  $\rho$ , L e A?

4) Considere que para a esse experimento foram fornecidos fios com resistividade de 0,17  $\Omega\text{cm}$  com as seguintes dimensões, ver Tabela 1 e 2.

5) Determine, utilizando o programa, a resistência de cada fio das Tabelas 1 e 2.

6) Mude o material do fio (mudando a resistividade do fio) conforme pede a tabela 3. Anote os valores das respectivas resistências na tabela 3.

Tabela 1: Relação de fios de cobre “fornecidos” e “medidas da resistência”, para um fio com área de seção transversal fixa.

| n° FIO | $\rho$ ( $\Omega\text{cm}$ ) | L (cm) | A ( $\text{cm}^2$ ) | R ( $\Omega$ ) |
|--------|------------------------------|--------|---------------------|----------------|
| 1      | 0,17                         | 1,0    | 3                   |                |
| 2      | 0,17                         | 5      | 3                   |                |
| 3      | 0,17                         | 10     | 3                   |                |
| 4      | 0,17                         | 20     | 3                   |                |

Tabela 2: Relação de fios de cobre “fornecidos” e “medidas da resistência”, para um fio com comprimento fixo.

| n° FIO | $\rho$ ( $\Omega\text{cm}$ ) | L (cm) | A ( $\text{cm}^2$ ) | R ( $\Omega$ ) |
|--------|------------------------------|--------|---------------------|----------------|
| 5      | 0,17                         | 15     | 3                   |                |
| 6      | 0,17                         | 15     | 6                   |                |
| 7      | 0,17                         | 15     | 9                   |                |
| 8      | 0,17                         | 15     | 12                  |                |

Tabela 3: Relação de resistividade dos fios e a “medidas da resistência, para um fios com comprimento e área de seção transversal fixa

| n° FIO | $\rho$ ( $\Omega\text{cm}$ ) | L (cm) | A ( $\text{cm}^2$ ) | R ( $\Omega$ ) |
|--------|------------------------------|--------|---------------------|----------------|
| 9      | 0,10                         | 15     | 3                   |                |
| 10     | 0,30                         | 15     | 3                   |                |
| 11     | 0,60                         | 15     | 3                   |                |

7) Faça o gráfico da Resistência em função do comprimento do fio (para fios de mesma área) com os dados da tabela 1. Use a folha em anexo I. Olhando o gráfico, o que podemos concluir da relação entre R e L?

Gráfico da Resistência em função do comprimento do fio (para fios de mesma área) com os dados da tabela 1.



O que representa o coeficiente angular deste gráfico?

- 8) Faça o gráfico da Resistência,  $R$  em função de  $1/A$ , inverso da área da seção transversal do fio (para fios de mesmo comprimento) com os dados da tabela 2. Olhando o gráfico, o que podemos concluir da relação entre  $R$  e  $1/A$ ?

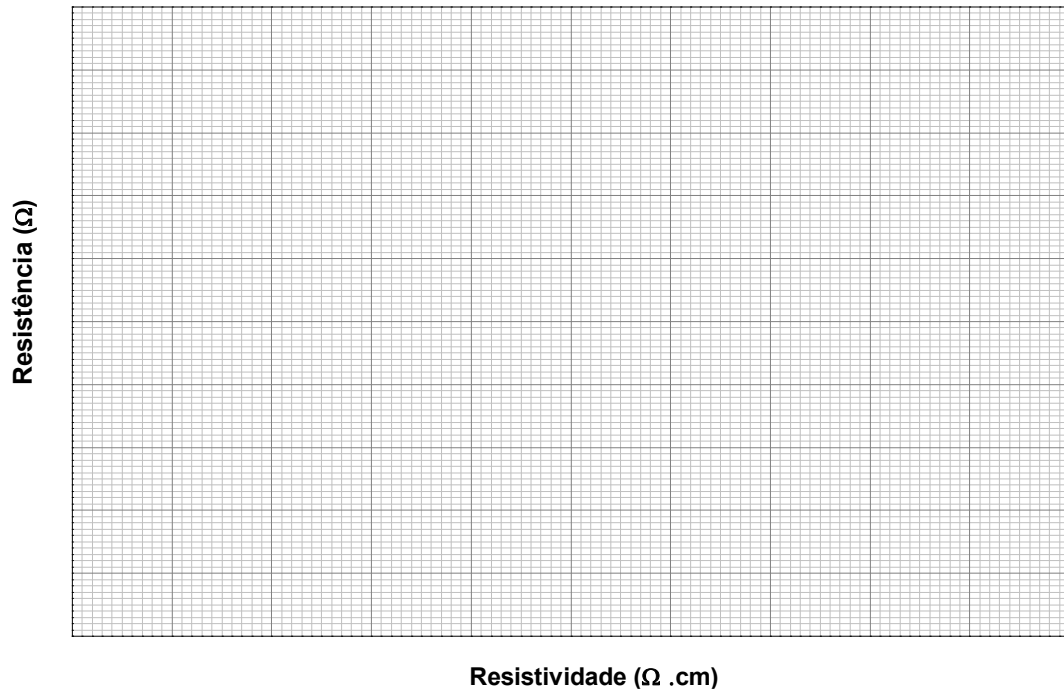
Gráfico da Resistência,  $R$  em função de  $1/A$ , inverso da área da seção transversal do fio (para fios de mesmo comprimento) com os dados da tabela 2.



O que representa o coeficiente angular deste gráfico do procedimento anterior?

- 9) Faça o gráfico da Resistência em função da resistividade do fio com os dados da tabela 3. Olhando o gráfico, o que podemos concluir da relação entre  $R$  e  $\rho$ ?

Gráfico da Resistência em função da resistividade dos fios (para fios com mesma área e comprimento) com os dados da tabela 3.



O que representa o coeficiente angular deste gráfico?

- 10) Um fio de 2,0 m de comprimento e 0,20 mm de diâmetro tem uma resistência de 7,0  $\Omega$ . Calcule a resistividade do fio e identifique o material.

- 11) Qual equação resumiria as suas conclusões para a resistência elétrica de um fio?

