

**MOZART MORATO CAMPOS**

**ATIVIDADES PRÁTICAS E INVERSÃO DA SALA DE AULA COMO  
FERRAMENTAS PARA A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE RESISTORES  
ELÉTRICOS POR ESTUDANTES DA TERCEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Educação, em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Viçosa para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Gerson Geraldo Chaves

**FLORESTAL - MINAS GERAIS  
2022**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal

T

C198a  
2022

Campos, Mozart Morato, 1969-

Atividades práticas e inversão da sala de aula como ferramentas para a aprendizagem do conceito de resistores elétricos por estudantes da terceira série do Ensino Médio / Mozart Morato Campos. - Florestal, MG, 2022.

142 f.: il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Gerson Geraldo Chaves.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Educação, 2022.

Referências bibliográficas: f. 132-135.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvcaf.2023.003>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Conversores de corrente elétrica. 2. Conceitos. 3. Administração de conflitos. 4. Pesquisa - Metodologia. 5. Física (Ensino Médio). I. Chaves, Gerson Geraldo. II. Universidade Federal de Viçosa. Educação. Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática. III. Título.

CDD 23.ed. 530

Bibliotecário(a) responsável: Elaine da Cunha CRB-6/2844


**MOZART MORATO CAMPOS**

**ATIVIDADES PRÁTICAS E INVERSÃO DA SALA DE AULA COMO  
FERRAMENTAS PARA A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE RESISTORES  
ELÉTRICOS POR ESTUDANTES DA TERCEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Educação, em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Viçosa para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 17 de novembro de 2022.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 MOZART MORATO CAMPOS  
Data: 02/03/2023 22:56:15-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Mozart Morato Campos  
Autor

Documento assinado digitalmente  
 GERSON GERALDO CHAVES  
Data: 03/03/2023 14:20:22-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Gerson Geraldo Chaves  
Orientador

*Dedico a:  
Todos que colaboraram direta ou indiretamente  
para que esta dissertação fosse possível. .*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço:

Ao Professor Dr. Gerson Geraldo Chaves, que me orientou, conduzindo os trabalhos da melhor forma possível, tendo muita paciência e dedicação.

À toda a minha família, em especial à minha esposa e filha, por terem me incentivado e por estarem ao meu lado em todos os momentos.

Ao Professor Coordenador do PPGEEM Thiago Mendonça, que também foi muito parceiro, tendo muita calma e atenção e cuidado no desenvolver dessa dissertação.

Aos professores do mestrado que tive durante esses dois anos, pela dedicação, pela forma de transmitirem seus conhecimentos, fazendo um diferencial no meu aprendizado.

À UFV, pelo Programa de Pós Graduação Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática.

A todos os meus colegas de turma, com os quais, durante estes dois anos, tive a possibilidade de compartilhar os aprendizados, enriquecendo, assim, nosso conhecimento.

A todos os meus amigos que, de uma forma ou outra, me incentivaram durante esses dois anos de trabalho.

A Escola Estadual Manoel Batista, Professores e Funcionários, pelo incentivo recebido. Também agradeço à Diretora Fabiana Henriques de Almeida Soares, por ter autorizado a minha intervenção neste estabelecimento de ensino.

Aos alunos do 3º Ano da turma de 2021, pela oportunidade em aceitar a aplicação da minha intervenção, e ainda mais por ter recebido vários elogios por este trabalho.

Vale enfatizar que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Certamente os agradecimentos acima citados não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já, peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas

podem estar certas de que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.  
Meu muito obrigado a todos!

## RESUMO

CAMPOS, Mozart Morato, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2022. **Atividades práticas e inversão da sala de aula como ferramentas para a aprendizagem do conceito de resistores elétricos por estudantes da terceira série do Ensino Médio.** Orientador: Gerson Geraldo Chaves.

A partir de constatações de equívocos cometidos por estudantes quando se trata do tema resistores elétricos em aulas da disciplina de Física, tem-se, como objetivo deste estudo *investigar se uma intervenção, tendo como suporte a metodologia da Sala de Aula Invertida, é uma abordagem que permite superar fatores de conflito potencial e enriquecer imagens de conceito de resistores elétricos de um grupo de estudantes da terceira série do Ensino Médio.* Trata-se de uma pesquisa qualitativa que foi desenvolvida com onze estudantes da terceira série do Ensino Médio e que foi desenvolvida em quatro etapas que podem ser sintetizadas pela sequência Questionário → vídeo → intervenção → questionário. Os dados para análise foram obtidos por meio da aplicação de um mesmo questionário do tipo antes-depois, a um mesmo grupo de participantes, com o objetivo de verificar o enriquecimento ou não da imagem de conceito de resistores elétricos dos participantes da pesquisa após ser realizada uma intervenção, bem como identificar possíveis fatores de conflito potencial. Utiliza-se, como referencial teórico para a construção dos instrumentos de pesquisa e como lentes para a análise dos dados obtidos, de forma a responder às nossas indagações, os construtos *imagem de conceito, definição de conceito, fatores de conflito potencial e fatores de conflito cognitivo*, de Tall e Vinner (1981). A pesquisa mostrou o quanto o tema é complexo; afirmação baseada na quantidade de ideias errôneas evocadas da imagem de conceito de resistores elétricos dos participantes, quando questionados sobre o assunto e na presença de fatores de conflito potencial; complexidade também apontada em estudos presentes em nossa revisão de literatura. Conclui-se que, apesar de em raros casos haver apresentado respostas menos adequadas da imagem de conceito de resistores elétricos após a intervenção, de forma geral, a forma como esta foi realizada suscitou um enriquecimento da imagem de conceito de resistores elétricos dos participantes. Esta intervenção foi realizada tendo, como suporte principal, um experimento construído com materiais de baixo custo para a abordagem do tema. Os materiais

desenvolvidos e utilizados na intervenção se tornaram o produto desta pesquisa, e, de certa forma, foram instrumentos para o enriquecimento da imagem de conceito de resistores elétricos, o que mostra a viabilidade da utilização do produto desta pesquisa como forma de abordagem do tema.

**Palavras-chave:** Resistores elétricos. Imagem de conceito. Fatores de conflito potencial. Experimentos de baixo custo.

## ABSTRACT

CAMPOS, Mozart Morato, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2022. **Practical activities and classroom inversion as tools for learning the concept of electrical resistors by third grade high school students.** Advisor: Gerson Geraldo Chaves.

Based on findings of mistakes made by students when it comes to the topic of electrical resistors in Physics classes, the objective of this study is to investigate whether an intervention, based on the methodology of the Flipped Classroom, is an approach which allows overcoming potential conflict factors and enriching concept images of electrical resistors from a group of third grade high school students. This is a qualitative research that was carried out with eleven third grade high school students and was carried out in four stages that can be summarized by the sequence Questionnaire → video → intervention → questionnaire. The data for analysis were obtained through the application of the same questionnaire of the before-after type, to the same group of participants, with the objective of verifying the enrichment or not of the concept image of electrical resistors of the participants of the research after being carried through an intervention, as well as to identify possible potential conflict factors. It is used, as a theoretical reference for the construction of research instruments and as lenses for the analysis of the data obtained, in order to answer our questions, the concept image constructs, concept definition, potential conflict factors and conflict factors cognitive, by Tall and Vinner (1981). The survey showed how complex the topic is; statement based on the amount of erroneous ideas evoked from the participants' concept image of electrical resistors, when asked about the subject and in the presence of potential conflict factors; complexity also pointed out in studies present in our literature review. It is concluded that, although in rare cases less adequate responses of the concept image of electrical resistors have been presented after the intervention, in general, the way in which this was carried out led to an enrichment of the concept image of electrical resistors of the participants. This intervention was carried out having, as main support, an experiment built with low cost materials to approach the theme. The materials developed and used in the intervention became the product of this research, and, in a way, were instruments for

the enrichment of the concept image of electrical resistors, which shows the viability of using the product of this research as a way of approaching the theme.

**Keywords:** Electrical resistors. Concept image. Potential conflict factors. Low cost experiments.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Átomo com as partículas elementares prótons, nêutrons e elétrons .....	33
Figura 2 - Representação das forças de atração e de repulsão entre cargas elétricas .....	34
Figura 3 - Força de atração ( $F_1$ ) e de repulsão ( $F_2$ ) entre corpos eletrizados .....	35
Figura 4 - Corpo eletrizado atraindo um corpo neutro .....	35
Figura 5 - Força de atração ( $F_1$ ) e força de repulsão ( $F_2$ ).....	36
Figura 6 - Distribuição das cargas elétricas em um condutor metálico carregado e em equilíbrio eletrostático.....	37
Figura 7 - Representação simbólica do campo elétrico em uma carga elétrica positiva .....	38
Figura 8 - Carga de prova imersa em um campo elétrico.....	39
Figura 9 - Deslocamento de uma carga de prova entre dois pontos devido à diferença de potencial .....	40
Figura 10 - Elétrons livres em trajetórias aleatórias em um condutor .....	41
Figura 11 - Movimento dos elétrons livres, após ser estabelecida uma tensão entre seus extremos .....	42
Figura 12 - Corrente elétrica estabelecida em um fio condutor, ao ser ligado às extremidades de uma pilha comum .....	42
Figura 13 - Elétrons livres que atravessam determinada área de seção reta transversal em um fio condutor .....	43
Figura 14 - Ilustração de um circuito simples com uma lâmpada e uma pilha .....	45
Figura 15 - Colisões dos elétrons livres com os átomos que constituem o fio metálico .....	46
Figura 16 - Resistência elétrica transformando energia elétrica em energia térmica e luminosa.....	47
Figura 17 - Condutor de comprimento $L$ e área $A$ de seção reta transversal .....	48

Figura 18 - Símbolos que representam resistência elétrica .....	50
Figura 19 - Colisões entre os elétrons livres e os átomos que constituem o material condutor .....	51
Figura 20 - Figura de um reostato .....	53
Figura 21 - Símbolo que representa resistência variável (reostato) .....	53
Figura 22 - Representação de uma pilha ou bateria no circuito.....	54
Figura 23 - Representação de uma lâmpada no circuito .....	54
Figura 24 - Esquema elétrico de um circuito simples do tipo reostato .....	54
Figura 25 - Resistência interna presente nos chuveiros elétricos.....	55
Figura 26 - Esquema de um reostato presente internamente em um chuveiro elétrico .....	56
Figura 27 - Reostato presente no chuveiro ligados no valor da resistência máxima .	56
Figura 28 - Chave seletora na posição B, que representa circuito aberto .....	57
Figura 29 - Reostato presente no chuveiro ligados no valor da resistência .....	57
Figura 30 - O desenho da pesquisa.....	73
Quadro 1 - Questionário aplicado aos estudantes .....	75
Figura 31 - Variação do brilho da lâmpada de acordo com a variação do comprimento da resistência .....	79
Figura 32 - Variação de rotação do motor de acordo com a variação do comprimento da resistência do reostato .....	79
Figura 33 - Professor-pesquisador desenhando na lousa os esquemas dos circuitos para auxiliar na montagem.....	82
Figura 34 - Esquemas elétricos dos circuitos mostrados no vídeo.....	82
Figura 35 - Professor-pesquisador realizando a montagem do circuito mostrado no vídeo.....	83
Figura 36 - Aluno sendo acompanhado pelo professor-pesquisador durante a montagem do circuito .....	84
Quadro 2 - Definição de conceito de resistência elétrica apresentada pelos participantes .....	89

Quadro 3 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas para a Questão 1 .....	90
Quadro 4 - Definição de conceito de resistor elétrico apresentada pelos participantes .....	93
Quadro 5 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas para a Questão 2 .....	94
Quadro 6 - Aplicação dos resistores elétricos apresentadas pelos participantes .....	97
Quadro 7 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas em relação à aplicação dos resistores no cotidiano .....	98
Quadro 8 - Respostas e justificativas apresentadas pelos participantes para a Questão 4 .....	101
Quadro 9 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas e justificativas para a Questão 4 .....	102
Quadro 10 - Respostas e justificativas apresentadas pelos participantes para a Questão 5 .....	107
Quadro 11 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas para a Questão 5 .....	108
Quadro 12 - Respostas dos participantes para as Questões 5 e 6 .....	113
Quadro 13 - Categorias de análise para verificar o fator de conflito potencial: “comprimento da resistência elétrica <i>versus</i> potência dissipada” .....	115
Figura 37 - Esquema elétrico do reostato e fotos do circuito .....	118
Figura 38 - Esquema elétrico do reostato e fotos do circuito .....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condutividade de alguns materiais em $\Omega \cdot m$ .....	49
--	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>BNCC</b>	Base Nacional Comum Curricular
<b>LED</b>	Light Emitting Diode: significa “Diodo Emissor de luz”
<b>PCN</b>	Parâmetros Curriculares Nacionais
<b>PET</b>	Plano de Ensino Tutorado
<b>RS</b>	Rio Grande do Sul
<b>SAI</b>	Sala de Aula Invertida
<b>S.I.</b>	Sistema Internacional de Unidades
<b>SNEF</b>	Simpósio Nacional de Ensino de Física
<b>TCLE</b>	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
<b>UNICAMP</b>	Universidade de Campinas
<b>UFAM</b>	Universidade Federal do Amazonas
<b>UFV</b>	Universidade Federal de Viçosa

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A$	Área de secção transversal de um condutor
$c$	Unidade de carga elétrica Coulomb
$d$	Distância que separa as cargas elétricas
$e$	Carga elétrica elementar
$E$	Módulo do campo elétrico
$\vec{E}$	Vetor campo elétrico
$E_p$	Energia potencial
$\vec{F}$	Força
$F_e$	Força elétrica
$i$	Intensidade de corrente elétrica
$K$	Constante dielétrica do meio no qual as cargas elétricas
$L$	Comprimento de uma resistência elétrica
$\rho$	Resistividade elétrica específica do material
$P$	Potência elétrica
$q$	Carga de prova
$Q$	Carga elétrica
$R$	Resistência elétrica
$t$	Tempo
$\tau$	Trabalho
$U$	Diferença de potencial elétrico
$V_A$	Potencial elétrico no ponto A
$V_B$	Potencial elétrico no ponto B
$V_{AB}$	Diferença de potencial entre os pontos A e B
$W$	Watt unidade de potência
$\propto$	Símbolo que indica proporcionalidade entre duas grandezas
$\Delta$	Variação entre duas grandezas físicas
$\Omega$	Letra grega ômega unidade de resistência elétrica Ohm

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	19
1. REFERENCIAL TEÓRICO .....	25
1.1 Imagem de conceito e definição de conceito .....	25
1.2 Fatores de conflito potencial e fatores de conflito cognitivo .....	28
2. CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS SOBRE RESISTORES ELÉTRICOS.....	31
2.1 Considerações teóricas sobre resistores elétricos.....	31
2.1.1 Cargas elétricas .....	32
2.1.2 Carga elétrica elementar (e).....	33
2.1.3 Corpos eletrizados .....	34
2.1.4 Condutores elétricos e isolantes .....	36
2.1.5 Campo Elétrico (E).....	38
2.1.6 Potencial elétrico (V) e diferença de potencial elétrico (VAB)....	40
2.1.7 Corrente elétrica (i) .....	41
2.1.8 Circuito Elétrico .....	44
2.1.9 Potência elétrica .....	45
2.1.10 Resistência elétrica .....	46
2.1.11 O efeito Joule.....	50
2.1.12 Resistores elétricos.....	51
2.1.13 Reostato.....	52
2.1.14 Potência elétrica .....	58
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	62
4. A PESQUISA.....	72
4.1 A Primeira etapa da pesquisa: aplicação do questionário .....	74
4.2 A Segunda etapa da pesquisa: vídeo sobre resistores elétricos .....	78
4.3 A Terceira etapa da pesquisa: a intervenção .....	80
4.4 A Quarta etapa da pesquisa: reaplicação do questionário .....	85
5. NOSSO OLHAR SOBRE OS DADOS DA PESQUISA.....	87
5.1 Questão 1 .....	88
5.2 Questão 2 .....	92
5.3 Questão 3 .....	96

5.4	Questão 4 .....	100
5.5	Questão 5 .....	106
5.6	Questão 6 .....	112
6.	PRODUTO EDUCACIONAL .....	117
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	121
	REFERÊNCIAS .....	132
	APÊNDICE A – Termo de Autorização e Compromisso da Instituição .....	136
	APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para maiores de idade .....	137
	APÊNDICE C – Termo de Assentimento .....	140

## INTRODUÇÃO

A partir de experiências como professor de Física no Ensino Médio e com atuação há mais de duas décadas na Rede Pública de Ensino, surge a necessidade e a vontade de aprofundar estudos acerca de metodologias de ensino e suas consequências na aprendizagem dos discentes.

Durante nossa atuação como profissional da área, percebemos equívocos manifestados por estudantes quando abordamos temas da Física com foco na aprendizagem. São muitos os assuntos complexos quando se trata dessa disciplina, mas um, especificamente, nos despertou maior interesse: resistores elétricos. Ideias errôneas sobre esse tema nos conduziu à realização deste estudo. Este possui como objetivo *investigar se uma intervenção, tendo como suporte a metodologia da Sala de Aula Invertida, é uma abordagem que permite superar fatores de conflito potencial<sup>1</sup> e enriquecer imagens de conceito<sup>2</sup> de resistores elétricos de um grupo de estudantes da terceira série do Ensino Médio.*

Nossa experiência mostra que estudantes, quando questionados sobre o aumento ou diminuição da resistência elétrica em relação à dissipação de potência, expressam ideias opostas, ou seja, imaginam que um aumento no comprimento da resistência acarreta em um aumento na dissipação de potência. Essa é uma ideia equivocada que talvez tenha origem em uma análise incorreta das leis de Ohm em relação à igualdade  $R = \frac{V_{AB}}{i}$ <sup>3</sup>, que nos permite determinar o valor da resistência elétrica.

Sob nossa concepção, não parece de difícil entendimento para o estudante a proporcionalidade direta entre o comprimento de um fio condutor e a resistência elétrica, ou seja, o aumento ou a redução no comprimento de um fio condutor acarreta em um aumento ou redução na resistência elétrica, como mostra a relação  $R = \rho \frac{L}{A}$ <sup>4</sup>. Por outro lado, não é raro notarmos, em sala de aula, que se equivocam quando exploramos o aumento ou diminuição da resistência elétrica com o aumento

<sup>1</sup> Elemento da imagem de conceito que contradiz outro elemento da mesma imagem de conceito (TALL; VINNER, 1981).

<sup>2</sup> Estrutura cognitiva individual total associada a determinado conceito (TALL; VINNER, 1981).

<sup>3</sup> Nesta relação, R é a resistência elétrica, V<sub>AB</sub> é a diferença de potencial aplicada entre dois pontos A e B do circuito elétrico e i é a corrente elétrica que percorre o circuito.

<sup>4</sup> Nesta relação, R é a resistência elétrica, ρ é a resistividade elétrica do material de que é constituído o resistor elétrico, L é o comprimento do resistor e A é área de seção reta do resistor.

ou diminuição da potência dissipada. Por exemplo, imaginam, de forma errônea, que um aumento no comprimento da resistência elétrica acarreta em um aumento na dissipação de energia por efeito joule no funcionamento de aparelhos eletrodomésticos, como em um chuveiro elétrico, por exemplo. Ou seja, associam o aumento do aquecimento da água com o aumento da resistência elétrica.

O que de fato acontece é que se diminuirmos o comprimento da resistência elétrica, a corrente elétrica se tornará maior, ou seja, teremos mais portadores de carga elétrica que, devido ao choque com os átomos que constituem o fio condutor, provocam um aumento da energia cinética desses e, conseqüentemente, maior dissipação de calor por efeito joule, o que é traduzido pela maior dissipação de potência.

A concepção errônea e não incomum mencionada nos conduziu a conjecturar a ideia “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada” como um possível fator de conflito potencial, ou seja, são duas ideias conflitantes da mesma imagem de conceito.

A importância do tema em estudos sobre eletricidade e a preocupação com a ideia errônea mencionada nos conduziu a explorar o assunto e, para isso, aplicamos um questionário que nos permitiu analisar a imagem de conceito de resistor elétrico evocada e escrita em protocolos por alguns estudantes da terceira série do Ensino Médio, de forma a responder nossas duas questões de pesquisa:

*Quais elementos da imagem de conceito de resistores elétricos foram evocados antes e após uma intervenção sobre o tema resistores elétricos, por um grupo de alunos do terceiro ano do Ensino Médio? Essa intervenção foi capaz de produzir um enriquecimento da imagem de conceito de resistores elétricos nesse grupo de alunos?*

*Quais fatores de conflito potencial relacionados a Resistores Elétricos foram evidenciados nas respostas desses estudantes antes e após a intervenção?*

Diante disso, entendemos que novas abordagens de ensino devem ser implementadas, de modo a contribuir para uma aprendizagem não passiva do estudante, por meio da qual ele possa questionar e levantar conjecturas sobre os conceitos ora a ele propostos.

Percebemos, em nossa vivência docente e em pesquisas que constam em nossa revisão de literatura, que ao propormos atividades práticas para auxiliar na

aprendizagem de conteúdos da Física, isso pode superar uma atitude passiva do estudante em sala de aula, a fim de contribuir para a sua aprendizagem. No entanto, experimentos em aulas de Física sem uma abordagem de conceitos físicos importantes envolvidos em tais atividades tornam a prática vazia e simplesmente ilustrativa, como assim também defendem Binsfeld e Auth (2011). Visto isso, tivemos o propósito de construir um circuito elétrico de baixo custo para ser utilizado durante a intervenção, para explorar assuntos que consideramos importantes para a aprendizagem do tema resistores elétricos, com o intuito de provocar o enriquecimento da imagem de conceito de resistores elétricos dos alunos da turma de onde saíram os participantes desta pesquisa.

Como forma de proporcionar uma aprendizagem significativa<sup>5</sup> do estudante sobre o tema, também procuramos apoio na Sala de Aula Invertida (SAI) que preconiza o acesso do discente a materiais sobre o assunto antes de este ser discutido em sala de aula e, para isso, pensamos em produzir um vídeo explicativo para que o estudante o assistisse antes de ser realizada a intervenção. Sob nosso olhar, isso poderia suscitar dúvidas que fossem esclarecidas em sala de aula com o professor-pesquisador, bem como poderia incluir elementos na imagem de conceito de resistores elétricos do estudante para que esses pudessem ser evocados durante as discussões ocorridas na intervenção, de forma a ampliar e/ou enriquecer a imagem de conceito e também transformar fatores de conflito potencial em fatores de conflito cognitivo<sup>6</sup> para serem tratados naquele ínterim.

Diante dessas ideias e preocupados com o contexto do ensino de Física no Ensino Médio, procuramos verificar na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) como os conteúdos da Física devem ser tratados no Ensino Médio, em especial resistores elétricos. Não encontramos indicações específicas. Todavia, essa proposta de pesquisa vai ao encontro das duas diretrizes básicas dentre as dez presentes na BNCC. Uma delas se refere à Competência Básica do “Conhecimento”. Essa Competência Básica “busca valorizar e utilizar os conhecimentos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva”. (BRASIL, 2018, p. 9). A outra diretriz da

---

<sup>5</sup> Este assunto é discutido em nossa revisão de literatura.

<sup>6</sup> Duas ideias conflitantes da mesma imagem de conceito evocadas simultaneamente (TALL; VINNER, 1981).

BNCC a qual estamos alinhados se refere à Competência Básica do “Pensamento Científico Crítico e Criativo”, que busca:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, 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. 9).

Ainda preocupados com o ensino da Física e em especial com o assunto resistores elétricos, buscamos, na literatura, estudos realizados sobre o tema e encontramos apenas os trabalhos de Baião, Amaral e Veraszto (2017), França e Barbosa (2018) e Oliveira *et al.* (2020), o que aponta para um tema ainda carente de investigações. Baião, Amaral e Veraszto (2017) concluem que o tema não é trivial, o que concordamos, visto os equívocos evidenciados por estudantes quando abordamos o tema em sala de aula, como relatamos acima neste texto alguns deles.

Inferimos que as razões apresentadas ratificam nossa escolha sobre o tema, a realização desta pesquisa e o que nos motivou a investigar o assunto.

Diante das justificativas apresentadas para a realização deste estudo e com a visão de que novas abordagens de ensino devem ser implementadas de modo a contribuir para uma aprendizagem não passiva e significativa do estudante, iniciamos este estudo. Sob essa visão, procuramos elaborar instrumentos para a intervenção com o intuito de provocar embate entre ideias contraditórias e/ou errôneas já existentes, de forma a ampliar e/ou enriquecer a imagem de conceito de resistor elétrico em um ambiente no qual os estudantes pudessem questionar e levantar conjecturas sobre o que era a eles proposto. Ou seja, em nossa concepção, em um ambiente propício para refletir sobre conceitos errôneos pré-concebidos e/ou contraditórios.

No nosso entender, a ampliação ou enriquecimento da imagem de conceito poderia ser observado nas respostas escritas pelos participantes desta pesquisa às perguntas que fizemos por meio de um questionário do tipo antes-depois. Assim, dividimos a pesquisa em quatro etapas que pode ser sintetizada na sequência Questionário → vídeo → intervenção → questionário, cuja estrutura é apresentada nesta dissertação. Nela, discutimos, em especial, as dificuldades expressas por estudantes nos protocolos apresentados e um possível enriquecimento na imagem

de conceito de resistores elétricos, por meio da intervenção realizada e, para essa discussão, estruturamos essa dissertação em seis capítulos.

No capítulo 1, denominado “Referencial teórico”, apresentamos nossa fundamentação teórica, base para a construção dos instrumentos de pesquisa, que nos fornece as lentes necessárias para responder às nossas indagações. Neste capítulo, expomos as ideias de *imagem de conceito*, *definição de conceito*, *fatores de conflito potencial* e *fatores de conflito cognitivo*, de Tall e Vinner (1981).

Baseados em materiais didáticos direcionados para o Ensino Médio, no capítulo 2, intitulado “Considerações conceituais sobre resistores elétricos”, trazemos nossas considerações sobre resistores elétricos e conceitos adjacentes importantes para a compreensão do tema, com dois objetivos: servirem como referencial para a análise dos dados e informar e situar o leitor sobre o assunto tratado nesta dissertação.

No capítulo 3, designado por “Revisão de literatura”, apresentamos, primeiramente, conceitos relativos à Aprendizagem Significativa e, baseados nisso, trazemos nossa defesa em prol de experimentos para a aprendizagem de temas da Física. No que segue, colocamos os estudos sobre resistores elétricos que tivemos acesso, no processo de revisão de literatura e, por fim, abordamos sobre a Sala de Aula Invertida.

Os procedimentos metodológicos adotados para a realização deste estudo são apresentados no capítulo 4, alcunhado de “A pesquisa”. Nele, exibimos o perfil dos participantes, o ambiente no qual foi realizada a pesquisa e o motivo de nossas escolhas por estes sujeitos e local. Expomos sobre o desenho da pesquisa e as 4 fases de sua realização e mostramos, também, os instrumentos de coleta de dados e os objetivos desses.

No capítulo 5, nomeado “Nosso olhar sobre os dados da pesquisa”, trazemos nossas interpretações sobre as ideias evocadas da imagem de conceito de resistores elétricos dos participantes expressas em protocolos e obtidas por meio de um mesmo questionário aplicado antes e depois de uma intervenção. A análise desses questionários teve como objetivo, verificar o enriquecimento ou não da imagem de conceito sobre o tema destes participantes, bem como identificar possíveis fatores de conflito potencial.

No último capítulo, o de número 6, “Produto educacional”, trazemos o produto desta pesquisa, que consiste de uma sequência didática que descreve a forma como o assunto resistores elétricos foi abordado com os participantes. Nesta sequência didática, incluímos o vídeo produzido e um manual para a construção de um resistor elétrico confeccionado com materiais de baixo custo e de fácil acesso, e alguns componentes que podem ser construídos a partir de materiais recicláveis.

Por fim, trazemos nossas considerações finais e trazemos as respostas às nossas indagações que levaram a este estudo e as conclusões as quais chegamos.

No que segue, para que o leitor compreenda alguns termos que fazem parte do referencial teórico eleito, apresentamos nossas considerações teóricas.

## 1. REFERENCIAL TEÓRICO

Como investigamos ideias exteriorizadas por alunos da terceira série do Ensino Médio sobre resistores elétricos, ideias essas que podem ou não estarem de acordo com conceitos formais estabelecidos pela comunidade científica, elegemos os construtos *imagem de conceito*, *definição de conceito*, *fatores de conflito potencial* e *fatores de conflito cognitivo*, de Tall e Vinner (1981); pois entendemos que esses construtos podem nos fornecer as lentes necessárias para trazer respostas aos nossos questionamentos que levam a este estudo.

No que segue, abordamos os construtos estabelecidos por Tall e Vinner (1981).

### 1.1. Imagem de conceito e definição de conceito

Ao conjunto de ideias presentes na mente de um indivíduo sobre determinado tema, Tall e Vinner (1981) denominam *imagem de conceito* e a definem como sendo a estrutura cognitiva individual total vinculada a determinado conceito.

Quando o indivíduo é estimulado por uma determinada situação e uma ideia é exteriorizada, temos o que os teóricos citados denominam de “imagem de conceito evocada”, que é definida como porção da imagem de conceito que é ativada em determinado momento por uma demanda externa. Assim, só temos acesso à imagem de conceito evocada. Esses autores ainda destacam que o conjunto de ideias evocadas, quando da abordagem de um tema, pode se formar de várias maneiras na mente de cada indivíduo, de acordo com suas experiências durante a vida, seja no ambiente acadêmico ou, de alguma forma, no seu trato corriqueiro com o assunto.

Ressaltamos que, ao mencionarmos o termo *imagem de conceito* neste texto, mesmo que ao omitirmos tal fato, nos referimos à *imagem de conceito* de Resistores Elétricos e conceitos adjacentes, ou seja, a todos os atributos associados a este tema que foram acumulados no decorrer da vida do aluno e que estão presentes em sua mente.

Tall e Vinner (1981) informam que a imagem de conceito é individual e, sendo assim, varia de pessoa para pessoa. Portanto, cada indivíduo constrói a sua própria

*imagem de conceito*. Desta forma, não se trata de uma estrutura estática e esta pode ser enriquecida à medida que a pessoa encontra novos estímulos, no decorrer da vida. Assim, ao ser solicitado a explicitar suas ideias em sala de aula, o estudante pode evocar, da *imagem de conceito*, elementos considerados pertinentes ou não, de acordo com o estabelecido pela comunidade científica e poderá modificar conceitos adquiridos de forma equivocada. Como os próprios teóricos atestam, a imagem de conceito pode ter aspectos incluídos, excluídos ou modificados, conforme o indivíduo amadurece. Acrescentam, ainda, que a imagem de conceito não está relacionada exclusivamente ao conceito em si, mas ao conjunto de ideias sobre algum conceito envolvido em certa situação cognitiva.

Como relatado, a imagem de conceito é composta por um conjunto de atributos de diferentes naturezas, podendo ser formada por representações verbais, não verbais e adquirida por vivências de todos os tipos, que são associadas a determinado conceito. Por exemplo, ao abordar o tema resistores em sala de aula, um estudante pode ter em sua imagem de conceito a definição considerada formal para o nível de ensino, pode evocar de sua mente as representações geométricas de resistências elétricas, pode se lembrar das relações que permitem determinar o seu valor, pode, também, lembrar algumas de suas aplicações no cotidiano ou mesmo não ter noção do conceito e ideias adjacentes e evocar de sua mente o sentido etimológico da palavra resistência.

Várias dessas expressões relatadas no exemplo acima podem fazer parte da imagem de conceito estabelecida na mente de um discente, alguma delas ou mesmo nenhuma, quando o assunto resistores é abordado. Assim, todos esses atributos, alguns deles, ou mesmo nenhum podem estar presentes na imagem de conceito do aluno e se associarem a ideia ao conceito em questão.

Segundo Tall e Vinner (1981), a *Definição de Conceito*, quando se tem uma intrínseca no aluno, se refere ao conjunto de palavras utilizadas pelo indivíduo para definir determinado conceito. Como exemplo, ao ser solicitado para definir resistência elétrica, o aluno pode expressar definições adequadas como “a capacidade que um corpo tem em opor-se à passagem da corrente elétrica” ou “que são dispositivos utilizados para controlar a passagem de corrente elétrica em circuitos elétricos tendo, como consequência, o efeito Joule, ou seja, converter energia elétrica em energia térmica”. Outro aprendiz pode escrever uma aplicação

do tipo “resistência é utilizada em fornos para aquecer alimentos”, também pode indicar simbolicamente  $R = \frac{V_{AB}}{i}$  e outros ainda podem escrever,  $R = \frac{\rho.L}{A}$ . Também existem aqueles que podem não evocar da imagem de conceito nenhum argumento para definir resistência elétrica. De acordo com os exemplos, estudantes podem evocar da imagem de conceito definições adequadas, relações matemáticas que permitem determinar o valor da resistência elétrica e outros podem não ter nenhuma noção da definição ou de como calcular o valor da resistência elétrica, mas têm na imagem de conceito ideia do funcionamento desses dispositivos que pode ter sido adquirida por meio das suas vivências.

Tall e Vinner (1981) expõem que a definição de conceito pode ser oriunda de uma simples memorização, pode expressar a compreensão do conceito em si ou pode ser uma reconstrução pessoal da definição formal. Assim como a imagem de conceito, a definição de conceito também é individual e pode mudar ao longo do tempo.

Vinner (1991) coloca que adquirir um conceito significa formar uma imagem de conceito. Se o conceito for introduzido e utilizarmos apenas sua definição formal, ele poderá permanecer inativo ou mesmo ser esquecido.

Assim, sob nossa ótica, o ensino da Física não deve estar pautado apenas na compreensão, pelo estudante, de definições formais, mas no enriquecimento da imagem de conceito como um todo, pois o desenvolvimento cognitivo de um conceito pelo indivíduo se dá por meio de um grande número de representações de ideias a ele associadas, como sugerem Tall e Vinner (1981).

Com a nossa intervenção, procuramos promover situações que, sob nosso olhar, teriam potencial para o enriquecimento da imagem de conceito; pois uma definição de conceito adequada e que coincida com a formal, sem uma imagem de conceito rica, nem sempre é garantia da compreensão do conceito, pois tal definição pode ter sido obtida simplesmente por memorização. Da mesma forma, uma imagem de conceito rica sem uma definição de conceito adequada pode ser enganadora, porque o indivíduo poderá não ter conceitos físicos suficientes que sustentem suas convicções.

Por isso, sob nosso olhar, devemos oferecer situações didáticas adequadas para que o aluno possa reconhecer os conceitos físicos ali presentes e, a partir deles, possa (re)construir conceitos físicos que vão muito além da definição formal.

Segundo Tall e Vinner (1981), há uma diferença entre os conceitos que são formalmente definidos e os processos cognitivos pelos quais eles são concebidos durante a vida. Em diferentes momentos, conceitos adquiridos ao longo do tempo por experiências diversas ou decorados por repetição podem parecer inadequados ou até mesmo contraditórios, o que pode vir a se tornar um possível conflito.

## 1.2. Fatores de conflito potencial e fatores de conflito cognitivo

Segundo Tall e Vinner (1981), *fatores de conflito potencial* são um elemento da imagem de conceito que contrapõe outro elemento da mesma imagem de conceito. Por exemplo: o aluno é solicitado a externalizar a relação existente entre o aumento da temperatura da água em um chuveiro elétrico com a variação no comprimento da resistência elétrica, o que é ocasionado pela mudança da chave seletora da posição verão para a posição de inverno e vice-versa.

Pela relação  $R = \rho \frac{L}{A}$ , percebe-se que um aumento no comprimento ( $L$ ) da resistência elétrica ocasiona um aumento no valor da resistência elétrica ( $R$ ), por serem grandezas diretamente proporcionais. Ao tratar o assunto em sala de aula, não verificamos grandes dificuldades em os alunos perceberem que o aumento no comprimento da resistência elétrica ocasiona um aumento em seu valor. Porém, nossa experiência mostra que estudantes evocam ideias errôneas em relação à variação das grandezas físicas  $R$  e  $L$  com o aquecimento da água do chuveiro.

Talvez, pela relação de proporcionalidade direta entre  $R$  e  $L$ , imaginam, equivocadamente, que ao aumentar o comprimento  $L$  da resistência elétrica, a água do chuveiro sofrerá um maior aquecimento devido ao aumento da resistência elétrica  $R$ . Na realidade, uma redução no comprimento da resistência elétrica provocará um aumento da corrente elétrica que passa através dela e, conseqüentemente, uma maior dissipação de potência por efeito Joule e, com isso, se tem um aumento na temperatura da água em contato com a resistência elétrica. Assim, diante de tal fato, nossa hipótese é a de que a ideia equivocada “comprimento da resistência *versus* potência dissipada” pode se constituir em um possível fator de conflito potencial; ou seja, são duas ideias conflitantes da mesma imagem de conceito.

Talvez, fatores de conflito potencial ocorram porque as definições formais não são consultadas quando da análise de determinada situação. Vinner (1991) enfatiza

que, em contextos do cotidiano, definições não precisam ser consultadas para entender, por exemplo, a frase “Gosto de estudar Física”. No entanto, definições consideradas formais deveriam ser consultadas em contextos escolares, caso contrário, enganos podem ocorrer.

A ideia equivocada do que conjecturamos como um possível fator de conflito potencial provavelmente é ocasionada pelos estudantes não recorrerem às definições que estruturam o tema e estabelecem erroneamente as relações existentes entre grandezas físicas envolvidas em determinado fenômeno físico como, por exemplo, o funcionamento de dispositivos elétricos que dissipam maior potência por efeito Joule, ao se reduzir o comprimento da resistência elétrica.