### **Tema 03 – CIRCUITO ELÉTRICO**

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

(GO-EMCNT308B) Aplicar conhecimentos sobre circuitos elétricos, dimensionando dispositivos ou aparelhos de uso cotidiano para analisar seu

***O que é um circuito elétrico?***

***Qual a finalidade de um circuito elétrico?***

A palavra "circuito" evoca a imagem de um caminho fechado no qual o ponto final coincide com o ponto de partida. O termo "circuito elétrico" é definido como um conjunto de um ou mais caminhos fechados pelos quais a corrente elétrica flui. No entanto, para compreender completamente um circuito elétrico, é fundamental considerar outros componentes que fazem parte dele.

Um circuito elétrico é essencialmente composto por três elementos principais. Primeiramente, há a presença de uma fonte de tensão, que pode assumir diversas formas, como uma tomada elétrica, uma bateria, uma pilha individual, uma combinação de várias pilhas ou qualquer outra fonte capaz de gerar uma diferença de potencial elétrico. O segundo componente crítico é a carga, que tem a responsabilidade de consumir a energia elétrica fornecida pelo circuito e convertê-la em uma forma útil para os seres humanos. Essa carga pode variar amplamente, podendo ser uma simples lâmpada, um resistor, um motor ou qualquer outro dispositivo elétrico que realize uma função específica. Por fim, para que a corrente elétrica flua de forma eficiente e segura, é necessário ter condutores elétricos, que geralmente são representados por cabos elétricos. Esses condutores funcionam como vias de comunicação que transportam a corrente elétrica desde a fonte que a gera até a carga que a utiliza.

Portanto, um circuito elétrico é uma interação complexa entre esses três elementos essenciais: a fonte de tensão, a carga e os condutores elétricos, trabalhando juntos para fornecer energia elétrica de forma controlada e útil em uma variedade de aplicações.

Para complementar o circuito, podem ser colocados componentes de controle e comando das cargas, como por exemplo um interruptor para ligar e desligar a lâmpada deste circuito.

A imagem representa um circuito elétrico.

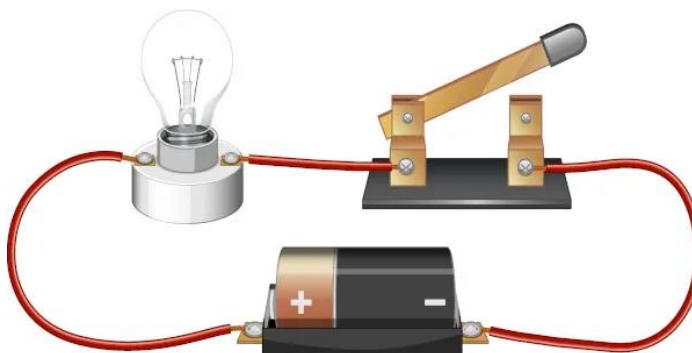


Imagem disponível em: <https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/2022/06/circuito-eletrico.jpg>

acessado em 31/10/2022 as 20 horas e 20 minutos.

## ELEMENTOS DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

Os circuitos elétricos têm a capacidade de abrigar uma grande variedade de componentes elétricos, cada um desempenhando funções distintas, como a geração de calor, o armazenamento de cargas elétricas e a interrupção da passagem da corrente elétrica, entre outras. Vamos agora explorar alguns dos componentes elétricos mais significativos que podem ser encontrados nos circuitos elétricos.

**Geradores:** A principal função do gerador consiste em induzir uma diferença de potencial entre os terminais dos circuitos elétricos, permitindo, desse modo, que a corrente elétrica flua. Exemplos de geradores incluem pilhas, baterias e tomadas.

O gerador é simbolizado por duas barras paralelas de tamanhos diferentes



Imagem disponível em: <https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/2022/06/gerador.jpg> acessado em 31/10/2022 as 20 horas e 30 minutos.

**Resistores:** Um resistor desempenha essencialmente duas funções primárias: a primeira delas é a dissipação de energia elétrica de forma exclusiva na forma de calor, um fenômeno reconhecido como Efeito Joule. A segunda função é controlar o fluxo de corrente elétrica em pontos específicos do circuito elétrico. Quanto maior for a resistência elétrica do resistor, menor

será a corrente elétrica que o atravessa. Exemplificando, painéis elétricos e chapinhas são casos de dispositivos que funcionam como resistores.

Os resistores são geralmente representados com um zigue-zague



Imagem disponível em: <https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/2022/06/resistor.jpg> acessado em 31/10/2022 as 20 horas e 45 minutos.

Receptores: Sua função única reside na conversão da energia elétrica em energia cinética. Ventiladores, batedeiras, liquidificadores, sistemas de ar-condicionado e geladeiras servem como ilustrações de receptores, visto que cada um deles incorpora um motor elétrico que gera movimento. O símbolo empregado para denotar os receptores é idêntico ao símbolo dos geradores. Entretanto, nos receptores, a corrente elétrica invariavelmente flui do potencial elétrico mais baixo em direção ao potencial elétrico mais alto.

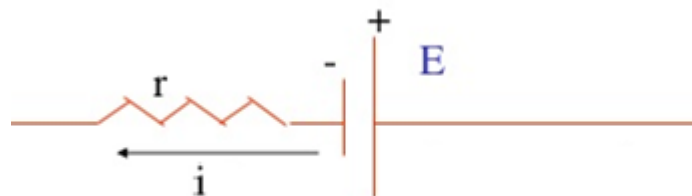


Imagem adaptada pelo próprio autor

Capacitores: Sua função consiste em armazenar cargas elétricas quando são submetidos a uma diferença de potencial. Esses componentes são amplamente empregados em grande parte dos circuitos elétricos, desempenhando um papel fundamental tanto no armazenamento de cargas quanto na estabilização do fluxo de elétrons no circuito.

Os capacitores são representados por duas barras paralelas de mesmo tamanho.



Imagem disponível em: <https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/2022/06/capacitor.jpg>  
acessado em 31/10/2022 as 21 horas e 05 minutos.