Fatores de conflito potencial podem permanecer inconscientemente na imagem de conceito e nunca serem percebidos porque, segundo Tall e Vinner (1981), esses só têm sentido real de confusão quando evocados simultaneamente, o que os teóricos denominam *fatores de conflito cognitivo*. Assim, fatores de conflito potencial devem ser trazidos à tona para serem tratados como fatores de conflito cognitivo para que, assim, enriqueçam a imagem de conceito.

Dessa forma, cabe ao professor identificar esses mal-entendidos e esclarecê-los, alinhando-os aos conceitos formais. Entendemos que nossa intervenção, da forma como foi realizada<sup>7</sup>, teve a possibilidade de evidenciar o fator de conflito potencial “Comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada”, como fator de conflito cognitivo e tratá-lo.

De acordo com Tall e Vinner (1981), um tipo grave de fator de conflito potencial é aquele que envolve um conflito direto com a definição de conceito, pois pode não se tornar fator real de conflito cognitivo. Tais fatores de conflito podem obstruir seriamente a aprendizagem de uma teoria formal, uma vez que um estudante pode estar seguro das suas próprias e restritas interpretações sobre um conceito e passar a considerá-lo como algo desnecessário. Assim, em nossa intervenção, procuramos discutir sobre as definições consideradas formais, de forma a elucidar possíveis ideias conflituosas sobre o tema resistores elétricos.

---

<sup>7</sup> Análise da variação do brilho da lâmpada e da velocidade de rotação das pás de uma hélice movida por meio de um motor devido à variação no comprimento da resistência.

O enriquecimento da imagem de conceito de resistor como um todo perpassa pela compreensão de conceitos de resistores elétricos e ideias adjacentes, bem como suas aplicações no cotidiano; assunto este abordado no próximo capítulo.

## 2. CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS SOBRE RESISTORES ELÉTRICOS

Neste capítulo, apresentamos algumas considerações conceituais sobre resistores elétricos e ideias adjacentes, tendo como foco a forma como o assunto é tratado no Ensino Médio.

Este Capítulo tem dois objetivos: baseados em materiais didáticos direcionados para o Ensino Médio, utilizar os conceitos por nós considerados como formais para este nível de ensino como referência para a análise dos dados e informar ao leitor sobre o assunto tratado neste estudo.

Os conceitos físicos trabalhados com estudantes do Ensino Médio e presentes nos materiais didáticos são baseados em conhecimentos construídos pela comunidade científica, o que entendemos os tornarem conceitos formais para este nível de ensino. O desenvolvimento de uma pesquisa requer conhecimento sobre o tema pesquisado, tanto do ponto de vista teórico em relação ao conteúdo abordado como pedagógico e prático.

Assim, a seguir, apresentamos os conceitos formais para este nível de ensino, que foram adotados como parâmetros para analisar as respostas obtidas nos protocolos dos participantes da pesquisa, com o intuito de verificar o enriquecimento ou não da *imagem de conceito* de resistores elétricos de cada participante, após ser realizada uma intervenção.

### 2.1. Considerações teóricas sobre resistores elétricos

Os conceitos formais que adotamos como referência para a análise dos dados se basearam, em especial, nos conteúdos presentes no livro “Física Contextos & Aplicações<sup>8</sup>”, Volume 3, de Antônio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Alvarenga Álvares, do ano de 2016. O critério utilizado para a escolha deste livro é por se tratar do livro-texto adotado pela escola onde foi realizada a pesquisa quando as aulas eram de forma presencial, antes da pandemia de COVID 19. Utilizamos,

---

<sup>8</sup> RIBEIRO DA LUZ, Antônio Máximo; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Contextos & aplicações**. Volume 3. São Paulo: Scipione, 2016. p.92-98.

também, as definições presentes nos materiais do Plano de Ensino Tutorado<sup>9</sup> (PET) Volume 2 Física - Semanas I, II e III, que foi desenvolvido e divulgado em sites pela Secretaria de Educação do Estado de Minas Gerais, nos anos de 2020 e 2021, durante o período de pandemia de COVID 19. (MINAS GERAIS, 2020).

O PET foi um material didático elaborado de forma emergencial pela Secretaria Regional de Ensino de Minas Gerais (SRE), no qual constavam os conteúdos a serem trabalhados nos anos de 2020 e 2021. Vale ressaltar que este se tornou o material de apoio para os professores e para os alunos durante todo o período da pandemia da COVID 19 e foi polemizado por vários professores e profissionais da área de educação.

O assunto foco desta pesquisa se trata de resistores elétricos. No entanto, para entendermos esses conceitos é necessário, antes de tudo, compreendermos assuntos como cargas elétricas, corpos eletrizados, condutores e isolantes, campo elétrico, potencial elétrico, diferença de potencial elétrico, energia potencial elétrica, corrente elétrica, circuitos elétricos, resistência elétrica, efeito Joule, resistores, reostato e potência elétrica, conceitos que procuramos explorar neste estudo com exemplos de suas aplicações no cotidiano.

É fato que o assunto como foi colocado neste capítulo não esgota todos os elementos necessários para a compreensão do tema, que é vasto. Além disso, existem minúcias que poderão ser omitidas, porque nosso intuito é o de que o leitor compreenda alguns conceitos importantes que serão utilizados no decorrer deste trabalho, e não um texto direcionado para a aprendizagem do tema resistores elétricos.

### 2.1.1. Cargas elétricas

*Carga elétrica*<sup>10</sup> é uma propriedade intrínseca da matéria, assim como a massa de um corpo. Sua unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades (S.I.) é o coulomb (C), em homenagem ao físico francês Charles Augustin de Coulomb (1736-1806).

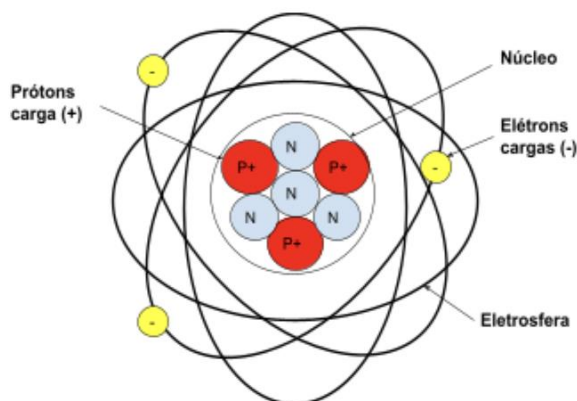
---

<sup>9</sup> MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Planos de Estudos Tutorados**. 3 Ano do Ensino Médio. Volume 2, 2020, p.71-79. Disponível em: <https://geographia.com.br/wp-content/uploads/2021/06/3o-Ano-EM-Regular-Diurno-VOL-2-1.pdf>. Acesso em: 22 maio de 2021.

<sup>10</sup> No decorrer do texto, por simplicidade, denotaremos carga elétrica simplesmente por carga.

O *próton* e o *nêutron* possuem massas praticamente iguais e a massa do *elétron* é cerca de 2.000 (duas mil) vezes menor que a massa do próton. Porém, ainda assim, a carga elétrica de um próton é igual à carga elétrica de um elétron. Enquanto o próton está fixo no núcleo, o elétron se move em torno deste núcleo sob certas trajetórias, numa região denominada eletrosfera, conforme mostrado na Figura 1 e que se refere ao modelo atômico proposto por Rutherford.

Figura 1 - Átomo com as partículas elementares prótons, nêutrons e elétrons



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nos átomos, por convenção, os prótons possuem carga positiva, os elétrons possuem carga negativa e os nêutrons possuem os dois tipos de cargas, resultando em carga elétrica nula. Indiferentemente de o próton estar em repouso no núcleo e do elétron estar em movimento em torno deste núcleo, a carga de um próton e de um elétron tem o mesmo valor e estas cargas são denominadas cargas elementares.

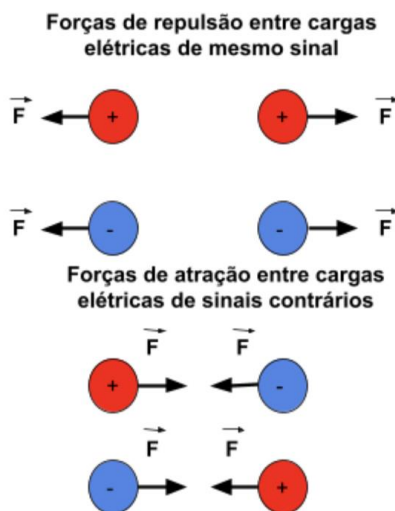
### 2.1.2. Carga elétrica elementar ( $e$ )

Como relatado, a *carga elétrica elementar* ( $e$ ) é a carga de um próton ou de um elétron.

O valor da carga de um próton é, em módulo (em valor absoluto), igual à carga de um elétron. Este valor foi determinado por meio de uma experiência em laboratório, pelo físico norte-americano Robert Andrews Millikan (1868-1953), em 1909. Atualmente o valor da carga elementar é tido como  $e = 1,602176634 \cdot 10^{-19} C$ , comumente utilizado  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$ .

Cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e cargas elétricas de sinais contrários se atraem, por meio de *uma força de origem elétrica*. A Figura 2 mostra as forças elétricas de *atração* e de *repulsão* ( $\vec{F}$ ) entre cargas.

Figura 2 - Representação das forças de atração e de repulsão entre cargas elétricas



Fonte: Elaborada pelo autor.

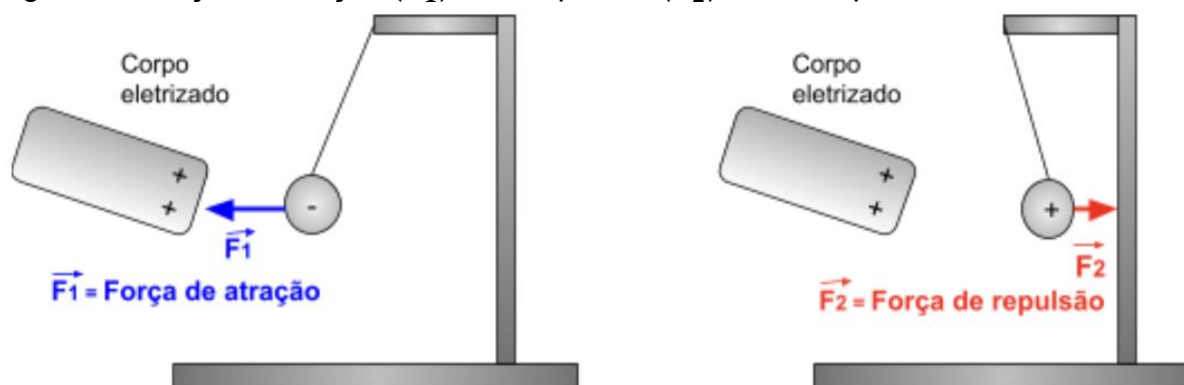
Quando um corpo possui o mesmo número de prótons e de elétrons, dizemos que este corpo está eletricamente neutro e não haverá força de atração e nem força de repulsão entre este corpo e outro corpo também neutro. Caso haja excesso de algum tipo de carga em um dos corpos, dizemos que o corpo está eletrizado e surgirão forças elétricas de atração ou forças elétricas de repulsão entre eles.

### 2.1.3. Corpos eletrizados

Um corpo em seu estado natural (não eletrizado) possui a mesma quantidade de prótons e de elétrons, e dizemos, neste caso, que o corpo está *eletricamente neutro*. Caso o *corpo* esteja *eletrizado*, ele possuirá excesso de prótons ou excesso de elétrons. Se o corpo tem mais prótons do que elétrons, dizemos que está eletrizado positivamente e, em sentido oposto, se o corpo tem excesso de elétrons, dizemos estar eletrizado negativamente.

Ao aproximarmos um corpo eletrizado de outro corpo também eletrizado, sempre surgirão forças de atração ou forças de repulsão, dependendo do sinal das cargas destes corpos, conforme Figura 3.

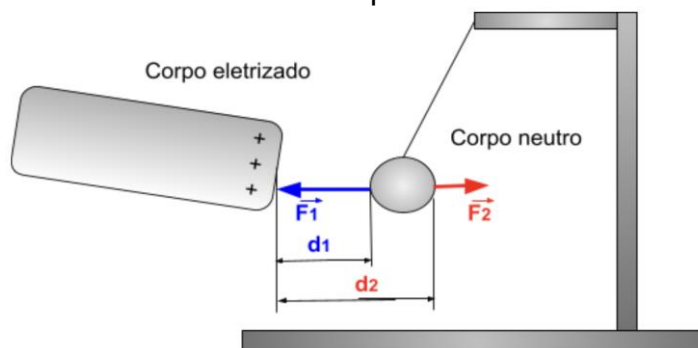
Figura 3 - Força de atração ( $\vec{F}_1$ ) e de repulsão ( $\vec{F}_2$ ) entre corpos eletrizados



Fonte: Elaborada pelo autor.

Também poderá ocorrer de um corpo eletrizado atrair um corpo neutro devido à separação das cargas neste condutor<sup>11</sup>. Isso se deve ao fato de a força elétrica ser proporcional ao inverso do quadrado da distância que separa as cargas elétricas. Na Figura 4 representamos essa distância por  $d_1$  e  $d_2$ .

Figura 4 - Corpo eletrizado atraindo um corpo neutro

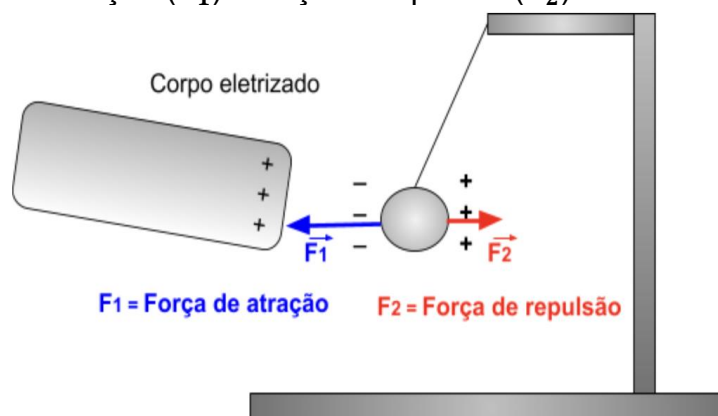


Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao aproximarmos um corpo eletrizado de um corpo bom condutor de eletricidade inicialmente neutro, como uma pequena esfera metálica (Figura 5), por exemplo, ocorre a atração entre estes corpos porque os elétrons livres da esfera se moverão em um sentido, ficando o excesso de cargas positivas no sentido oposto. Isto ocorre porque a força elétrica depende da distância entre as cargas elétricas.

<sup>11</sup> O processo de “separação de cargas” em um corpo isolante como a borracha é diferente e se denomina polarização, o que não discutiremos aqui.

Figura 5 - Força de atração ( $\vec{F}_1$ ) e força de repulsão ( $\vec{F}_2$ )



Fonte: Elaborada pelo autor.

Observamos na Figura 5 que, devido à diferença entre as distâncias entre as cargas elétricas, a força elétrica de atração é maior que a força elétrica de repulsão, o que resulta em uma força resultante direcionada para o corpo eletrizado capaz de mover um pequeno corpo neutro em direção a esse corpo eletrizado.

Também poderá haver força de atração entre dois corpos maus condutores de eletricidade, estando um neutro e outro eletrizado. Um exemplo pode ser dado ao pentearmos o cabelo com um pente plástico, principalmente em um dia seco. Devido ao atrito com os cabelos, o pente se eletriza e é capaz de atrair pequenos pedaços de papel que estão neutros. A forma como isso acontece é análoga ao que descrevemos no parágrafo anterior.

Vale destacar que, apesar da ideia de a esfera e dos pequenos pedaços de papel serem atraídos por um corpo eletrizado ser a mesma, microscopicamente, o processo de separação das cargas se dá de modos diferentes para a pequena esfera e para os pequenos pedaços de papel, porque dizemos que a esfera é condutora de eletricidade e o papel é isolante elétrico.

#### 2.1.4. Condutores elétricos e isolantes

Chamamos de *condutores elétricos* os materiais que apresentam algum tipo de portador de carga elétrica livre para se mover no interior deste condutor. Os condutores podem ser sólidos, líquidos ou gasosos. No entanto, focaremos apenas no movimento dos portadores de carga elétrica nos sólidos; em especial nos metais.

Nos metais, a força de atração elétrica entre o núcleo e os elétrons que giram em torno deste núcleo não tem um valor muito expressivo. Sendo assim, os elétrons podem escapar ou serem arrancados facilmente de suas órbitas e se moverem aleatoriamente no interior do condutor. Estes elétrons que se movem de forma aleatória dentro do condutor são denominados elétrons livres e, em determinado condutor, existe uma infinidade deles constituindo o que chamamos de “nuvem de elétrons”.

Vale destacar que um condutor sempre ficará eletrizado com cargas de mesmo sinal, ou seja, ele terá excesso de prótons ou excesso de elétrons. Sendo assim, a tendência dessas cargas é de se repelirem e ficarem o mais distante possível umas das outras. Este fato explica o porquê de as cargas elétricas, ao se estabilizarem<sup>12</sup>, ou seja, ao cessarem seu rápido movimento devido à força de repulsão, se distribuírem na superfície do condutor, como mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Distribuição das cargas elétricas em um condutor metálico carregado e em equilíbrio eletrostático



Fonte: Elaborada pelo autor.

Materiais como a borracha, a madeira e o vidro possuem uma quantidade desprezível de elétrons livres e é difícil eletrizá-los. Materiais como esses são denominados *isolantes elétricos* ou *dielétricos*, ou seja, são maus condutores de eletricidade.

Vale destacar que as forças de atração e de repulsão entre cargas elétricas só surgem devido ao que denominamos de “campo elétrico”.

---

<sup>12</sup> Dizemos que nesta situação o corpo está em equilíbrio eletrostático.

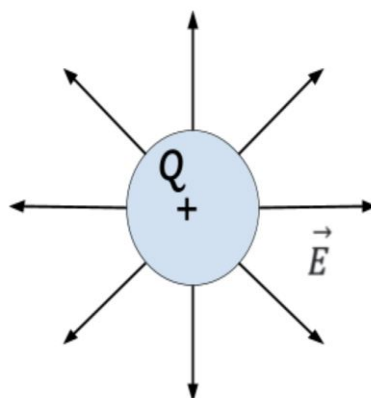
### 2.1.5. Campo Elétrico ( $\vec{E}$ )

Toda massa cria em torno dela, em determinada região do espaço, um campo gravitacional no qual outras massas colocadas neste campo ficam sujeitas a uma força de origem gravitacional que denominamos “força peso”. Um exemplo é o de um corpo colocado no espaço próximo à superfície terrestre que é atraído em direção ao centro da Terra. Analogamente, como nos campos gravitacionais, as cargas elétricas criam, em torno delas, um campo elétrico<sup>13</sup> ( $\vec{E}$ ) e outras cargas imersas neste campo ficam sujeitas às forças de origem elétrica. Diferentemente das forças gravitacionais entre duas massas, que são somente de atração entre duas cargas elétricas podemos ter forças de atração e forças de repulsão, conforme Figura 2 (página 34).

Assim, podemos definir *campo elétrico* como uma perturbação no espaço gerada pela presença de cargas elétricas.

O conceito de campo é abstrato; porém, para representar e caracterizar o campo elétrico, podemos utilizar setas; pois o campo elétrico possui certo valor numérico (módulo do campo elétrico), certa direção e certo sentido, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Representação simbólica do campo elétrico em uma carga elétrica positiva



Fonte: Elaborada pelo autor.

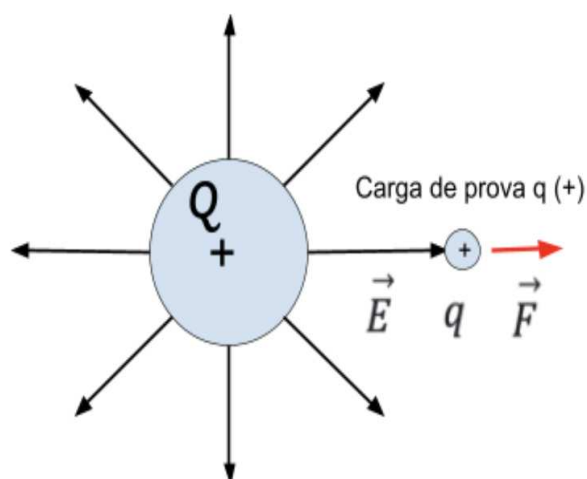
---

<sup>13</sup> No decorrer do texto, por simplicidade, denotaremos campo elétrico simplesmente por campo.

Para verificarmos a existência de um campo elétrico gerado por uma carga fonte<sup>14</sup> em determinada região do espaço, utilizamos outra carga elétrica a qual denominamos “carga de prova”<sup>15</sup>. Se a carga de prova estiver imersa em um campo elétrico, ela irá se mover devido ao surgimento de uma força de origem elétrica; caso contrário, a carga de prova ficará em repouso.

A Figura 8 representa o campo elétrico ( $\vec{E}$ ) criado por uma carga fonte positiva ( $Q$ ) em determinada região do espaço e a força elétrica ( $\vec{F}$ ) a qual fica sujeita a carga de prova positiva ( $q$ ), ao ser imersa neste campo.

Figura 8 - Carga de prova imersa em um campo elétrico



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao posicionar a carga de prova em diferentes pontos em torno da carga fonte, percebe-se que a carga de prova fica sujeita às forças elétricas de valores diferentes<sup>16</sup> e que diminuem, na medida em que se afasta da carga fonte. Assim, dizemos que cada ponto do campo elétrico possui um potencial elétrico.

É fato que a uma mesma distância do centro da carga fonte temos o mesmo valor para o campo elétrico, bem como para o potencial elétrico.

<sup>14</sup> Denomina-se carga fonte a carga geradora do campo elétrico de maior intensidade em determinada região do espaço.

<sup>15</sup> É fato que a carga de prova também cria, em uma região do espaço em torno dela, um campo elétrico; no entanto, podemos considerar este campo elétrico desprezível em relação ao campo elétrico gerado pela carga fonte.

<sup>16</sup> Em determinadas situações, podemos obter um campo elétrico uniforme, no qual a força elétrica é constante, o que não será abordado neste estudo.

### 2.1.6. Potencial elétrico ( $V$ ) e diferença de potencial elétrico ( $V_{AB}$ )

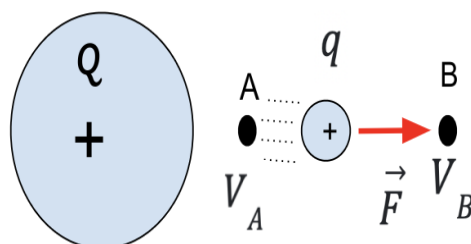
Definimos *potencial elétrico* ( $V$ ) de um ponto do espaço como a quantidade de energia potencial elétrica<sup>17</sup> ( $E_p$ ) por unidade de carga elétrica de prova ( $q$ ) colocada neste ponto.

$$V = \frac{E_p}{q}$$

Pela relação acima, percebe-se que a unidade de medida de potencial elétrico é o joule<sup>18</sup> por coulomb ( $\frac{J}{C}$ ), que foi denominado volt ( $V$ ) em homenagem ao físico-químico italiano Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827), cuja invenção da pilha voltaica foi a ele creditada.

Como mencionado, em cada ponto do espaço em torno da carga fonte podemos ter um potencial elétrico distinto, que diminui na medida em que se afasta do centro da carga fonte. Uma carga de prova colocada em determinado ponto poderá se mover devido a uma força elétrica, analogamente a um corpo de massa  $m$  que se move devido à força peso quando colocado em um ponto do espaço onde existe um campo gravitacional. A Figura 9 exemplifica o movimento de uma carga de prova ( $q$ ) eletrizada positivamente que se move naturalmente em direção ao ponto B, quando esta é imersa em uma região do espaço onde existe um campo elétrico.

Figura 9 - Deslocamento de uma carga de prova entre dois pontos devido à diferença de potencial



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para estudos em eletricidade, o conceito de potencial elétrico em si não é de extrema importância. Por outro lado, o conceito de diferença de potencial ( $U$ ) entre

<sup>17</sup> Comumente, denominamos energia potencial elétrica simplesmente por energia elétrica.

<sup>18</sup> Joule é a unidade de medida, no SI, para energia.

dois pontos é de extrema relevância. A *diferença de potencial* entre dois pontos do campo elétrico é dada pelo valor do potencial em determinado ponto subtraído do valor do potencial em outro ponto. Tomando como referência a Figura 9 (página 40), temos:  $U = V_{AB} = V_A - V_B$ .

A carga de prova se moverá naturalmente sempre que existir uma diferença de potencial entre dois pontos do espaço no qual existe um campo elétrico. Isso porque a carga ficará sujeita à ação de uma força de origem elétrica, que fará a carga se deslocar. Sendo assim, a força elétrica é capaz de realizar trabalho<sup>19</sup> enquanto esta carga é deslocada de um ponto a outro.

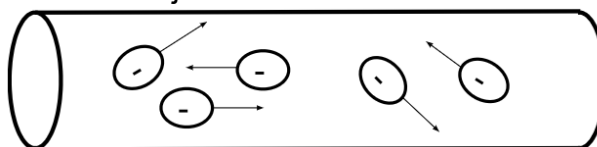
Vale destacar que a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um campo elétrico é também denominada “tensão elétrica”, “voltagem” ou “ddp”.

Em um fio condutor, sempre que se estabelece uma diferença de potencial entre dois pontos surgirá, neste fio, uma corrente elétrica.

### 2.1.7. Corrente elétrica (*i*)

Mencionamos que os elétrons livres em um fio metálico condutor se movem de maneira aleatória. A Figura 10 nos dá ideia de como pode ser este movimento dentro de um fio condutor.

Figura 10 - Elétrons livres em trajetórias aleatórias em um condutor



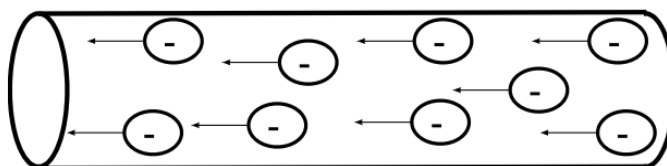
Fonte: Elaborada pelo autor.

No entanto, ao se estabelecer uma tensão (ddp) entre dois pontos de um fio condutor, se estabelece em seu interior um campo elétrico. Quando isto acontece, surgirá uma força elétrica sobre cada elétron livre que obrigará todos eles a se moverem em um único sentido, conforme Figura 11. Esse movimento ordenado dos portadores de cargas elétricas denomina-se “corrente elétrica”<sup>20</sup>. Assim, define-se *corrente elétrica* como o fluxo ordenado dos portadores de cargas elétricas.

<sup>19</sup> De maneira simplificada, podemos definir trabalho como a quantidade de energia transformada em determinado deslocamento.

<sup>20</sup> No decorrer do texto, por simplicidade, denotaremos corrente elétrica simplesmente por corrente.

Figura 11 - Movimento dos elétrons livres, após ser estabelecida uma tensão entre seus extremos

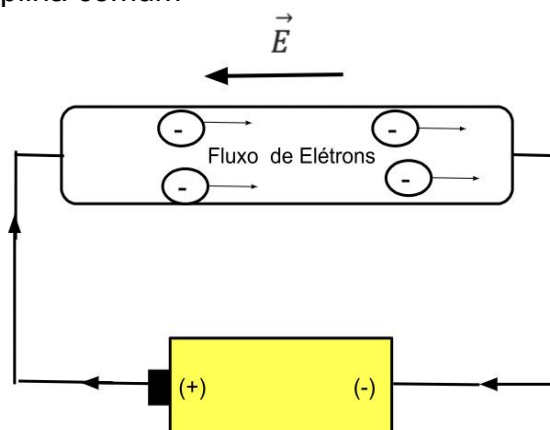


Fonte: Elaborada pelo autor.

A corrente elétrica é dita *real* quando temos os portadores de carga elétrica se movendo no sentido contrário ao campo elétrico, como se pode observar na Figura 12, a seguir. A corrente é dita *convencional* quando temos cargas positivas se movendo no sentido do campo elétrico. Esta é a que adotaremos, a partir do próximo tópico, como comumente é utilizado no Ensino Médio.

No cotidiano, podemos exemplificar o surgimento de uma corrente elétrica quando ligamos às extremidades de uma pilha comum um fio metálico. Automaticamente, se estabelece, neste sistema, um campo elétrico e surgirá uma força elétrica que forçará todos os elétrons livres a se moverem em um único sentido, como na Figura 12. Este movimento ordenado de portadores de cargas elétricas poderá, por exemplo, acender uma pequena lâmpada ou fazer um motor de baixa potência<sup>21</sup> funcionar.

Figura 12 - Corrente elétrica estabelecida em um fio condutor, ao ser ligado às extremidades de uma pilha comum



Fonte: Elaborada pelo autor.

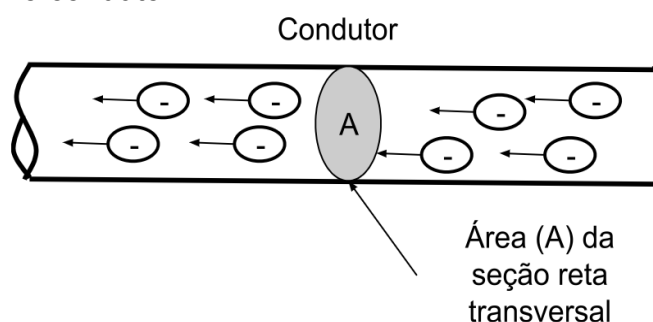
<sup>21</sup> Potência é a rapidez com a qual a energia é transformada, o que será discutido com mais detalhes no Item 2.1.9 (página 45).

Vale destacar que as extremidades da pilha são denominadas polos, sendo o de maior potencial elétrico o polo positivo e o de menor potencial elétrico o polo negativo.

É importante salientar que o responsável pelo deslocamento dessas cargas elétricas, ocasionando a corrente elétrica, é o campo elétrico e, para que surja a corrente em um condutor, é necessário que se estabeleça uma tensão entre suas extremidades.

O valor da corrente elétrica pode ser determinado pela quantidade de portadores de cargas que atravessam determinada área de seção reta transversal ( $A$ ). A Figura 13 ilustra os elétrons livres em um fio condutor que atravessam determinada área de seção reta transversal ( $A$ ).

Figura 13 - Elétrons livres que atravessam determinada área de seção reta transversal em um fio condutor



Fonte: Elaborada pelo autor.

A intensidade da corrente elétrica pode ser determinada pelo quociente entre a quantidade de carga elétrica  $\Delta Q$  que atravessa determinada área de seção reta transversal de um condutor (na Figura 13 representada por  $A$ ) em determinado tempo  $\Delta t$ , ou seja,

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

A unidade de medida de corrente elétrica é o ampère (A), em homenagem ao físico francês André-Marie Ampère (1775-1836), um dos precursores no estudo do eletromagnetismo.

O movimento dos elétrons livres em um fio condutor (corrente elétrica) se assemelha ao movimento da água dentro de um cano. Se o cano estiver obstruído ou se nele houver uma ruptura, a água não percorrerá um circuito fechado, ou seja,

não sairá de um ponto inicial e retornará a este mesmo ponto. Analogamente, para que haja corrente elétrica, além de obrigatoriamente se ter uma diferença de potencial, devemos ter um circuito elétrico fechado.

#### 2.1.8. Circuito Elétrico

Um *circuito elétrico* é constituído de vários dispositivos, tais como fios metálicos, geradores (pilhas, baterias) e receptores (lâmpadas, motores, eletrodomésticos). Quando o circuito está fechado<sup>22</sup>, os geradores estabelecem um campo elétrico no fio a ele conectado, fazendo com que a corrente elétrica o percorra. O fluxo da corrente irá permanecer enquanto houver diferença de potencial (tensão) entre os extremos do gerador, o que acontece somente com o circuito fechado.

Como relatado no Item 2.1.6 (página 40), tensão é a energia elétrica por unidade de carga. Assim, para manter o fornecimento de energia às cargas que chegam a um extremo da pilha, o polo (+), é necessário que ocorram, em seu interior, reações químicas, para que haja transformação de energia química em energia elétrica. Enquanto houver essas reações<sup>23</sup> haverá fluxo de corrente no circuito que transformarão a energia elétrica recebida em outras formas de energia para fazer funcionar dispositivos elétricos como, por exemplo, as lâmpadas incandescentes, que transformam energia elétrica em energia térmica e luminosa e os motores, que transformam energia elétrica em energia mecânica (energia de movimento).

Como mencionado, para que a corrente percorra o circuito, é necessário que ele esteja fechado, isto é, não deverá haver interrupções no caminho entre os fios condutores e os diferentes componentes daquele circuito. Caso o circuito esteja aberto, não haverá fluxo de corrente. Na Figura 14, ilustramos um circuito simples<sup>24</sup> e fechado percorrido por uma corrente elétrica  $i$  no qual temos uma pilha e uma lâmpada acesa.

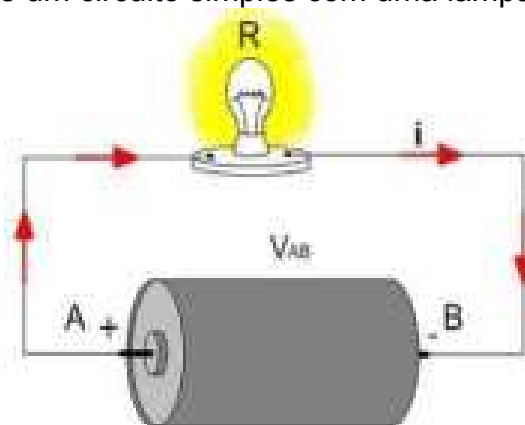
---

<sup>22</sup> Podemos abrir ou fechar um circuito por meio de uma chave. Para acender uma lâmpada em uma residência, por exemplo, isso é feito por meio de uma chave denominada interruptor.

<sup>23</sup> Quando não há mais essas reações químicas ou estas são insuficientes, dizemos que a pilha “descarregou”.

<sup>24</sup> No circuito simples, não há ramificações nos fios elétricos ligados ao gerador. A corrente elétrica sai do gerador e percorre somente um caminho até voltar a ele.

Figura 14 - Ilustração de um circuito simples com uma lâmpada e uma pilha



Fonte: Adaptada de Prepara Enem (2021).

É fato que o brilho de uma lâmpada incandescente depende da quantidade de corrente elétrica que passa através de seu filamento e isto está relacionado à potência elétrica por ela dissipada.

#### 2.1.9. Potência elétrica

De forma geral, *potência* ( $P$ ) é a rapidez com a qual uma força realiza trabalho ( $\tau$ ); ou seja, é a medida da energia transformada ( $\Delta E$ ) por unidade de tempo ( $\Delta t$ ). Em termos matemáticos, podemos estabelecer que:

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

Observando a relação que nos permite determinar a potência média, concluímos que sua unidade de medida é joules por segundo ( $\frac{J}{s}$ ), que foi denominada watt ( $W$ ). Dessa forma, podemos perceber, pela unidade de medida  $\frac{J}{s}$ , que potência é a medida da energia transformada por unidade de tempo.

De acordo com o exposto, entendemos que *Potência elétrica* é a medida da quantidade de energia elétrica “fornecida” ou “consumida”<sup>25</sup> por dispositivos presentes nos circuitos elétricos em determinado tempo. Então, a potência elétrica útil pode ser entendida como a conversão de energia elétrica em outra forma de energia útil ao ser humano.

<sup>25</sup> Na realidade não se fornece e nem se consome energia, ela é apenas transformada de uma forma em outra.

No cotidiano, ouvimos algumas vezes a palavra "potência" como ao dizermos que o motor de um carro é mais potente que o motor de outro carro, sendo o mais potente mais rápido que o menos potente, ao observarmos seus movimentos num mesmo tempo. Esta mesma comparação é observada nos motores elétricos presentes em eletrodomésticos, como, por exemplo, ventiladores e máquinas de lavar roupas. No caso de uma lâmpada elétrica, a potência indicada pelo fabricante nos informa o quanto de energia por unidade de tempo ela necessita do circuito ao ser ligada à diferença de potencial elétrico adequada, ou seja, quanto mais potente ela for, mais energia elétrica ela necessita do circuito.

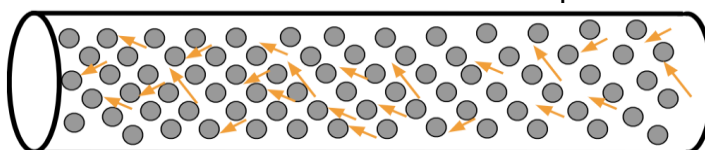
De forma análoga, no chuveiro elétrico, quanto maior for a sua potência elétrica, maior será o "consumo" de energia e, conseqüentemente, maior será a quantidade de calor que ele fornece para aquecer a água. Assim, podemos estabelecer uma comparação direta entre "Potência elétrica" e a velocidade de rotação de um eixo de um motor elétrico, a conversão de energia em uma lâmpada e também a relacionar com a temperatura de aquecimento da água que sai de um chuveiro.

Nos circuitos elétricos, a dissipação de potência por lâmpadas, motores e chuveiros também está relacionada à forma como a corrente elétrica percorre o circuito, o que nos leva a outro conceito importante no estudo da eletricidade: resistência elétrica.

#### 2.1.10. Resistência elétrica

Todo corpo é constituído por átomos e, sendo assim, os átomos que constituem um fio metálico oferecem oposição à passagem da corrente elétrica através dele. Esta oposição à passagem da corrente elétrica denomina-se *resistência elétrica*, conforme exemplificado na Figura 15.

Figura 15 - Colisões dos elétrons livres com os átomos que constituem o fio metálico



Fonte: Elaborada pelo autor.