Dispositivos de segurança: Os dispositivos de segurança mais frequentemente encontrados incluem fusíveis e disjuntores. Fusíveis são concebidos com o propósito de salvaguardar as instalações e são confeccionados a partir de chumbo e estanho, os quais se fundem quando submetidos a uma corrente elétrica que excede a capacidade suportada pelo circuito. Por outro lado, os disjuntores são projetados de tal maneira que, ao detectar um valor de corrente acima do permitido, eles desarmam automaticamente, assegurando a proteção de todo o circuito elétrico.



Imagem disponível em: [http://3.bp.blogspot.com/-xXd2o81uICU/VUP7XsXPFFI/AAAAAAAAAFsg/9TVcTM9U2pA/s1600/fusíveis\\_01.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-xXd2o81uICU/VUP7XsXPFFI/AAAAAAAAAFsg/9TVcTM9U2pA/s1600/fusíveis_01.jpg) acessado em  
31/10/2022 as 21 horas e 25 minutos.

Dispositivos de controle: Esses instrumentos são empregados com a finalidade de efetuar medições e controlar as variáveis mais cruciais de um circuito elétrico, tais como a voltagem e a corrente elétrica. Os dispositivos de controle mais amplamente reconhecidos abrangem os amperímetros e os voltímetros.

Amperímetros: Os dispositivos usados para medir corrente elétrica são conhecidos como amperímetros e galvanômetros. Os galvanômetros são dispositivos sensíveis que têm a capacidade de medir baixas intensidades de corrente elétrica e apresentam uma resistência interna extremamente baixa. Portanto, é importante evitar ligá-los em paralelo com o circuito, pois isso pode afetar a precisão das medições. Em vez disso, os amperímetros devem ser

conectados em série com o circuito, no ramo em que se deseja determinar a intensidade da corrente elétrica. O símbolo utilizado para representar os amperímetros é mostrado na imagem a seguir:



Imagem disponível em: <https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/img/2018/12/simbolo-amperimetro.jpg>  
acessado em 01/11/2022 as 15 horas e 25 minutos.

Voltímetros: Os voltímetros são dispositivos utilizados para determinar a voltagem elétrica entre um trecho de um circuito elétrico. Assim como os amperímetros, eles também são formados a partir de galvanômetros. No entanto, ao contrário dos amperímetros, os voltímetros apresentam uma resistência elétrica altíssima e devem ser conectados sempre em paralelo ao ramo do circuito em que se deseja determinar a tensão elétrica. O símbolo utilizado para representar um voltímetro é representado pela imagem a seguir:



Imagem disponível em: <https://s5.static.brasilecola.uol.com.br/img/2018/12/simbolo-voltimetro.jpg> acessado em 01/11/2022 as 15 horas e 45 minutos.

Confira o diagrama em que mostra um circuito constituído por um gerador, uma chave interruptora, um resistor e dois dispositivos de controle: um voltímetro e um amperímetro.

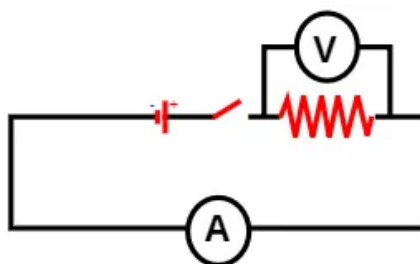


Imagem disponível em: <https://s2.static.brasilecola.uol.com.br/img/2018/12/circuito-gerador-chave-resistor-amperimetro-voltimetro.jpg> acessado em 01/11/2022 as 15 horas e 56 minutos.

Hoje em dia existem dispositivos mais modernos que compõem os dispositivos de controle mais utilizados, os multímetros, comumente são capazes de medir:

- Corrente elétrica (contínua e alternada) – função amperímetro
- Tensão elétrica (contínua e alternada) – função voltímetro

- Resistência elétrica - função ohmímetro
- Capacitância
- Frequência de sinais alternados
- Temperatura

A imagem a seguir mostra um multímetro.



Imagem do próprio autor.

## **EXPERIMENTO 05 – VIRTUAL – CIRCUITO ELÉTRICO 02**

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

(GO-EMCNT308B) Aplicar conhecimentos sobre circuitos elétricos, dimensionando dispositivos ou aparelhos de uso cotidiano para analisar seu funcionamento.

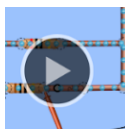
### **ORIENTAÇÕES**

Para acessar a simulação dirija-se até o navegador de internet e pesquise: Phet kit para montar circuito DC ou digite esse endereço, [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) ou se preferir digitalize o código QR que será direcionado diretamente para o simulador



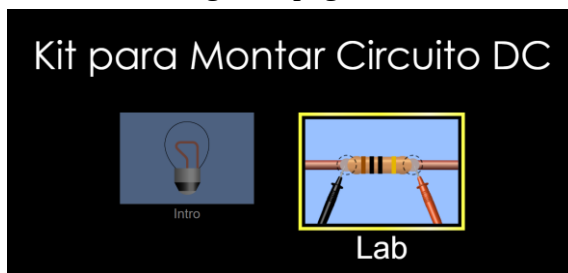
### **ORIENTAÇÕES QUANTO AO USO DO SIMULADOR**

- Após os integrantes do grupo acessarem o simulador, devem iniciar o simulador, clicando com o mouse no símbolo abaixo.



Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 14 minutos

- Feito isso, o simulador abrirá a seguinte página:

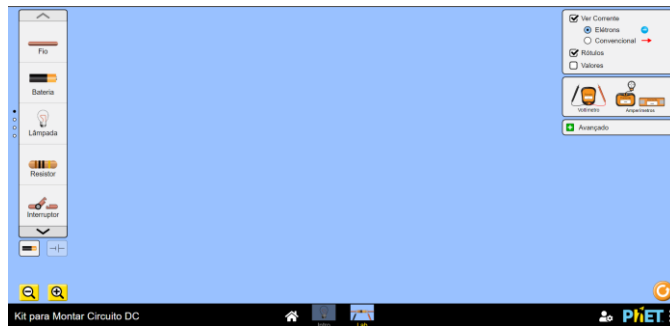


Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 16 minutos

- Selecione, clicando com o mouse no símbolo da lâmpada “Lab”, após selecionar o simulador abrirá a seguinte página.