Uma ideia que utilizamos com frequência neste trabalho é o conceito de *Resistência Elétrica*<sup>26</sup>. Ribeiro da Luz e Álvares (2016) enunciam que “[...] para caracterizar a oposição que um condutor oferece à passagem de corrente através dele, define-se uma grandeza denominada Resistência elétrica” (RIBEIRO DA LUZ; ÁLVARES, 2016, p.92). No PET Volume II Física - Semana 3, p. 74, encontramos como definição de resistência elétrica: “[...] a capacidade de um corpo de opor-se à corrente elétrica”. (MINAS GERAIS, 2020). Sendo assim, tomamos essas definições como formais e as utilizaremos como referência para nossa análise de dados.

A resistência elétrica ( $R$ ) entre dois pontos A e B de qualquer condutor é a razão entre a diferença de potencial ( $V_{AB}$ ) – tensão – e a intensidade da corrente elétrica ( $i$ ) que o percorre, ou seja,

$$R = \frac{V_{AB}}{i}$$

No SI, a unidade de medida de resistência elétrica é o Volt por Ampère ( $\frac{V}{A}$ ), chamada de ohm em homenagem ao físico alemão George Simon Ohm e representada pela letra grega maiúscula ômega ( $\Omega$ ).

A Figura 16 ilustra uma resistência elétrica utilizada em diversos dispositivos elétricos, como nos chuveiros elétricos e nas lâmpadas incandescentes.

Figura 16 - Resistência elétrica transformando energia elétrica em energia térmica e luminosa



Fonte: Foxlux (2021).

Quando o valor da resistência elétrica não varia em um circuito, dizemos que esta resistência obedece à *1ª lei de Ohm*. Esta lei pode assim ser enunciada: “A corrente elétrica que atravessa um dispositivo qualquer é sempre diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada a esse dispositivo” (RIBEIRO DA LUZ;

<sup>26</sup> No decorrer do texto, por simplicidade, denotaremos resistência elétrica simplesmente por resistência.

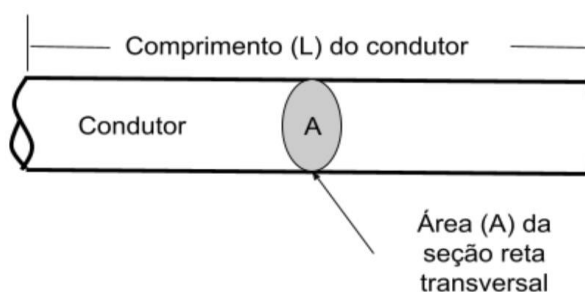
ÁLVARES, 2016, p.98). Neste caso, percebemos que a constante de proporcionalidade obtida da razão entre a tensão aplicada e a corrente elétrica é a resistência elétrica, ou seja,

$$\frac{V_{AB}}{i} = R$$

Em geral, os condutores metálicos obedecem a 1ª lei de Ohm; ou seja, a resistência elétrica permanece constante, independentemente da diferença de potencial elétrico aplicada a este condutor. Estes condutores são chamados de condutores ôhmicos. No Ensino Médio, se trabalha com maior ênfase estes tipos de condutores.

A resistência elétrica também pode ser determinada em função das características deste condutor, que são o seu comprimento ( $L$ ), o material de que é feito representado pela condutividade elétrica ( $\rho$ ), e de sua área de seção transversal ( $A$ ), conforme Figura 17.

Figura 17 - Condutor de comprimento  $L$  e área  $A$  de seção reta transversal



Fonte: Elaborada pelo autor.

O valor da resistência elétrica é diretamente proporcional ao seu comprimento ( $R \propto L$ )<sup>27</sup> que, no SI, é dado em metros ( $m$ ). Então, quanto maior o comprimento de um fio, maior o valor de sua resistência; ou seja, maior será a dificuldade da corrente elétrica em transpor essa resistência de um ponto a outro.

Cada material possui um valor de condutividade elétrica. Alguns materiais resistem mais à passagem da corrente elétrica do que outros, o que está relacionado com a disposição dos átomos no interior deste condutor. O valor da resistência elétrica também é diretamente proporcional à resistividade elétrica do

<sup>27</sup> O símbolo matemático  $\propto$  indica proporcionalidade.

material ( $R \propto \rho$ ), que no SI é dada em ohm.metro ( $\Omega.m$ ). A Tabela 1 mostra o valor da resistividade elétrica para alguns materiais.

Tabela 1 - Condutividade de alguns materiais em  $\Omega. m$

MATERIAIS	RESISTIVIDADE $\Omega. m$
Prata	$1,6 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,6 \times 10^{-8}$
Ferro	$1,0 \times 10^{-7}$
Quartzo	$7,5 \times 10^{15}$

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os elementos químicos ouro e prata possuem resistividade elétrica mais baixa do que o cobre, sendo, portanto, excelentes condutores; porém, devido ao custo elevado, não é utilizado em larga escala na confecção de fios para condução de cargas elétricas.

A grandeza física que determina o valor da resistência elétrica é a área ( $A$ ) da seção transversal do condutor. No SI, a unidade de medida desta grandeza física é o metro quadrado ( $m^2$ ). Quanto maior for a área de seção transversal, menor será a dificuldade que a corrente elétrica encontrará para transpor a resistência; o que mostra ser esta grandeza inversamente proporcional ao valor da resistência, ou seja,

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

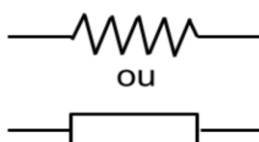
Quando temos uma grandeza proporcional a várias outras, como no caso da resistência elétrica, esta grandeza é proporcional ao produto das demais:

$$\begin{aligned} R &\propto L \\ R &\propto \rho \\ R &\propto \frac{1}{A} \\ R &\propto \frac{\rho L}{A} \end{aligned}$$

Para transformarmos uma proporcionalidade em uma igualdade, devemos incluir uma constante de proporcionalidade. Neste caso, a constante de proporcionalidade é a resistividade elétrica. Assim, essas grandezas físicas estão relacionadas pela equação  $R = \frac{\rho \cdot L}{A}$ , conhecida como a *Segunda Lei de Ohm*.

Para facilitar a visualização de dispositivos elétricos em um circuito, podemos representá-los geometricamente, o que designaremos de símbolos. A Figura 18 representa dois símbolos utilizados para representar uma resistência elétrica em um circuito.

Figura 18 - Símbolos que representam resistência elétrica



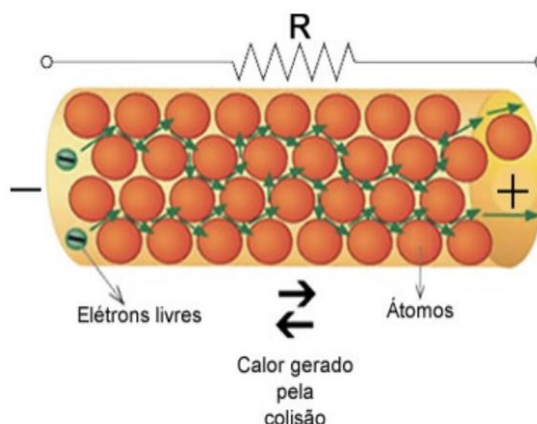
Fonte: Elaborada pelo autor.

É importante ressaltar que qualquer dispositivo elétrico oferece resistência à passagem da corrente elétrica, ou seja, possui resistência elétrica. No entanto, as resistências são essenciais para o funcionamento de dispositivos elétricos que transformam energia elétrica em energia térmica, como nas lâmpadas incandescentes e nos chuveiros. Dispositivos elétricos como esses funcionam por meio do que denominamos “efeito joule”.

#### 2.1.11. O efeito Joule

Quando a corrente elétrica percorre um condutor, ocorrem colisões entre as cargas elétricas (no caso dos fios condutores os elétrons livres) e os átomos que constituem este material, conforme mostrado na Figura 19. Essas colisões provocam aumento no grau de vibração destes átomos, ou seja, transformam energia de movimento em energia térmica. Desta forma, há aumento na temperatura do condutor, o que caracteriza um fenômeno denominado “Efeito Joule”.

Figura 19 - Colisões entre os elétrons livres e os átomos que constituem o material condutor



Fonte: Bobbywill (2021).

Apesar de sempre ocorrer o efeito joule quando do funcionamento de aparelhos elétricos, para certos aparelhos eletrodomésticos como ventiladores, televisores e refrigeradores, o efeito joule é prejudicial, porque dissipa a energia térmica, aquecendo-os; por outro lado, para outros aparelhos denominados resistores, é essencial para o seu funcionamento.

#### 2.1.12. Resistores elétricos

No cotidiano, utilizamos vários aparelhos elétricos como televisores, celulares, liquidificadores, computadores, geladeiras, ferro de passar roupa, chuveiro elétrico, secador de cabelo, dentre outros. Observamos que os televisores, celulares, liquidificadores e geladeiras têm objetivos distintos dos demais dispositivos elétricos mencionados. O objetivo do televisor e do celular é, basicamente, transformar energia elétrica em energia luminosa; o objetivo do liquidificador é transformar energia elétrica em energia de movimento; e o da geladeira, é o de resfriar os alimentos nela inseridos.

É fato que todos estes dispositivos aquecem devido à resistência elétrica; no entanto, não transformam energia elétrica essencialmente em calor. Por outro lado, a função do ferro de passar roupa, do chuveiro elétrico e do secador de cabelo é gerar calor. Aparelhos elétricos como estes são denominados *resistores*, cuja função básica é oferecer oposição à passagem da corrente elétrica. “Como consequência direta dessa função, os resistores transformam energia elétrica em energia térmica,

conhecido como efeito térmico ou efeito joule” (RIBEIRO DA LUZ; ÁLVARES, 2016, p.95).

Em determinadas situações, é necessário controlar a quantidade de corrente elétrica que percorre um condutor, o que é feito por um dispositivo elétrico denominado “reostato”.

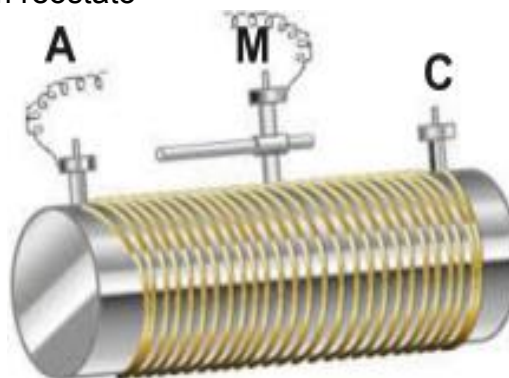
### 2.1.13. Reostato

Em situações corriqueiras, fazemos uso de reostatos, como ao aumentar ou diminuir o volume de uma televisão ou mesmo mudar a chave seletora de um chuveiro elétrico para aquecer um pouco mais a água que flui através dele. Isso é feito variando a resistência elétrica por meio de um “[...] reostato que são resistores que permitem aumentar ou diminuir a intensidade da corrente em um circuito” (RIBEIRO DA LUZ; ÁLVARES, 2016, p. 97).

Como observamos na 2ª lei de Ohm ( $R = \frac{\rho L}{A}$ ), podemos alterar o valor da resistência elétrica variando seu comprimento, utilizando materiais de resistividades diferentes ou variando a sua área. Em geral, a maneira mais simples de se variar a resistência elétrica em um circuito é variar o comprimento da resistência elétrica por meio de um reostato.

A variação no comprimento da resistência pode ser realizada pela movimentação mecânica de um cursor que pode estabelecer contato com a resistência em diversos pontos, controlando, assim, a quantidade de corrente elétrica que o percorre. A Figura 20 representa um reostato e nele destacamos 3 (três) pontos: (A), (M) e (C). Os pontos (A) e (C) são os extremos da resistência e o ponto (M) representa o ponto médio dessa resistência sobre o qual podemos estabelecer contato por meio de um cursor, de forma a diminuir o comprimento da resistência.

Figura 20 - Figura de um reostato



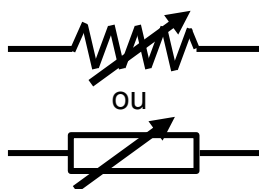
Fonte: Adaptado de Brasil Escola (2021).

Quando o ponto (M) coincide com o ponto (C), podemos observar que a corrente elétrica percorre toda a resistência e, neste caso, temos o menor valor para a intensidade da corrente elétrica. Quanto mais o ponto (M) se aproxima do ponto (A), menor o comprimento da resistência elétrica e, conseqüentemente, maior o valor da corrente elétrica que o atravessa.

Se o reostato da Figura 20 fosse a chave seletora de um chuveiro elétrico que permite o colocar na situação inverno/verão, a água estaria mais quente quando esta estivesse posicionada no ponto (M), ou seja, quando na resistência tem menor comprimento e é percorrida por uma maior quantidade de corrente.

Como relatado, os elementos presentes em um circuito podem ser representados por meio de símbolos. A Figura 21 mostra duas formas de se representar um reostato em um circuito.

Figura 21 - Símbolo que representa resistência variável (reostato)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Outro elemento elétrico indispensável para o funcionamento dos dispositivos elétricos são os geradores, como as pilhas comuns ou uma hidroelétrica. Estes elementos transformam algum tipo de energia em energia elétrica. Na Figura 22,

mostramos o símbolo utilizado para representar pilhas em um circuito elétrico, sendo o traço maior correspondente ao polo positivo e o traço menor, ao polo negativo.

Figura 22 - Representação de uma pilha ou bateria no circuito



Fonte: Elaborada pelo autor.

As lâmpadas podem ser representadas em um circuito, dentre outras formas, por meio do símbolo mostrado na Figura 23:

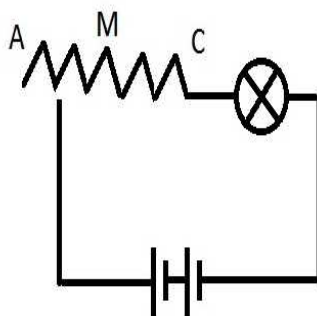
Figura 23 - Representação de uma lâmpada no circuito



Fonte: Elaborada pelo autor.

Além dos símbolos mostrados na Figura 21 (página 53) para representar um reostato, alguns autores utilizam uma resistência (no caso da Figura 24, representada pelos pontos A, M e C), na qual se destacam alguns pontos. A Figura 24, portanto, mostra um exemplo no qual se tem uma resistência elétrica variável (reostato), que pode ser conectada em qualquer ponto de (A) a (C), um gerador (duas pilhas) e uma lâmpada.

Figura 24 - Esquema elétrico de um circuito simples do tipo reostato



Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a relação  $R = \frac{\rho L}{A}$ , outra possibilidade para variar o valor de uma resistência elétrica ( $R$ ) é a substituição da resistência por outra, confeccionada com material diferente. Observamos, na Tabela 1 (página 49), que cada material possui uma resistividade elétrica própria ( $\rho$ ). Destacamos que a substituição de uma resistência por outra não é um procedimento usual para variar a resistência e a corrente elétrica em um circuito, por ser pouco prático. Também podemos variar a quantidade de corrente elétrica que atravessa um circuito, ao modificar a área de seção reta transversal ( $A$ ). Neste caso, devemos mudar a bitola<sup>28</sup> do condutor que o constitui. Isto pode ser verificado em uma residência cujos fios elétricos que conduzem a corrente para o chuveiro elétrico devem ter diâmetros maiores que os demais fios, porque este aparelho necessita de uma quantidade maior de corrente elétrica para funcionar.

Nos dispositivos que funcionam por meio do efeito joule, a resistência elétrica tem a forma de uma hélice cilíndrica (como uma mola). O objetivo dessa ser em hélice cilíndrica é aumentar consideravelmente o comprimento em um espaço pequeno. Na Figura 25, tem-se a figura de uma resistência elétrica de um chuveiro elétrico.

Figura 25 - Resistência interna presente nos chuveiros elétricos



Fonte: Blukit (2021).

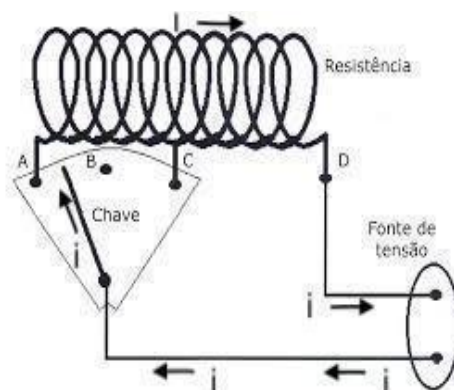
Muitos destes chuveiros têm uma chave seletora que permite variar mecanicamente a intensidade da corrente que o atravessa. Ou seja, possui um reostato que permite mudar a temperatura da água, ao selecionar as posições

---

<sup>28</sup> Denominação para a seção/área de um fio/cabo elétrico, ou seja, quando falamos sobre a bitola de um fio, nos referimos à grossura/espessura do mesmo.

inverno, verão ou mesmo o desligar. A Figura 26 mostra o esquema de um reostato utilizado em determinados chuveiros elétricos.

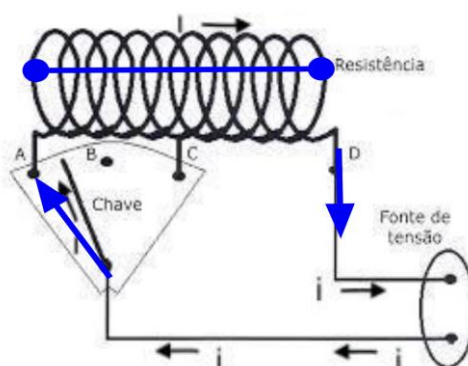
Figura 26 - Esquema de um reostato presente internamente em um chuveiro elétrico



Fonte: Adaptada de Nacional Online (2022).

No caso da Figura 26, a chave seletora pode estabelecer contato nos pontos A, B e C. Ao posicionar o cursor na posição A, a resistência elétrica terá o maior comprimento (Figura 27). Como a resistência é diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional ao valor da corrente, teremos, no ponto A, o menor valor de corrente elétrica e, assim, haverá menor dissipação de potência por efeito joule e a água em contato com a resistência se aquecerá menos, estando a chave do chuveiro, portanto, na posição “verão”.

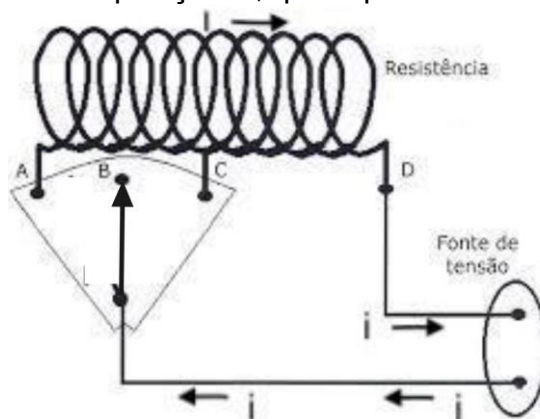
Figura 27 - Reostato presente no chuveiro ligados no valor da resistência máxima



Fonte: Adaptada de Nacional Online (2022)

Ao estabelecermos a ligação na posição B, conforme mostrado na Figura 28, a corrente elétrica será cortada, o circuito elétrico estará aberto e não teremos corrente no circuito. Então, a chave seletora estará na posição "desligada".