### **MONTANDO UM CIRCUITO ELÉTRICO.**

Para montar o circuito elétrico o estudante deverá estar na seguinte página do simulador, já explicado com acessar no início.

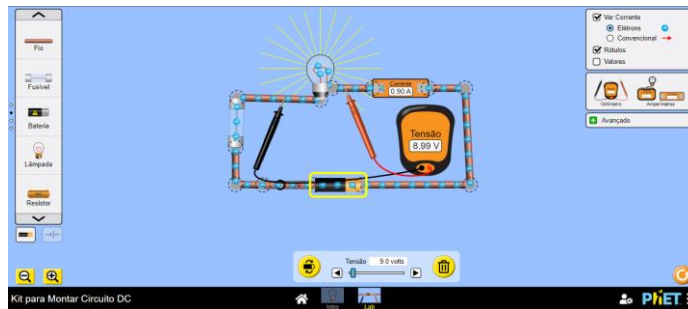


Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 16 minutos

## ORIENTAÇÕES PARA MONTAR O CIRCUITO ELÉTRICO NO SIMULADOR

- Para montar o circuito, os estudantes devem selecionar os componentes desejados, clicando sobre eles e arrastando-os até o espaço azul destinado à montagem. Neste primeiro momento, um circuito com fios, lâmpadas, pilhas/baterias e interruptores será construído.
- Os fios condutores podem ser esticados à vontade. Para isso, basta clicar em uma das extremidades do fio e puxá-lo até o ponto desejado.
- É necessário conectar cada componente do circuito a outros componentes, estabelecendo as ligações necessárias. Em caso de erro, é possível desfazer a conexão clicando sobre ela e, em seguida, utilizando o ícone de tesoura que aparecerá, para posteriormente refazer a ligação da forma desejada.
- É importante notar que ao alterar a "Resistência da Bateria" no simulador, todas as baterias do circuito terão a mesma resistência interna. É fundamental respeitar o limite máximo de 10  $\Omega$  para a resistência interna equivalente das baterias.
- Caso o espaço destinado à montagem do circuito pareça insuficiente, basta clicar no botão de Zoom ( - ) localizado no canto inferior esquerdo do simulador.
- A função "Resistividade do fio" não será empregada neste exercício.
- Se o circuito montado não atender às condições propostas ou não estiver satisfatório, é possível recomeçar todo o processo clicando no ícone "carregar" no canto inferior direito. No entanto, é importante notar que esta ação apagará todo o circuito, incluindo quaisquer modificações feitas no simulador, como no caso da resistência da bateria.
- As imagens a serem incluídas no trabalho devem representar o circuito de forma esquemática, ou seja, utilizando as simbologias apropriadas para os geradores, resistores e outros componentes.
- Agora, o grupo deve proceder à montagem do circuito elétrico seguindo as orientações

fornecidas no experimento 02 virtual.



Fonte: imagem printada do simulador PHET

Agora vamos realizar alguns procedimentos e verificar as mudanças que podem ocorrer:

1. selecione a pilha e na central de controle que aparece logo abaixo clique no símbolo , verifique o que aconteceu.
2. selecione a pilha e verifique a voltagem que ela está fornecendo ao circuito elétrico que acabamos de montar e anota valor:
  - a. voltagem da pilha: \_\_\_\_\_
3. selecione o fusível e a lâmpada e anote as voltagem de cada:
  - a. voltagem do fusível: \_\_\_\_\_
  - b. voltagem da lâmpada: \_\_\_\_\_
4. selecione o fusível e verifique a corrente suportada por ele, ajuste para um 1A e após selecione a pilha novamente e ajuste a voltagem para 10,2 V e volte a ligar o disjuntor. o que ocorreu? \_\_\_\_\_

Após montar o circuito elétrico no simulador da PHET, o grupo deverá responder às questões abaixo.

1) Agora, o grupo deve proceder à reprodução do circuito elétrico montado, desenhando-o na seção abaixo, a fim de representar todos os elementos do circuito elétrico e os símbolos que correspondem a cada um desses elementos. Caso o grupo não se lembre dos símbolos que representam cada elemento, é possível clicar no ícone apropriado, localizado logo abaixo da coluna onde se seleciona cada componente.

- 2) Qual foi a voltagem medida pelo voltímetro em cada elemento (lâmpada e fusível)? E qual a voltagem fornecida pela pilha/bateria? tem alguma variação? Qual a sua conclusão?

---



---



---

3) Quais são os três componentes básicos para constituir um circuito elétrico?

---

---

4) O que acontece se a polaridade da bateria for invertida no circuito?

---

---

---

5) Qual a corrente elétrica medida pelo amperímetro?

---

---

---

6) O que acontece quando alteramos a voltagem da pilha em relação a corrente elétrica e a lâmpada?

---

---

---

7) O fusível foi acionado durante o experimento? Quando e por que?

---

---

---

## **Tema 04 – ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES**

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

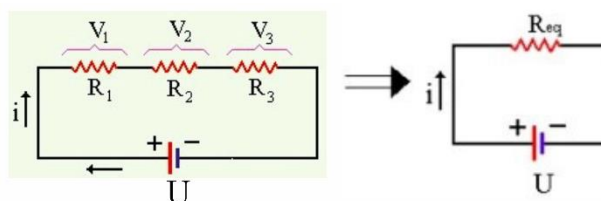
(GO-EMCNT106B) Aplicar conhecimentos referentes à associação de circuitos elétricos (série ou paralelo), considerando experimentos laboratoriais (construindo circuitos simples com pisca-pisca, LEDs, lâmpadas de lanterna, dentre outras alternativas) e/ou softwares para analisar instalações elétricas utilizadas em diferentes ambientes (residências, prédios comerciais, na escola, dentre outros).

### **RESISTÊNCIA EQUIVALENTE**

A resistência equivalente é uma abordagem empregada para simplificar circuitos elétricos compostos por associações de resistores, ou mesmo para obter resistências elétricas equivalentes a partir de resistores disponíveis. Ao calcular a resistência equivalente, o objetivo é determinar qual seria a resistência de um único resistor que seria equivalente à soma das resistências de todo o conjunto de resistores. O cálculo da resistência equivalente varia de acordo com o tipo de associação de resistores presente no circuito. A seguir, descreveremos como realizar esses cálculos.

### **ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE**

Na associação de resistores em série, os resistores são conectados em uma sequência linear, de modo que a corrente elétrica flui através deles em um único caminho contínuo.



Quando se trata de tensão elétrica e da maneira como esses elementos estão interligados no mesmo ramo do circuito, cada terminal de um resistor está diretamente conectado ao terminal do próximo. A tensão elétrica (também conhecida como diferença de potencial - ddp) aplicada nos terminais do circuito é distribuída entre as resistências. Em outras palavras, a tensão aplicada diminui gradualmente ao longo do circuito que consiste em resistores em série. A imagem a seguir ilustra como a conexão em série dos resistores ocorre, e a seguir será explicado como realizar o cálculo da resistência equivalente nesta configuração.

Imagem adaptada pelo autor

Nesse tipo de ligação, as resistências elétricas individuais somam-se, de modo que a resistência equivalente do circuito é dada pela soma das resistências ligadas em série.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Onde:

- $R_{eq}$  – resistência equivalente ( $\Omega$ -ohm).
- $R_1, R_2, R_3$  – resistência de cada resistor da associação ( $\Omega$ -ohm).
- Na ligação em série, as tensões elétricas somam-se  $U = V_1 + V_2 + V_3$ .
- Na ligação em série, a corrente elétrica é igual para todos os resistores.

### ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO

Nas associações de resistores em paralelo, os resistores estão conectados à mesma tensão elétrica (mesma diferença de potencial - ddp). Entretanto, a corrente elétrica que passa por cada resistor pode variar, especialmente quando os resistores possuem diferentes valores de resistência elétrica. A configuração de resistores em paralelo é estabelecida de forma que a corrente elétrica se divide à medida que passa por eles. Nesse tipo de associação, a resistência elétrica equivalente é menor do que a menor resistência individual presente no conjunto.

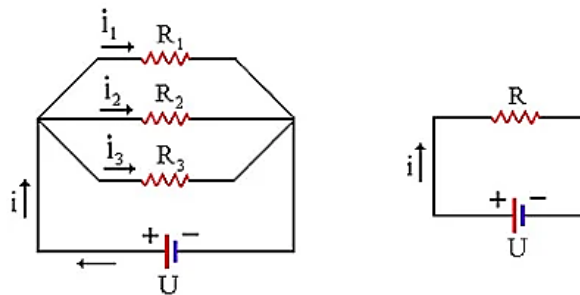


Imagem adaptada pelo autor.

Para calcularmos a resistência equivalente na associação de resistores em paralelo, fazemos a soma do inverso das resistências individuais:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Nos casos em que temos apenas dois resistores ligados em paralelo, a resistência equivalente pode ser obtida por:

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

Em outra situação específica, e quando temos um número  $N$  de resistores ligados em paralelo e que os resistores possuem resistência iguais, ou seja, os  $N$  resistores são idênticos. Para calcularmos a resistência equivalente da associação, basta que se divida o valor da resistência individual pelo número de resistores com mesma resistência.

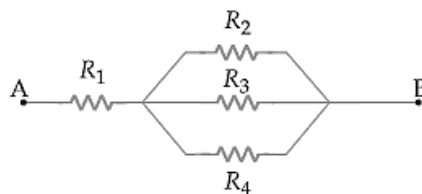
$$R_{eq} = \frac{R}{N}$$

Onde:

- $R_{eq}$  – resistência equivalente ( $\Omega$ -ohm).
- $R_1, R_2, R_3$  – resistência de cada resistor da associação ( $\Omega$ -ohm).
- Na ligação em paralelo, a corrente elétrica divide-se de acordo com a resistência elétrica de cada ramo, ou seja,  $i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$
- Na ligação em paralelo, a resistência equivalente é menor que a menor das resistências;
- Na ligação em paralelo, todos os resistores encontram-se ligados à mesma tensão elétrica, ou seja, na mesma ddp.

### ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES MISTA

Na associação de resistores mistas, ocorrem ligações tanto de resistores em série quanto de resistores em paralelo. Na imagem a seguir, é evidente a presença de vários resistores



conectados em série, e esses estão interligados com dois resistores que, por sua vez, estão ligados em paralelo entre si:

Imagem adaptada pelo autor.

Para solucioná-la, é necessário que se resolva separadamente os resistores que se encontram ligados em paralelo e os resistores que se encontram ligados em série.

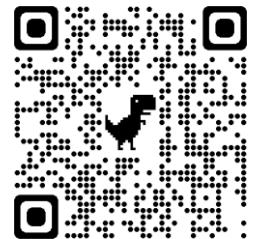
## EXPERIMENTO 06 – VIRTUAL – ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

(GO-EMCNT106B) Aplicar conhecimentos referentes à associação de circuitos elétricos (série ou paralelo), considerando experimentos laboratoriais (construindo circuitos simples com pisca-pisca, LEDs, lâmpadas de lanterna, dentre outras alternativas) e/ou softwares para analisar instalações elétricas utilizadas em diferentes ambientes (residências, prédios comerciais, na escola, dentre outros).

### INSTRUÇÕES

Para acessar a simulação dirija-se até o navegador de internet e pesquise: Phet kit para montar circuito DC ou digite esse endereço, [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) ou se preferir digitalize o código QR que será direcionado diretamente para o simulador



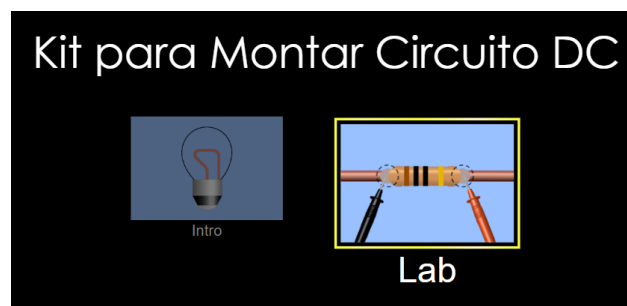
Orientações quanto ao uso do simulador

- Após os integrantes do grupo acessarem o simulador, devem iniciar o simulador, clicando com o mouse no símbolo abaixo.