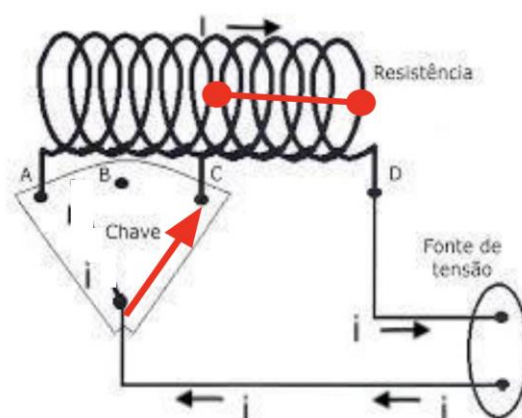
Figura 28 - Chave seletora na posição B, que representa circuito aberto



Fonte: Adaptada de Nacional Online (2022)

Ao estabelecermos a ligação na posição C, conforme mostrado na Figura 29, a resistência elétrica terá o menor comprimento. Neste caso, o circuito será percorrido com o maior valor de corrente elétrica, o que acarretará maior dissipação de potência por efeito joule e a água, em contato com a resistência, aquece mais. Teremos, então, a chave colocada na posição "inverno".

Figura 29 - Reostato presente no chuveiro ligados no valor da resistência **mínima**



Fonte: Adaptada de Nacional Online (2022).

Podemos verificar que o aquecimento da água em um chuveiro ou o brilho de uma lâmpada incandescente está relacionado à potência dissipada por efeito joule na resistência elétrica.

#### 2.1.14. Potência elétrica

No item 2.1.6 (página 40), definimos potencial elétrico ( $V$ ) como a energia potencial elétrica por unidade de carga elétrica em determinado ponto do espaço:

$$V = \frac{E_p}{q}$$

Da relação acima, chegamos a

$$E_p = Vq \quad (I)$$

Como mencionado no item “Campo elétrico” (página 38), o valor das cargas elétricas diminuem, na medida em que se afasta do centro da carga fonte. Uma carga de prova colocada em determinado ponto poderá se mover devido a uma força elétrica que atua sobre ela. A diferença de potencial entre dois pontos do campo elétrico é dada pelo valor do potencial elétrico em determinado ponto, subtraído do valor do potencial elétrico em outro ponto, ou seja:

$$U = V_{AB} = V_A - V_B$$

O trabalho da força elétrica para deslocar uma carga entre dois pontos ( $\tau_{A \rightarrow B}$ ) quaisquer do espaço também pode ser determinado pela variação da energia potencial elétrica entre estes dois pontos. Assim, para dois pontos A e B quaisquer do espaço, temos:

$$\tau_{A \rightarrow B} = \Delta E_{p_{AB}} = E_{p_A} - E_{p_B} \quad (II)$$

Substituindo a equação (I) na equação (II), temos:

$$\tau_{A \rightarrow B} = V_A \cdot q - V_B \cdot q = (V_A - V_B)q$$

Então, o trabalho da força elétrica é dado pela quantidade de energia elétrica disponível em um aparelho elétrico, quando ligado entre os pontos A e B durante um intervalo de tempo  $\Delta t$ , e é dada por:

$$\begin{aligned} \tau_{A \rightarrow B} &= \Delta E_p = V_{AB} \cdot q \\ \Delta E_p &= V_{AB} \cdot \Delta q \quad (III) \end{aligned}$$

Como definido anteriormente, a potência  $P$  é a rapidez com a qual a força realiza trabalho. Assim:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad (IV)$$

Da equação  $\Delta E = P \cdot t$ , percebemos que o “consumo” de energia elétrica em um aparelho elétrico depende unicamente da potência deste aparelho e do tempo em que ele permaneceu ligado.

Em eletricidade, ao substituirmos a equação (III) em (IV), podemos definir a potência desenvolvida por aparelho elétrico por:

$$P = \frac{\Delta E_p}{\Delta t} = \frac{V_{AB} \cdot q}{\Delta t} \quad (V)$$

Definimos corrente elétrica como a quantidade de portadores de carga que atravessam determinada área de seção reta transversal de um condutor:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (VI)$$

Ao substituirmos a equação (VI) em (V), temos:

$$P = V_{AB} \cdot i$$

Então, se um aparelho elétrico, ao ser submetido a uma diferença de potencial ( $V_{AB}$ ), for percorrido por uma corrente ( $i$ ), a potência desenvolvida nesse aparelho será dada pelo produto da tensão pela corrente elétrica.

No caso particular de aparelhos que funcionam por efeito Joule, ou seja, geram calor devido à passagem da corrente elétrica em um resistor, podemos determinar a potência dissipada pelo aparelho de outras duas formas:

$$V_{AB} = Ri \text{ (VII)}$$

$$P = V_{AB} \cdot i \text{ (VIII)}$$

Substituindo a equação (VII) em (VIII), temos:

$$P = Ri \cdot i = R \cdot i^2$$

Assim, para estes tipos de aparelhos, podemos determinar a potência dissipada em função da resistência elétrica e do quadrado da corrente elétrica que o percorre.

Outra forma de se determinar a potência elétrica em aparelhos elétricos que funcionam por efeito joule é dada em função da razão entre o quadrado da diferença de potencial (tensão) e o valor da resistência elétrica:

$$V_{AB} = Ri \Rightarrow i = \frac{V_{AB}}{R} \text{ (IX)}$$

$$P = V_{AB} \cdot i \text{ (VIII)}$$

Substituindo (IX) em (VIII), temos:

$$P = V_{AB} \cdot i = V_{AB} \cdot \frac{V_{AB}}{R} = \frac{V_{AB}^2}{R}$$

Assim, percebemos que, para aparelhos elétricos que transformam energia elétrica especificamente em calor, ou seja, que funcionam por efeito joule, o valor da potência dissipada pode ser determinado de três formas:

1.  $P = V_{AB} \cdot i$
2.  $P = R \cdot i^2$
3.  $P = \frac{V_{AB}^2}{R}$

Vale destacar que a equação 1 pode ser utilizada para determinar a potência dissipada por qualquer aparelho elétrico.

Quando tratamos o assunto em sala de aula, não é incomum percebermos que alunos estabelecem uma relação direta entre o comprimento da resistência e a potência dissipada por efeito joule sem analisarem a intensidade da corrente elétrica

que o atravessa. Muitos concluem que um aumento no comprimento da resistência elétrica acarreta em uma maior dissipação de calor por efeito joule, o que não é verdade. Ao diminuirmos o comprimento da resistência elétrica, aumentamos a corrente elétrica, ou seja, a quantidade de portadores de carga elétrica que colidem com os átomos presentes no fio condutor (resistência elétrica), fazendo com que estes vibrem com maior intensidade, gerando uma maior quantidade de calor. Este equívoco nos levou a este estudo em questão e será discutido nos próximos capítulos.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, apresentamos algumas pesquisas que abordam temas e metodologias que são, de alguma forma, importantes para a realização do nosso estudo.

Com o objetivo de *investigar se uma intervenção, tendo como suporte a metodologia da Sala de Aula Invertida, é uma abordagem que permite superar fatores de conflito potencial e enriquecer imagens de conceito de resistores elétricos de um grupo de estudantes da terceira série do Ensino Médio*, procuramos na literatura pesquisas que como a nossa utilizam experimentos como suporte para a aprendizagem – em especial que trabalham o tema resistores elétricos – e estudos que têm, como pano de fundo para a aprendizagem, a metodologia da SAI.

Para nossas buscas, utilizamos as plataformas de pesquisas Google Acadêmico, SciELO e CAPES. As buscas foram realizadas por meio das palavras-chaves: “atividade prática; resistores elétricos; aulas de física”. Nessas buscas, encontramos apenas as pesquisas de Baião, Amaral e Veraszto (2017), França e Barbosa (2018), Oliveira *et al.* (2020), que abordaram o tema, qual seja, ensino de resistores elétricos de forma prática nas aulas de Física do Ensino Médio. Também observamos os referenciais das pesquisas por nós encontradas sobre o tema “Resistores Elétricos”.

Como o nosso intuito com a intervenção, foi o de que pudessem compreender o tema resistores elétricos e que a aprendizagem se desse de forma significativa. Assim, no que segue, tratamos um pouco sobre aprendizagem significativa.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1976), a aprendizagem significativa deve levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos. Este fato é corroborado por Klausen (2017), quando relata que, para ocorrer a aprendizagem de determinado assunto, este deve estar pautado nas vivências pessoais do estudante, de modo que faça sentido para o aluno e, assim, ocorra uma aprendizagem significativa.

Aprendizagem significativa é, obviamente, aprendizagem com significado. Mas isso não ajuda muito, é redundante. É preciso entender que a aprendizagem é significativa quando novos

conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos, fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, quando ele ou ela é capaz de explicar situações com suas próprias palavras, quando é capaz de resolver problemas novos, enfim, quando compreende (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1976, p.2).

O autor defende, assim como faz Charlot (2005), que um fator de extrema relevância para a aprendizagem significativa é que o aluno precisa ter vontade de aprender e apresentar esforço deliberado. Talvez essa vontade de aprender possa estar associada à metodologia adotada pelo professor ao abordar determinado tema. Nesse sentido, Laburú (2006) defende que a motivação dos alunos para aprender está ligada à eficiência da estratégia adotada pelo docente.

Uma estratégia adotada para essa motivação dos aprendizes talvez resida nas atividades experimentais e também é possível que essas tenham potencial para uma aprendizagem significativa dos alunos.

Nessa direção, autores como Araújo e Abid (2003) defendem que o uso de experimentos em sala de aula pode contribuir para uma maior compreensão de conteúdos por parte dos alunos, e ressaltam tal método como positivo para a aprendizagem.

Os mesmos autores, ao explicitarem sobre experimentos como um método a ser utilizado no ensino de Física, no que diz respeito ao direcionamento, classificam as atividades experimentais em três grupos: demonstração, verificação e investigação, os quais podem ser utilizados quando houver tal atividade. Para os autores, tais direcionamentos podem ser utilizados com grande potencial de êxito em atividades do tipo propostas aos estudantes. Apontam, ainda, que o uso de tais atividades experimentais, como estratégia de ensino do conteúdo de Física, é considerado por muitos professores como eficaz para reduzir as dificuldades nos processos de ensino e de aprendizagem de maneira significativa e consistente.

Para Charlot (2005), a atividade experimental visa esclarecer a relação do saber com o mundo, com o outro e consigo, ou seja, as relações de um sujeito em confronto com a necessidade de aprender.

Baseados em nossa vivência enquanto docente, percebemos que a aprendizagem da Física é complexa para alguns estudantes e, por isso, estes devem ser estimulados para que tenham maior possibilidade de êxito, o que pode ser facilitado por meio de experimentos. Corroboramos com Borges (2002) quando

relata acreditar que esse método de aprendizagem é capaz de favorecer o protagonismo do aluno. O autor considera que a riqueza das atividades experimentais pode proporcionar aos estudantes a oportunidade para o manuseio de coisas e objetos num exercício de simbolização ou representação, para se atingir a conexão com o conteúdo proposto.

Entendemos que um dos fatores que deve ser considerado nas práticas experimentais é o custo do material a ser adquirido para a realização do experimento. Com materiais de baixo custo e até recicláveis é possível construir aparatos simples e que tenham potencial de explorar conceitos da Física para a aprendizagem significativa de determinado tema, como assim o procuramos fazer para realizar a nossa intervenção. Nesse sentido, Paraná (2008) ressalta que uma experiência que permite a manipulação de materiais pelos estudantes ou uma demonstração experimental pelo professor nem sempre precisa estar associada a um aparato caro e sofisticado.

No que segue, apresentamos algumas pesquisas que exploram o assunto resistores elétricos e/ou utilizam experimentos com foco no processo de ensino e de aprendizagem de determinado conteúdo.

Para explorar o tema resistores elétricos, Oliveira *et al.* (2020, p.2) propuseram, em seu trabalho, a construção de uma bancada com circuitos elétricos utilizando materiais de fácil acesso que simulam os circuitos elétricos. O trabalho intitulado "Desenvolvimento de uma bancada elétrica utilizando associação de resistores", visou que "o usuário possa perceber a relação entre teoria e prática ao relacionar as equações teóricas com os resultados práticos que podem variar devido às propriedades intrínsecas dos componentes usados". Ainda segundo os autores, o uso da bancada se deu pela necessidade de tornar o estudo mais concreto e mais próximo da realidade do aluno. Durante o desenvolvimento, os alunos construíram uma bancada contendo um circuito com lâmpadas de LED e lâmpadas fluorescentes, que são facilmente encontradas, para simular, na prática, um circuito elétrico que tornasse possível variar e analisar a corrente elétrica no circuito.

Segundo os autores, a construção desta bancada foi um acréscimo para o aprendizado dos estudantes que dela participaram, pois puderam conciliar a teoria com a prática. Ainda descrevem que a construção do projeto foi benéfica, pois propiciou, na prática, o uso dos conhecimentos adquiridos e possibilitou aos alunos

uma oportunidade, durante as aulas de Física, de manuseio destes materiais, o que se alinha com nossas ideias durante a realização da intervenção, quando convidamos os alunos a realizarem a montagem de um circuito simples.

Outro artigo, o de França e Barbosa (2018), também trata do tema resistores elétricos no estudo da Física. Os pesquisadores se referem ao processo de ensino como dinâmico e que às vezes esbarra na falta de recursos para inovar as aulas. Os autores citam que a disciplina de Física está inserida nesse contexto e a falta de recursos acaba desmotivando os professores e alunos durante o processo de inovação. Como uma alternativa a esta realidade, os autores sugerem que o professor utilize sucatas de placas eletrônicas como uma forma de obtenção de recursos que possa ser utilizado como auxílio em aulas práticas, para ensinar resistores elétricos e eletricidade.

Em seu trabalho intitulado "O uso de sucatas e placas eletrônicas como protótipos para o ensino e aprendizagem de resistores", França e Barbosa (2018, p.1), da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), tiveram como objetivo "identificar processos de aprendizagem que incorpore sucata de placas eletrônicas no ensino de resistores e eletricidade no Ensino Fundamental de escolas públicas, atendo aos critérios da Taxonomia de Bloom e o espírito científico de Bachellard".

O dispositivo eletrônico proposto pelos autores visou despertar o interesse dos alunos por temas como energia elétrica, corrente elétrica, lâmpadas elétricas e demais aparelhos industriais que funcionam à base de energia elétrica. A pesquisa aponta para a necessidade de inovar o ensino de Física para tornar as aulas mais atrativas e motivadoras. Estes argumentos também pautam a justificativa para o desenvolvimento de nossa pesquisa.

Os mesmos autores ainda concluem que, para que as placas eletrônicas sejam adequadas para a utilização durante o ensino de Física, é importante que sejam utilizadas de modo a despertar a curiosidade e possam reproduzir situações vivenciadas no cotidiano dos alunos. Segundo os autores, o uso destas placas de circuito elétrico simulando resistores permite uma motivação no processo de ensino e de aprendizagem, além de admitir uma concepção transformadora durante as aulas de Física.

Em outro artigo sobre tema, intitulado de "Proposta de aula experimental sobre lei de ohm e resistores para o Ensino Médio utilizando o *Scratch for Arduino*",

os autores Baião, Amaral e Veraszto (2017, p.1) relatam uma aula experimental com alunos do Ensino Médio usando tecnologia para ensinar o tema resistores elétricos. O objetivo do trabalho foi o de "utilizar o construcionismo para incorporar o *Scratch for Arduino* em atividades experimentais nas aulas de Física com o intuito de desenvolver os conhecimentos específicos em física e habilidades dos alunos no manejo de tecnologias educacionais". Segundo os autores, a literatura por eles pesquisada evidencia a necessidade de desenvolver atividades práticas para auxiliar no Ensino de Física.

A escolha do *Scratch for Arduino*, de acordo com os autores, possibilitou o aprendizado da Lei de Ohm e Resistores de forma experimental, por meio do desenvolvimento do *software* que permitiu alterações de variáveis, possibilitando uma visão prática sobre o tema resistores elétricos.

Os autores concluem relatando que o aluno nem sempre consegue relacionar os conceitos de resistores elétricos ao seu cotidiano, ou às aplicações práticas que eles proporcionam. Ainda relatam que é preciso investir no desenvolvimento de novas propostas educacionais que envolvam os estudantes de maneira prática, ativa e possibilitem uma aprendizagem significativa. Compactuamos com essas ideias, pois entendemos que práticas nas aulas de Física contribuem para a aprendizagem de conceitos físicos.

Tratamos, a seguir, da metodologia da Sala de Aula Invertida (*flipped classroom*), da qual utilizamos algumas de suas proposições em nossa intervenção. Tal discussão se mostra relevante, pois estudiosos propõem modelos educacionais que visem promover o protagonismo do aluno no processo de ensino e de aprendizagem, como assim procuramos fazer em nossa intervenção.

Bishop e Verleger (2013) definem SAI como uma metodologia que consiste em: atividades de aprendizagem interativas em sala de aula e orientação individual baseada em uso de recursos tecnológicos fora da sala de aula. Uma característica marcante da SAI, segundo os autores, é não utilizar o tempo em sala de aula para ministrar somente aulas expositivas.

Staker e Horn (2012) apresentam uma definição para essa modalidade de ensino e uma diversidade de formas de uso. Eles definem *blended learning* como uma metodologia de educação formal que possui momentos em que o aluno estuda os conteúdos e instruções usando recursos *on-line*, e outro momento em que o

ensino ocorre em uma sala de aula, favorecendo a interação entre alunos e professores.

De acordo com Bransford, Brown e Cocking (2000), o fato de o aluno poder se preparar antes do encontro presencial é uma importante etapa do processo de aprendizagem, e que no ensino tradicional o aluno a realiza após a aula.

Identificamos que no Brasil existem pesquisadores explorando o potencial da metodologia da Sala de Aula Invertida, como o professor Dr. José Armando Valente, pesquisador do Departamento de Multimeios, Mídia e Comunicação do Instituto de Artes da Unicamp e pesquisador do Núcleo de Informática Aplicada à Educação da mesma universidade.

Para Valente,

[...] a sala de aula invertida é uma modalidade de *e-learning* na qual o conteúdo e as instruções são estudados *on-line* antes de o aluno frequentar a sala de aula, que agora passa a ser o local para trabalhar os conteúdos já estudados, realizando atividades práticas como resolução de problemas e projetos, discussão em grupo, laboratórios, etc. (VALENTE, 2014, p.85).

Nessa mesma vertente, autores como Bransford, Brown e Cocking (2000) já afirmavam que o acesso antecipado ao material a ser trabalhado por professor em sala pelo estudante pode proporcionar um ganho de aprendizagem significativa desse conhecimento.