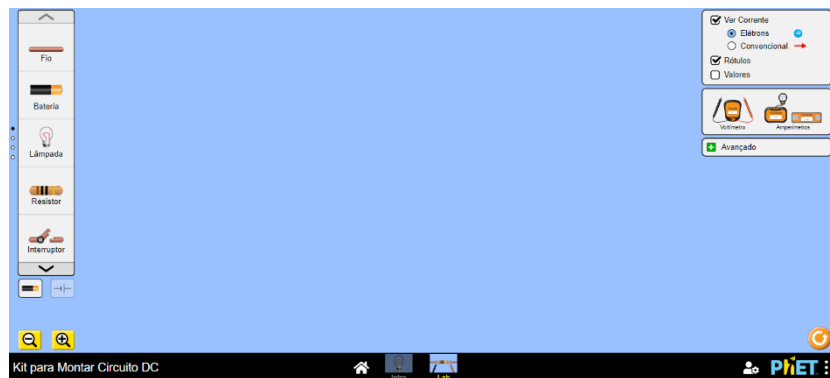
Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 14 minutos

- Feito isso, o simulador abrirá a seguinte página:



Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 16 minutos

- Selecione, clicando com o mouse no símbolo da lâmpada “Lab”, após clicar e selecionar o “Lab” o simulador abrirá a seguinte página.

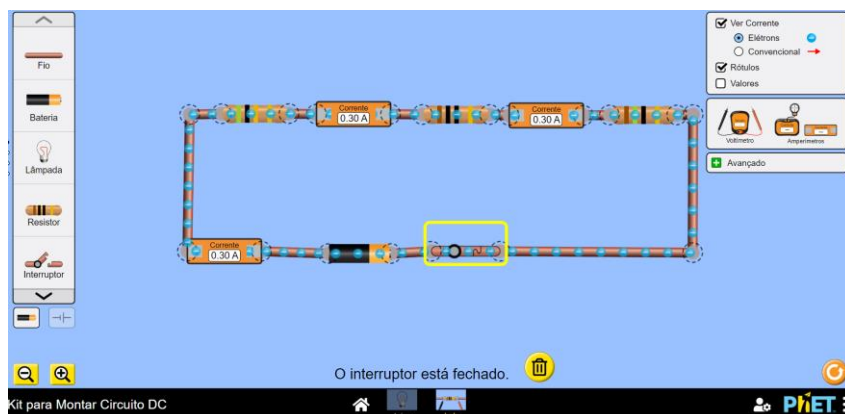


Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 16 minutos

### ORIENTAÇÕES PARA MONTAR O CIRCUITO ELÉTRICO NO SIMULADOR

- Para montar o circuito, os estudantes devem selecionar os componentes desejados, clicando em cima dos mesmos e arrastando até o espaço azul. Nesse primeiro momento vamos montar um circuito com fio, resistor, pilha(s)/bateria(s) e interruptor.
- Os fios condutores podem ser “esticados”. Para isso, basta clicar em uma das extremidades do fio e puxar até onde desejar.
- Cada componente do circuito deve ser conectado aos outros componentes, fazendo as ligações do circuito. Se algo der errado, basta clicar na conexão e clicar no ícone da tesoura que aparecerá e então refazer o que deseja.
- O Simulador apresenta uma condição importante: Ao alterar a “Resistência da Bateria”, todas as baterias do circuito apresentarão a mesma resistência interna. Dessa forma, isso cria uma limitação onde a resistência interna equivalente das baterias não pode ser superior a  $10 \Omega$ . Caso ocorra é preciso alterar a resistência, clique em avançado e faça as alterações necessárias.
- Caso o “espaço” para a montagem do circuito fique pequeno, basta clicar no Zoom ( - ) no canto inferior esquerdo do simulador.
- A função “Resistividade do fio” não será utilizada neste exercício.
- Caso você não esteja satisfeito com o circuito montado ou ele não atenda às condições propostas, você pode reiniciar todo o processo clicando no ícone de “recarregar” no canto inferior direito.  Porém, cuidado, essa função excluirá todo o circuito, assim como os dados alterados no simulador, como no caso da resistência da bateria.
- Lembrar que: os amperímetros devem ser conectados em série e voltímetros em paralelo.

## PARTE 1- MONTE A ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE ABAIXO E FAÇA OS CÁLCULOS:



Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 19 minutos

Quando a associação estiver montada, ajuste a resistência de cada um deles, na sequência, no primeiro resistor para  $5\ \Omega$ , no segundo para  $10\ \Omega$  e no terceiro para  $15\ \Omega$ . Verifique se a voltagem da pilha está em 9 V, caso não esteja faça o ajuste. Lembre-se que para ajustar tanto a resistência quanto a voltagem é só clicar em cima do resistor ou da pilha e mover a barrinha que aparece para a direita ou para esquerda.

Agora você deverá completar a tabela, verificando teoricamente (lembra da teoria da associação de resistor em série) a corrente e a voltagem que passa em cada resistor. E anota na tabela a seguir.

### 1º PROCEDIMENTO

Com a voltagem da pilha em 9 V, meça a voltagem de cada resistor e anote o valor na coluna voltagem – virtual, faça isso para os três resistores, na sequência anota o valor da corrente virtual de cada resistor registrada no amperímetro e por fim calcule a corrente elétrica para os três resistores, através da 1º Lei de Ohm.

| Resistor | Resistência  | Corrente elétrica (A)<br>(Calculada) | Corrente elétrica (A)<br>- Virtual | Voltagem (V)<br>- Virtual |
|----------|--------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| $R_1$    | $5\ \Omega$  | $I_{c1} =$                           | $I_{v1} =$                         | $V_1 =$                   |
| $R_2$    | $10\ \Omega$ | $I_{c2} =$                           | $I_{v2} =$                         | $V_2 =$                   |
| $R_3$    | $15\ \Omega$ | $I_{c3} =$                           | $I_{v3} =$                         | $V_3 =$                   |

Calcule a resistência equivalente na associação em série e corrente total do circuito. Também através da 1ª Lei de Ohm, anota os valores para comparação.