Para os autores Moran e Milsom (2015), embora o modelo de SAI tenha sido apresentado de diferentes maneiras, frequentemente é atribuída a Bergmann e Sams (2018) a aplicação dessa metodologia em suas aulas de ciências do Ensino Médio a partir de 2006.

Bergmann e Sams (2018) associam a metodologia ativa da SAI com a tecnologia, ao utilizarem de uma gravação do conteúdo a ser estudado em formato de vídeo. Este formato nos orientou para a gravação do vídeo sobre resistores elétricos, disponibilizado aos estudantes por meio de um link antes da aula presencial.

Para Bergmann e Sams (2018, p.75),

[...] vídeos pré-gravados criaram um ambiente em que o ônus da repetição foi transferido para os alunos, conforme as próprias necessidades. Não mais precisa o professor repetir pessoalmente todos os tópicos. Os alunos podem simplesmente ver e rever o vídeo, ou se aprofundarem no conteúdo. Assim, o professor tem condições de se dedicar aos alunos que mais precisam de instrução adicional individual.

Criamos o vídeo sobre o tema de resistores elétricos associado à metodologia ativa da SAI com a utilização de tecnologia. Em seguida, enviamos ao aluno de forma antecipada o *link* para que pudesse acessá-lo. Ressaltamos a importância do vídeo como um material informativo do tema a ser tratado em sala de aula, como preconiza a metodologia da SAI.

Para Bergmann e Sans (2018), na parte realizada *on-line*, o aluno pode criar a possibilidade de controlar quando, onde, como e com quem vai estudar. Segundo os autores, no caso do *blended learning*, o conteúdo e as instruções devem ser elaborados especificamente para o tema a ser tratado em sala, ao invés de usar qualquer material que o aluno acessa na *internet*. Além disso, a parte presencial deve necessariamente contar com a supervisão do professor, com a finalidade de valorizar as interações interpessoais e complementar as atividades *on-line*, proporcionando um processo de ensino e de aprendizagem personalizado.

Em sua obra, Bergmann e Sams (2018) descrevem, em seus relatos, a metodologia utilizada por eles, da qual podemos destacar alguns pontos:

- O estudante tem contato com a gravação do conteúdo a ser estudado em formato de vídeo antes de este ser debatido em sala de aula. Com isso, o estudante pode verificar o que precisa de mais atenção e criar questões que poderão ser debatidas em sala de aula.
- O aluno poderá planejar, no seu ritmo, como aproveitar o momento presencial com os colegas e o professor.
- O vídeo gravado poderá ser assistido pelo aluno quantas vezes forem necessárias. Alguns destes pontos também são relatados por Educause (2012).

Moran e Milsom (2015) igualmente fizeram um estudo destacando os principais resultados encontrados em pesquisas que utilizaram a metodologia da SAI. Segundo estes autores, algumas dessas indicaram um melhor protagonismo do aluno durante o processo de ensino e de aprendizagem.

Em um artigo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil referente a este tema, os autores Oliveira, Araujo e Veit (2016), apresentaram a metodologia de ensino conhecida como SAI e diferentes métodos que permitem essa inversão no ensino do conteúdo de Física.

O artigo intitulado de: "Sala de aula invertida (*flipped classroom*): inovando as aulas de física", os autores propõem que "uma possível correção a essa dissonância se encontra na inversão da sala de aula". Segundo os autores, a inversão da sala de aula é possível no estudo dos conteúdos da Física e discutem os motivos que podem incentivar o professor de Física a modificar a sua prática, bem como as principais dificuldades que ele pode encontrar nesse percurso. (OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2016, p.4).

Os autores argumentam que as mudanças do processo de ensino e de aprendizagem possibilitaram o acesso e conectividade a um número maior de alunos com "acesso direto a informações em seus *smartphones*, *tablets* ou computadores, tão logo tenham algum interesse em buscá-las". (OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2016, p.4). Em suas conclusões, citam que a SAI lida com a heterogenia da sala de aula e auxilia os alunos no desenvolvimento da capacidade de reflexão e da habilidade em elaborar boas perguntas. Citam, ainda, que há diferentes métodos para "inverter" as aulas de Física e destacam a Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team-Based Learning*), na qual a ideia central é que os alunos sejam os protagonistas e se sintam responsáveis pela própria aprendizagem e pela dos colegas.

Apesar de encontrarmos atualmente muitas discussões sobre a SAI em *sites*, *blogs* e reportagens, Bishop e Verleger (2013) relatam certa falta de consenso sobre a sua definição exata, em decorrência de um número limitado de pesquisas acadêmicas sobre a sua eficácia.

Como nossa proposta parte da inquietude com o ensino e a aprendizagem de conceitos relativos a resistores elétricos, procuramos na SAI um suporte que talvez pudesse contribuir para a aprendizagem do tema explorado na intervenção.

O tema resistores elétricos trabalhado em sala se baseia em conceitos considerados por nós como sendo formais e os conceitos trazidos pelos participantes da pesquisa, comumente utilizados em suas experiências com situações que envolvem problemas de Física em seu cotidiano, podem ser

interpretados como conceitos físicos vivenciados em seu dia a dia. Isso permite que surjam argumentos e suposições que talvez possam evoluir sua resposta, após realizada nossa intervenção.

Ao trabalharmos os conceitos em sala de aula, utilizamos linguagens que tornam possível formular enunciados a respeito de conceitos individuais ou conceitos coletivos. Estes conceitos possibilitam a análise, aprendizagem, expansão ou mesmo a criação de novos conceitos. Um conceito pode ser acrescentado, excluído ou modificado por diversos meios. As modificações ocorridas nos conceitos ao longo do tempo tornam este processo dinâmico e contínuo, entendendo que essas modificações fazem parte da história da evolução humana.

Os conceitos trabalhados nos contextos educativos são marcados pela presença de alunos, professores e objetos mediadores (internet, livros, cadernos, experimentos etc.), e todos estes elementos influenciam entre si como um aparato para a transformação destes conceitos. Portanto, para os pesquisadores tornam-se elementos fundamentais para entender o papel dos alunos, professores, normas, sociedade, trabalho em equipe, produção e compartilhamento de significados.

Durante nossa revisão de literatura, encontramos autores que apontam as ações docentes que podem favorecer o ensino e a aprendizagem em grupo de forma participativa, tais como: dar suporte para o entendimento sobre determinado tema (CHIN; OSBORNE, 2008); a prática científica trabalhada em equipe pode possibilitar que os estudantes assimilem novos conceitos das Ciências, experiências e conhecimentos (AGUIAR; MORTIMER; SCOTT, 2010); fomentar debates no ambiente de ensino e de aprendizagem, que podem contribuir para a qualidade da aula, bem como criar um ambiente motivacional para que o estudante apresente interesse pelo tema. (CHIN; BROWN; BRUCE, 2002).

Em nossas buscas não encontramos trabalhos que estivessem diretamente relacionados ao tema resistores elétricos da forma como abordamos o assunto em nossa intervenção, ou seja, utilizando experimentos e a SAI como pano de fundo em uma única proposta de estudo.

Conforme já exposto em nossa intervenção, utilizamos um experimento de um circuito elétrico simples do tipo reostato que pode ser construído a partir de materiais de baixo custo e de fácil acesso presentes no cotidiano de nosso aluno e que possa evidenciar a função destes dispositivos elétricos. Para tanto, buscamos aprofundar o

aprendizado dos estudantes, estimulando o desenvolvimento dos trabalhos em grupos, como será detalhado no capítulo seguinte que explica as etapas de realização de nossa pesquisa.

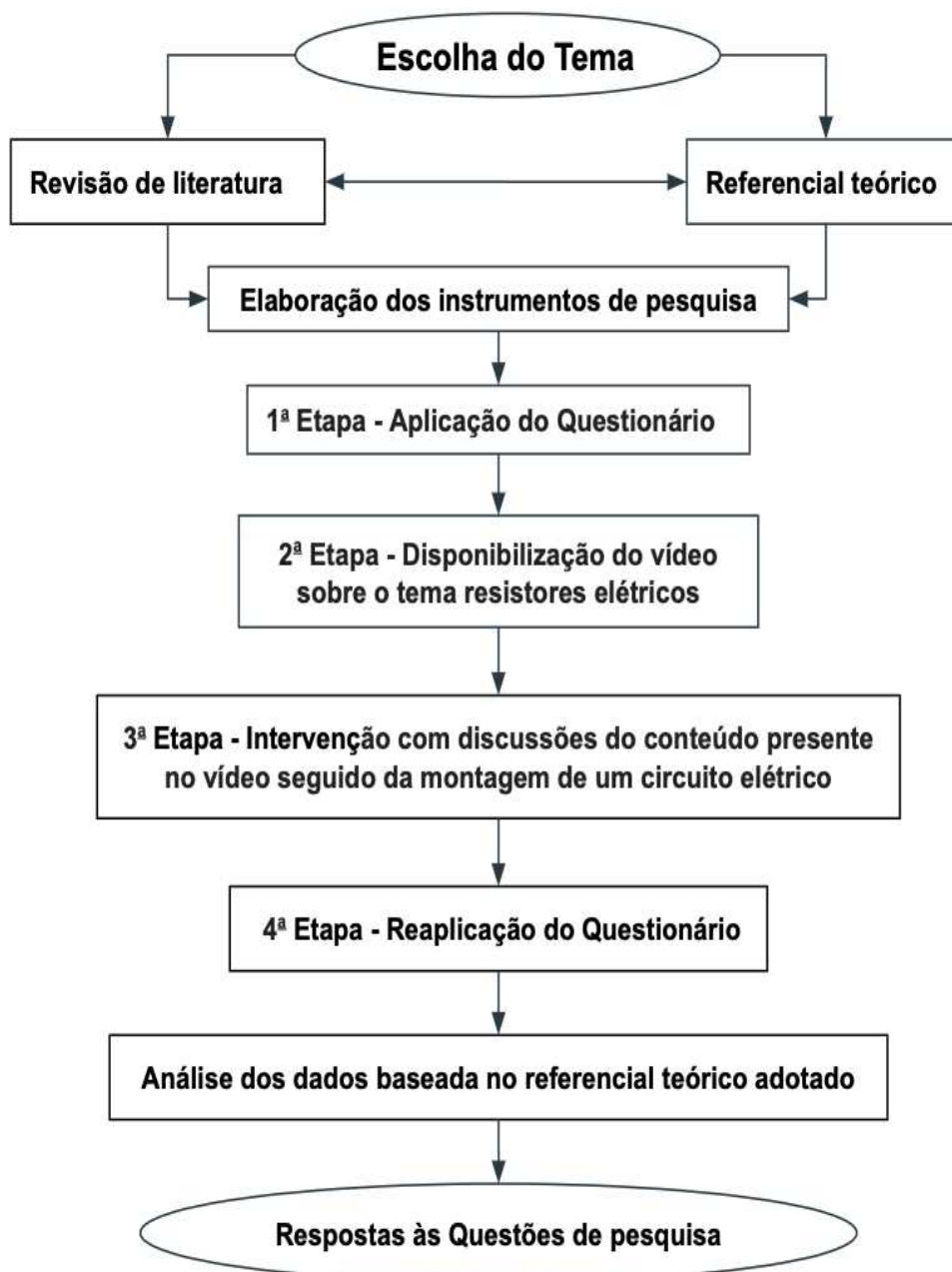
#### 4. A PESQUISA

Neste capítulo, descrevemos e justificamos os procedimentos utilizados durante a intervenção e os meios pelos quais realizamos a coleta de dados da nossa pesquisa.

A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma Escola Estadual do Município de Pará de Minas – Minas Gerais, em quatro etapas: aplicação de um questionário; disponibilização de um vídeo sobre o tema resistores elétricos; intervenção que se iniciou com a discussão do conteúdo presente no vídeo seguida da montagem de um circuito elétrico pelos alunos para abordagem de conceitos importantes para a compreensão do tema; por fim, a reaplicação do mesmo questionário ao mesmo grupo de participantes. Dessa forma, as etapas podem ser sintetizadas na sequência: Questionário → vídeo → intervenção → questionário.

Com vistas a atingir nosso objetivo com este estudo, estabelecemos uma trajetória, conforme o esquema da Figura 30, a seguir:

Figura 30 - O desenho da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com Lüdke e André (1986), para responder às indagações de uma pesquisa são produzidos conhecimentos científicos que surgem mediante o uso de métodos e técnicas apropriados. Esse processo estabelece um vínculo a um modelo que retrata a visão de mundo que orienta o pesquisador. Esse padrão, que indica um modo de ver as coisas e explicar o mundo, relaciona-se ao fato de o pesquisador não ser neutro nesse processo de pesquisa.

Segundo as mesmas autoras, não existe separação entre o sujeito de pesquisa, o pesquisador e o objeto de estudo, pois é o modelo que guiará os estudos do pesquisador; são suas questões baseadas em toda a teoria acumulada a respeito que vão construir seu conhecimento sobre o fato pesquisado. Nosso papel é o de “investigar se uma intervenção, tendo como suporte a metodologia da sala de aula invertida, é uma abordagem que permite superar *fatores de conflito cognitivo* e enriquecer *imagens de conceito* de resistores elétricos pelos alunos”. Sendo assim, não estivemos inertes durante o desenvolvimento da pesquisa e os resultados obtidos nos protocolos dos participantes por meio de um questionário não são apenas quantificados, na tentativa em elucidar o fato pesquisado e, por isso, consideramos a nossa pesquisa como qualitativa.

Antes de iniciar a pesquisa, fizemos pedido formal à diretoria da Escola que assinou e entregou o Termo de Autorização e Compromisso da Instituição Coparticipante da Pesquisa (Apêndice A, página 136).

Salientamos que a direção da escola foi comunicada do início da pesquisa e seria informada dos resultados obtidos com o estudo em questão.

No que segue, descrevemos os procedimentos adotados em cada etapa da pesquisa.

#### **4.1. A Primeira etapa da pesquisa: aplicação do questionário**

Tivemos, com este questionário, o objetivo de analisar a imagem de conceito de resistores elétricos evocada por um grupo de estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, que foi registrada em protocolos, bem como procuramos identificar possíveis fatores de conflito potencial antes que a intervenção ocorresse.

A escolha por alunos do terceiro ano do Ensino Médio se deu por terem vivenciado, com o professor-pesquisador, o tema resistores elétricos. Com isso, nossa ideia é a de que poderíamos obter maiores informações sobre equívocos e dificuldades ainda remanescentes, nesta etapa de ensino, sobre resistores elétricos.

Inicialmente, os 35 (trinta e cinco) alunos do terceiro ano foram convidados a participar da pesquisa. Esse convite se deu por meio de vídeo gravado pelo professor-pesquisador, convidando-os a participarem da pesquisa e também por um anúncio postado na sala virtual e no grupo de rede social. No convite, constava o

objetivo da pesquisa e da intervenção, como o estudo seria desenvolvido, bem como as condições necessárias para serem considerados participantes da pesquisa.

Tínhamos a intenção de que todas as etapas da pesquisa ocorressem de forma presencial; no entanto, devido às normas sanitárias vigentes à época, a aplicação do questionário ocorreu de forma *on-line* em meados de outubro de 2022 com alunos da turma escolhida. Porém, foram considerados os protocolos de 11 (onze) estudantes cujos responsáveis legais (no caso de menores) ou o próprio aluno (no caso de ter maioria) assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B, página 137). Vale ressaltar que, neste momento, o ensino tinha o formato híbrido, ou seja, o aluno poderia optar pelo ensino presencial ou pelo ensino remoto.

Apesar da solicitação do professor-pesquisador, não havia nenhum aluno do terceiro ano na aula presencial na data estabelecida para a aplicação do questionário. Com isso, solicitamos a todos, novamente, a participação na pesquisa por meio de uma nova postagem nos grupos de redes sociais da turma, reforçando a importância da participação no estudo e os benefícios que, provavelmente, teriam. Por falta de *quorum*, optamos em aplicar o questionário de forma *on-line*.

O questionário presente no Quadro 1 foi disponibilizado de forma *on-line* aos estudantes em 20 de outubro de 2021, sendo que ele poderia ser enviado até três dias após a postagem. Obtivemos um total de 11 respostas.

#### Quadro 1 - Questionário aplicado aos estudantes

01 - O que é resistência elétrica?
02 - O que é um resistor elétrico?
03 - Cite pelo menos duas (02) aplicações de resistores no cotidiano.
04 – Em um circuito elétrico simples, estão associadas, em série, uma lâmpada que representa uma resistência elétrica (R) e uma diferença de potencial estabelecida pela pilha ( $V_{AB}$ ). Este circuito está sendo percorrido por uma corrente elétrica (i), conforme mostrado na Figura 1. O valor da resistência elétrica é dado pela relação $R = \frac{V_{AB}}{i}$ . Se adicionarmos mais uma lâmpada em série, aumentando resistência

elétrica total do circuito ( $R$ ), mantendo constante a diferença de potencial elétrico  $V_{AB}$ , conforme mostrado na Figura 2. O brilho das lâmpadas aumentará, diminuirá ou não sofrerá alterações? Justifique sua resposta.

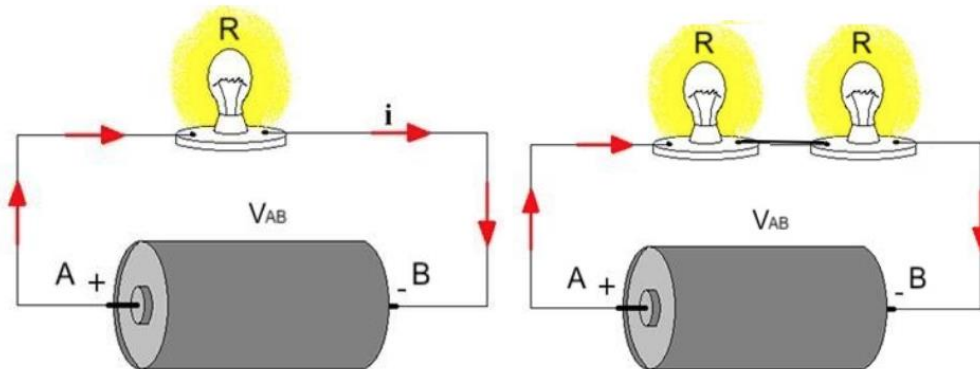


Figura 1

Figura 2

Fonte: adaptadas de Circuitos Elétricos Simples, disponível no endereço:

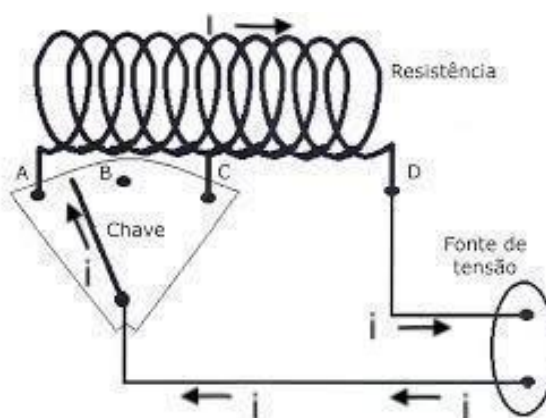
<https://www.preparaenem.com/fisica/circuito-eletrico-simples.htm> Acesso: Setembro de 2021.