$R_{eq} =$  \_\_\_\_\_

$I_{total} =$  \_\_\_\_\_

### 2º PROCEDIMENTO

**Com a voltagem da pilha em 12 V**, meça a voltagem de cada resistor e anote o valor na coluna voltagem – virtual, faça isso para os três resistores, na sequência anota o valor da corrente virtual de cada resistor registrada no amperímetro e por fim calcule a corrente elétrica através da 1º Lei de Ohm

| Resistor       | Resistência | Corrente elétrica (A)<br>(Calculada) | Corrente elétrica (A)<br>- Virtual | Voltagem (V)<br>- Virtual |
|----------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| R <sub>1</sub> | 5 $\Omega$  | I <sub>c1</sub> =                    | I <sub>v1</sub> =                  | V <sub>1</sub> =          |
| R <sub>2</sub> | 10 $\Omega$ | I <sub>c2</sub> =                    | I <sub>v2</sub> =                  | V <sub>2</sub> =          |
| R <sub>3</sub> | 15 $\Omega$ | I <sub>c3</sub> =                    | I <sub>v3</sub> =                  | V <sub>3</sub> =          |

Calcule a resistência equivalente na associação em série e corrente total do circuito. Também através da 1ª Lei de Ohm, anota os valores para comparação.

R<sub>eq</sub>= \_\_\_\_\_

I<sub>total</sub> = \_\_\_\_\_

### **3º PROCEDIMENTO**

**Com a voltagem da pilha em 15 V**, meça a voltagem de cada resistor e anote o valor na coluna voltagem – virtual, faça isso para os três resistores, na sequência anota o valor da corrente virtual de cada resistor registrada no amperímetro e por fim calcule a corrente elétrica através da 1º Lei de Ohm

| Resistor       | Resistência | Corrente elétrica (A)<br>(Calculada) | Corrente elétrica (A)<br>- Virtual | Voltagem (V)<br>- Virtual |
|----------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| R <sub>1</sub> | 5 $\Omega$  | I <sub>c1</sub> =                    | I <sub>v1</sub> =                  | V <sub>1</sub> =          |
| R <sub>2</sub> | 10 $\Omega$ | I <sub>c2</sub> =                    | I <sub>v2</sub> =                  | V <sub>2</sub> =          |
| R <sub>3</sub> | 15 $\Omega$ | I <sub>c3</sub> =                    | I <sub>v3</sub> =                  | V <sub>3</sub> =          |

Calcule a resistência equivalente na associação em série e corrente total do circuito. Também através da 1ª Lei de Ohm, anota os valores para comparação.

R<sub>eq</sub>= \_\_\_\_\_

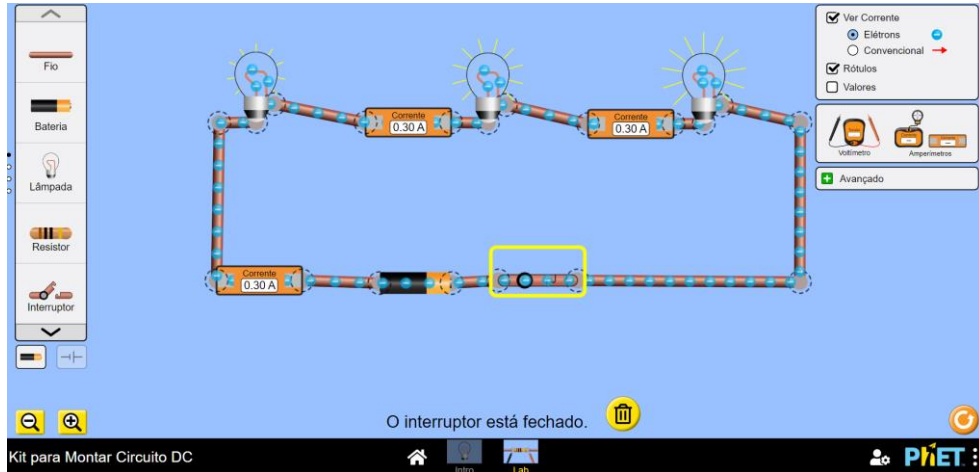
I<sub>total</sub> = \_\_\_\_\_

### **Questões**

- 1) Ao alterar a voltagem da pilha o que aconteceu com a resistência, a corrente e a voltagem de cada resistor?

2) Qual a relação entre a voltagem de cada resistor e a corrente elétrica de cada resistor.

Agora, vamos substituir os resistores por lâmpadas, mantendo a mesma voltagem do 3º procedimento ou seja em 15 V e as resistências elétricas das lâmpadas em  $5\ \Omega$ ,  $10\ \Omega$  e  $15\ \Omega$  da associação em série, como na imagem a seguir.



Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc)  
 acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 16 minutos

Relate o que ocorre ao ligarmos os circuitos com as lâmpadas, a corrente elétrica, a voltagem de cada lâmpada e o brilho. Houve alteração? Altere a voltagem da pilha para 12 V e depois 9 V. Relate o que ocorre ao ligarmos os circuitos com as lâmpadas, a corrente elétrica, a voltagem de cada lâmpada e o brilho. Houve alteração?

---

---

---

---

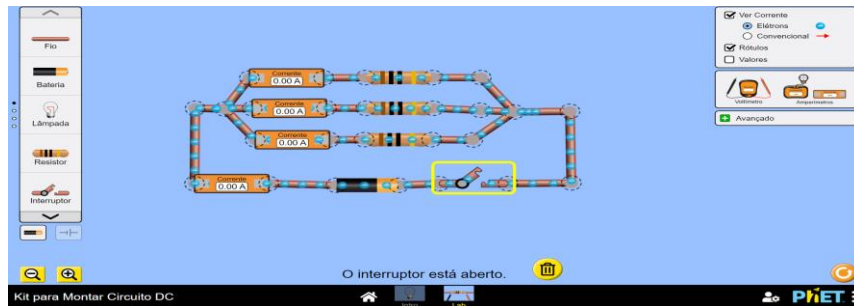
---

---

---

---

## **PARTE 2- MONTAR A ASSOCIAÇÃO EM PARALELO A SEGUIR E FAÇA OS CÁLCULOS:**



Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc)  
 acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 16 minutos

### **1º PROCEDIMENTO**

**Com a voltagem da pilha em 9 V**, meça a voltagem de cada resistor e anote o valor na coluna voltagem – virtual, faça isso para os três resistores, na sequência anota o valor da corrente virtual de cada resistor registrada no amperímetro e por fim calcule a corrente elétrica através da 1º Lei de Ohm

| Resistor       | Resistência | Corrente elétrica (A)<br>(Calculada) | Corrente elétrica (A)<br>- Virtual | Voltagem (V)<br>- Virtual |
|----------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| R <sub>1</sub> | 5 $\Omega$  | I <sub>c1</sub> =                    | I <sub>v1</sub> =                  | V <sub>1</sub> =          |
| R <sub>2</sub> | 10 $\Omega$ | I <sub>c2</sub> =                    | I <sub>v2</sub> =                  | V <sub>2</sub> =          |
| R <sub>3</sub> | 15 $\Omega$ | I <sub>c3</sub> =                    | I <sub>v3</sub> =                  | V <sub>3</sub> =          |

Calcule a resistência equivalente na associação em série e corrente total do circuito. Também através da 1ª Lei de Ohm, anota os valores para comparação.

R<sub>eq</sub>= \_\_\_\_\_

I<sub>total</sub> = \_\_\_\_\_

### **2º PROCEDIMENTO**

**Com a voltagem da pilha em 12 V**, meça a voltagem de cada resistor e anote o valor na coluna voltagem – virtual, faça isso para os três resistores, na sequência anota o valor da corrente virtual de cada resistor registrada no amperímetro e por fim calcule a corrente elétrica através da 1º Lei de Ohm

| Resistor       | Resistência | Corrente elétrica (A)<br>(Calculada) | Corrente elétrica (A)<br>- Virtual | Voltagem (V)<br>- Virtual |
|----------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| R <sub>1</sub> | 5 Ω         | I <sub>c1</sub> =                    | I <sub>v1</sub> =                  | V <sub>1</sub> =          |
| R <sub>2</sub> | 10 Ω        | I <sub>c2</sub> =                    | I <sub>v2</sub> =                  | V <sub>2</sub> =          |
| R <sub>3</sub> | 15 Ω        | I <sub>c3</sub> =                    | I <sub>v3</sub> =                  | V <sub>3</sub> =          |

Calcule a resistência equivalente na associação em série e corrente total do circuito. Também através da 1ª Lei de Ohm, anota os valores para comparação.

R<sub>eq</sub>= \_\_\_\_\_

I<sub>total</sub> = \_\_\_\_\_

### **3º PROCEDIMENTO**

**Com a voltagem da pilha em 15 V**, meça a voltagem de cada resistor e anote o valor na coluna voltagem – virtual, faça isso para os três resistores, na sequência anota o valor da corrente virtual de cada resistor registrada no amperímetro e por fim calcule a corrente elétrica através da 1º Lei de Ohm

| Resistor       | Resistência | Corrente elétrica (A)<br>(Calculada) | Corrente elétrica (A)<br>- Virtual | Voltagem (V)<br>- Virtual |
|----------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| R <sub>1</sub> | 5 Ω         | I <sub>c1</sub> =                    | I <sub>v1</sub> =                  | V <sub>1</sub> =          |
| R <sub>2</sub> | 10 Ω        | I <sub>c2</sub> =                    | I <sub>v2</sub> =                  | V <sub>2</sub> =          |
| R <sub>3</sub> | 15 Ω        | I <sub>c3</sub> =                    | I <sub>v3</sub> =                  | V <sub>3</sub> =          |

Calcule a resistência equivalente na associação em série e corrente total do circuito. Também através da 1ª Lei de Ohm, anota os valores para comparação.

R<sub>eq</sub>= \_\_\_\_\_

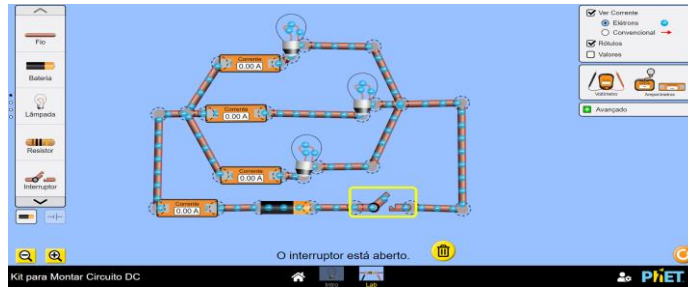
I<sub>total</sub> = \_\_\_\_\_

### **Questões**

- 1) Ao alterar a voltagem da pilha o que aconteceu com a corrente e a voltagem de cada resistor?
- 2) Como se chama esse tipo de associação de resistor?

3) Qual a relação entre a voltagem de cada resistor e a corrente elétrica de cada resistor.

Agora, vamos substituir os resistores por lâmpadas, mantendo a mesma voltagem do 3º procedimento ou seja em 15 V e as resistências elétricas das lâmpadas em  $5\ \Omega$ ,  $10\ \Omega$  e  $15\ \Omega$  da associação em série, como na imagem a seguir.



Fonte: imagem printada do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc)  
 acessada em 12/10/2022 as 10 horas e 19 minutos

Relate o que ocorre ao ligarmos os circuitos com as lâmpadas, a corrente elétrica, a voltagem de cada lâmpada e o brilho. Houve alteração? Altere a voltagem da pilha para 12 V e depois 9 V. Relate o que ocorre ao ligarmos os circuitos com as lâmpadas, a corrente elétrica, a voltagem de cada lâmpada e o brilho. Houve alteração?

---



---



---



---



---



---