05 – O valor de uma resistência elétrica ( $R$ ) também pode ser dado em termos da variação no comprimento do resistor, de acordo com a fórmula:  $R = \frac{\rho L}{A}$ , na qual ( $\rho$ ) representa a resistividade elétrica específica do material, ( $L$ ) indica o comprimento da Resistência elétrica, e ( $A$ ) a Área da secção transversal da Resistência elétrica. Se adicionarmos mais uma resistência em série e aumentar o comprimento total da resistência e mantendo inalteradas as demais grandezas, o valor da corrente elétrica que atravessa essa resistência elétrica aumentará, diminuirá ou não sofrerá alterações? Justifique sua resposta.

06 - Um chuveiro elétrico pode regular a água que passa por ele em três temperaturas distintas: “fria”, “morna” e “quente”. Quando o chuveiro é ligado na opção “fria”, a água passa pelo aparelho e não sofre alteração em sua temperatura; na opção “morna”, sofre um pequeno aquecimento; e na opção “quente”, um aquecimento maior. Este chuveiro possui uma resistência elétrica constituída por um fio fino enrolado e quatro pontos de contato (A, B, C e D). Uma fonte de tensão de voltagem constante é ligada com um de seus polos no ponto D, enquanto que o

outro polo é ligado a uma chave que pode assumir as posições A, B ou C, conforme mostrado no esquema:

Identifique em qual posição (A, B ou C) a chave seletora deverá ser posicionada para que a temperatura da água do chuveiro seja a mais quente? Justifique sua resposta.



Fonte: Adaptada de Nacional, disponível no endereço:

[https://nacionalonline.nacionalnet.com.br/servicos/coberturas/..%5C..%5C Resolvidos%5C Quest%20E3o%20003%20%28 Resolvida%29%2028303.pdf](https://nacionalonline.nacionalnet.com.br/servicos/coberturas/..%5C..%5C%20Resolvidos%5C%20Quest%20E3o%20003%20%28%20Resolvida%29%2028303.pdf) Acesso em Setembro de 2021.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ressaltamos que esses 11 (onze) estudantes do terceiro ano do Ensino Médio ou um representante legal (a depender da idade) validaram, ainda, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, antes de começarem a responder o formulário *on-line*. Os alunos menores, neste mesmo formulário, tiveram que validar o Termo de Assentimento (Apêndice C, página 140) antes de começarem a responder ao questionário. Dessa forma, estes estudantes foram considerados os participantes da pesquisa.

O professor-pesquisador agradeceu a participação dos 11 estudantes que se prontificaram em responder ao questionário, encerrando a primeira etapa da pesquisa.

## 4.2. A Segunda etapa da pesquisa: vídeo sobre resistores elétricos

Nosso intuito com a intervenção, que será descrita no item a seguir, foi a de que o aluno pudesse refletir sobre conhecimentos anteriores possivelmente pré-estabelecidos e reconstruí-los, o que poderia contribuir para ampliar e/ou modificar sua imagem de conceito de resistores e conceitos adjacentes, enriquecendo-a. Para este enriquecimento, utilizamos uma abordagem pedagógica baseada na metodologia da SAI.

Segundo Valente (2018), esta metodologia preconiza que antes da aula o aluno deve ter acesso ao material de apoio e estudá-lo, e, durante a aula, o professor apresenta o material, intercalando questões para possíveis discussões. Assim, o material de apoio se constituiu de um vídeo sobre o tema resistores elétricos que foi elaborado pelo professor-pesquisador.

O vídeo<sup>29</sup> constou de duas partes:

A primeira parte apresentou os conceitos formais sobre o tema. Para essa abordagem, procuramos observar como o assunto é tratado nos livros didáticos, em especial em Ribeiro da Luz e Álvares (2016), e como foi exposto no Plano de Ensino Tutorado (PET) (MINAS GERAIS, 2020).

A segunda parte do vídeo mostra o passo a passo da montagem prática de um circuito elétrico do tipo reostato<sup>30</sup>, como explicitado de forma escrita em nosso Produto Educacional (página 117). No vídeo, também abordamos o funcionamento do experimento com o qual mostramos a variação do comprimento da resistência em relação à potência dissipada por meio do brilho da lâmpada (Figura 31) e pela variação na velocidade do motor (Figura 32).

---

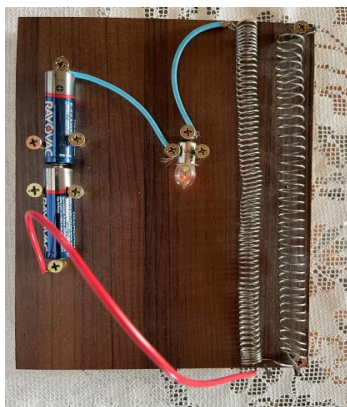
<sup>29</sup> Link para o vídeo:

<https://drive.google.com/file/d/1Dg7PUe6wugqeprBYKhpC6RXRUeuyo9hL/view?usp=sharing>.

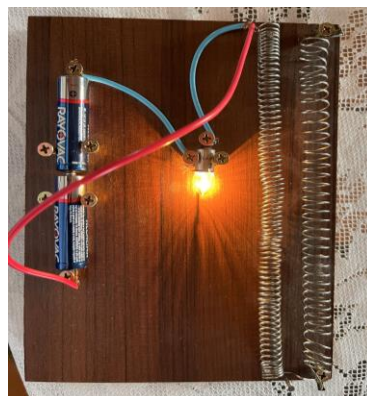
<sup>30</sup> A definição de reostato é: “São resistores que permitem aumentar ou diminuir a intensidade da corrente em um circuito” (RIBEIRO DA LUZ, ÁLVARES, 2016, p. 97).

Figura 31 - Variação do brilho da lâmpada de acordo com a variação do comprimento da resistência

Comprimento máximo



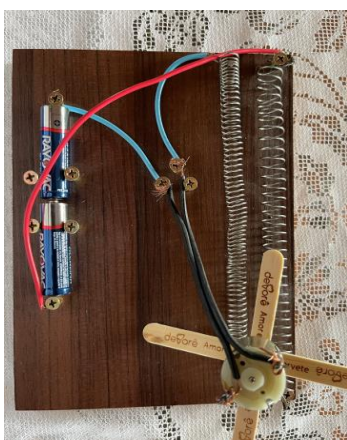
Comprimento mínimo



Fonte: Arquivo do autor

Figura 32 - Variação de rotação do motor de acordo com a variação do comprimento da resistência do reostato

Comprimento máximo



Comprimento mínimo



Fonte: arquivo do autor.

Bergmann e Sams (2018) compactam com Valente (2018), quando relatam que o material deve ser estudado pelos estudantes antes que ocorram a exposição e discussões em sala de aula sobre o tema ora proposto e acrescentam que esse material pode estar baseado no uso de mídias digitais. Tendo como foco essas indicações, disponibilizamos antecipadamente para os alunos o *link* do vídeo para que fosse assistido para posteriores debates, como assim preconiza uma das formas de se utilizar a metodologia da SAI.

O *link* foi postado na sala virtual e no grupo da rede social, em 23 de outubro de 2021. Foi solicitado que assistissem ao vídeo num prazo máximo de 15 (quinze) dias para que pudéssemos iniciar a intervenção.

### **4.3. A Terceira etapa da pesquisa: a intervenção**

Nesta etapa da pesquisa ocorreu a intervenção propriamente dita, com a qual abordamos conceitos sobre resistores e conteúdos adjacentes e mostramos a variação do comprimento da resistência elétrica em relação à potência dissipada, como mostrado na Figura 31 (página 79) e na Figura 32 (página 79), para que depois pudessem, em grupo, realizar a montagem de circuitos idênticos e eles próprios manusearem.

Para essa abordagem, nos baseamos nas ideias propostas por Ausbel (1980) sobre construção de experimentos. Este autor enfoca que os experimentos práticos podem ser de baixo custo e ter como foco a aprendizagem, como assim procuramos proceder com nosso experimento. Nessa construção, também levamos em consideração as indicações de Binsfeld e Auth (2011) que apontam para a utilização de experimentos simples, de fácil manuseio e que não ofereçam riscos para os alunos.

A intervenção ocorreu em dois momentos: um encontro de forma virtual e um encontro de forma presencial.

Após supostamente terem assistido ao vídeo<sup>31</sup>, marcamos um encontro virtual para discutirmos sobre o assunto em voga.

Em 04 de Novembro de 2021, das 19:00 às 20:00 horas ocorreu o encontro de forma virtual com o qual tínhamos a intenção de mostrar a montagem do circuito e discutir sobre as possíveis dúvidas que restaram após assistirem ao vídeo, e esclarecê-las.

Neste encontro, compareceram 2 (dois) estudantes. Os dois estudantes/participantes relataram não haver dúvidas sobre o conteúdo do vídeo e que participariam da aula presencial na semana seguinte, fato esse comunicado de forma oficial por um representante da escola de como ocorreriam as aulas a partir de então. Não havendo mais questionamentos, encerrou-se a reunião virtual.

---

<sup>31</sup> Na reaplicação do questionário, colocamos uma pergunta para sondarmos se haviam assistido ao vídeo; dois disseram não terem assistido.

No dia 08 de novembro de 2021, com a presença dos alunos na escola não mais facultativa, o encontro com os estudantes ocorreu em sala de aula de forma presencial com todos os participantes da pesquisa. Relatamos que o tema resistores já havia sido vivenciado por todos os alunos dessa turma no bimestre anterior; porém, de forma remota devido à pandemia de COVID 19. Reforçamos aqui a importância desta data, pois ela estabelece oficialmente o retorno presencial obrigatório nas escolas de Ensino Médio da rede pública.

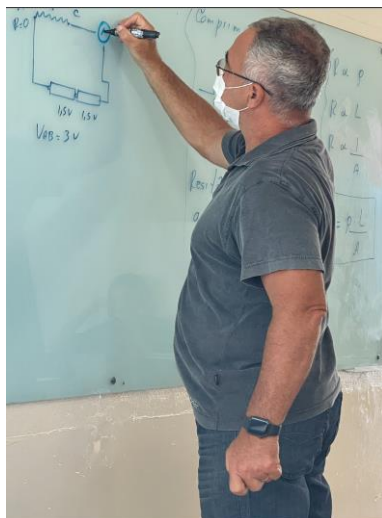
Apesar de não ser nossa intenção que parte da pesquisa ocorresse de forma *on-line*, assim aconteceu. No entanto, a intervenção foi desenvolvida em sala de aula e em horários oficiais da disciplina de Física, como inicialmente havíamos pensado. Consideramos que esse ambiente de ensino seria mais interessante para a pesquisa, uma vez que utilizaríamos um formato em que normalmente ocorrem os processos de ensino e de aprendizagem e, assim, os resultados obtidos seriam similares aos que, em geral, são verificados na prática escolar.

Consideramos, também, o desenvolvimento da intervenção de forma presencial importante, porque temos a ambição de que o material que elaboramos como produto desta pesquisa possa ser utilizado de maneira similar por professores de Física e por profissionais da área.

A intervenção foi realizada com 13 (treze) alunos da turma, dos quais 2 (dois) não eram participantes da pesquisa. Procuramos realizar com esses discentes um debate sobre o assunto constante no vídeo postado. Foi, então, solicitado que eles manifestassem suas dúvidas sobre o conteúdo do vídeo. Neste momento, não houve retorno por parte dos alunos. Um dos motivos dessa não participação dos estudantes talvez possa residir no fato de o retorno recente dos alunos para a forma presencial após quase dois anos afastados da escola, fato esse que talvez tenha inibido a exposição de questões para um possível debate.

Não havendo manifestação por parte dos alunos, o assunto foi explanado diante da turma pelo professor-pesquisador intercalado com anotações na lousa de pontos considerados importantes para a compreensão do tema. Durante a explicação, também fizemos, na lousa, os esquemas dos dois circuitos com a finalidade de orientar as montagens dos mesmos (Figura 33). Os circuitos foram desenhados da mesma forma como foi mostrado no vídeo (Figura 34).

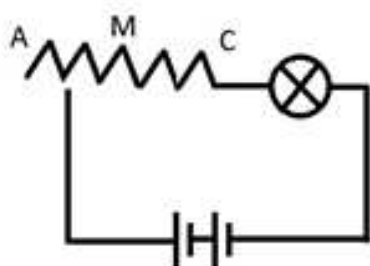
Figura 33 - Professor-pesquisador desenhando na lousa os esquemas dos circuitos para auxiliar na montagem



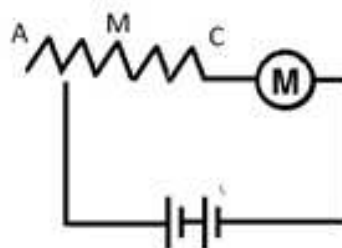
Fonte: Arquivo do autor.

Figura 34 - Esquemas elétricos dos circuitos mostrados no vídeo

Circuito da lâmpada



Circuito do Motor



Fonte: Arquivo do autor.

Encerrada a explanação do assunto e as anotações na lousa, o professor-pesquisador solicitou que manifestassem suas dúvidas. Novamente, não tivemos questionamentos por parte dos alunos. Diante desse fato, continuamos com nosso planejamento e realizamos, diante deles, a montagem e a demonstração do funcionamento do circuito ora utilizando a lâmpada e ora utilizando o motor, como mostrado na Figura 35, da mesma forma como já havia sido explicitado no vídeo.

Figura 35 - Professor-pesquisador realizando a montagem do circuito mostrado no vídeo



Fonte: Arquivo do autor.

Terminadas as montagens pelo professor-pesquisador e não havendo manifestações de dúvidas, sugerimos aos alunos que fizessem grupos de, no máximo 3 (três) componentes, para que eles próprios pudessem realizar a montagem do circuito elétrico. Foram criados por eles 5 (cinco) grupos: 3 (três) grupos com 3 (três) componentes e 2 (dois) grupos com 2 (dois) componentes, para os quais foram distribuídos os materiais para que cada equipe fizesse sua própria montagem. Ressaltamos que devido às exigências sanitárias em voga naquela data, utilizamos máscaras, mantivemos, sempre que possível, o distanciamento mínimo exigido e utilizamos álcool em gel fornecido pela escola.

Para cumprir o distanciamento, a montagem foi realizada por um dos participantes de cada grupo, eleito por eles mesmos de forma democrática. Os demais componentes participaram acompanhando a montagem realizada pelo colega, que tinha, como referência, os esquemas ainda presentes na lousa, e opinaram quando achavam necessário.

Interagindo com cada um dos grupos, acompanhamos e orientamos a fixação adequada das pilhas, da resistência, da lâmpada e do motor em cada circuito. Como os circuitos fornecidos aos alunos para a montagem eram semelhantes ao mostrado no vídeo e o demonstrado de forma presencial alguns instantes antes pelo

professor-pesquisador, os alunos não encontraram dificuldades em realizar o encaixe dos componentes. A Figura 36 mostra o professor-pesquisador auxiliando o aluno que realizava a montagem em um dos grupos, o que era assistido pelos demais componentes.

Figura 36 - Aluno sendo acompanhado pelo professor-pesquisador durante a montagem do circuito



Fonte: arquivo do autor.

Os alunos montaram, primeiramente, o circuito com a lâmpada e, posteriormente, substituíram, na mesma montagem, a lâmpada pelo motor. Durante as atividades, os estudantes foram questionados, a todo instante, se havia dúvidas sobre a atividade por eles desenvolvida. Salientamos que, neste momento, apesar da distância entre eles, percebemos que houve uma interação participativa entre os componentes dos grupos, entre os próprios grupos, e entre eles e o professor-pesquisador; momento em que observaram e manifestaram suas opiniões sobre a forma de funcionamento dos circuitos.

Ao término das montagens dos circuitos pelos grupos, o aluno que executou a montagem pôde realizar ligações em vários pontos da resistência, de forma a mostrar para os colegas a variação no brilho da lâmpada e na velocidade de rotação do motor. Ao variar o ponto de ligação no circuito, perceberam que, ao aumentar o comprimento da resistência elétrica, o brilho da lâmpada diminuía e ao diminuírem o comprimento da resistência elétrica o brilho da lâmpada aumentava (Figura 31,

página 79). A situação análoga pôde ser verificada em relação à velocidade de rotação do motor, por meio dos palitos fixados em forma de hélice no motor (Figura 32, página 79).

Nosso intuito foi o de trazer à tona o suposto fator de conflito potencial “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada”, para que pudesse ser tratado.

Ao término das atividades, a sala foi organizada, a lousa limpa e todos os materiais utilizados foram recolhidos e desinfetados com álcool em gel e guardado em sacolas plásticas para posteriores utilizações. Finalizamos esta etapa agradecendo a todos os presentes pelo empenho e participação na atividade desenvolvida.

#### **4.4. A Quarta etapa da pesquisa: reaplicação do questionário**

Na última etapa da pesquisa, fizemos de forma presencial a reaplicação do mesmo questionário (Quadro 1, página 75) aplicado antes da intervenção, o qual foi respondido na aula posterior à atividade desenvolvida na terceira etapa da pesquisa. Nele, foi adicionada uma questão em seu início, indagando ao aluno: “Você assistiu ao vídeo sobre Resistores?”. O objetivo foi o de verificar se todos os participantes haviam assistido ao vídeo antes da intervenção. Dos 11 que responderam ao questionário, 9 afirmaram que haviam assistido ao vídeo.

Pretendíamos que o questionário fosse respondido de forma impressa; porém, as normas sanitárias vigentes na escola à época não permitiam a utilização de nenhuma atividade neste formato. Dessa maneira, sob observação do professor-pesquisador, os 11 participantes utilizaram o próprio telefone celular para acessarem o *link* e responderem ao questionário. Durante este momento não houve indagações por parte dos alunos em relação às questões e o responderam em silêncio.

Finalizamos a última etapa da pesquisa agradecendo a todos os participantes o empenho e a participação durante todo o processo.

O objetivo com a reaplicação do mesmo questionário foi o de fazer um estudo comparativo entre as ideias evocadas nos protocolos antes e após a intervenção com o intuito de verificar se houve ou não o enriquecimento da imagem de conceito de resistores elétricos de cada um dos participantes.

Acreditamos que a forma como foi elaborado o vídeo e a intervenção vai ao encontro das duas diretrizes básicas dentre as dez presentes na BNCC, conforme já exposto no capítulo introdutório dessa dissertação.

A realização das quatro etapas da pesquisa nos trouxe dados que contribuíram para responder às questões da pesquisa. A discussão desses dados é apresentada no próximo capítulo.

## 5. NOSSO OLHAR SOBRE OS DADOS DA PESQUISA

Neste capítulo, apresentamos a análise dos dados obtidos nos protocolos dos 11 (onze) participantes, de forma a responder nossas duas questões de pesquisa:

*Quais elementos da imagem de conceito de resistores elétricos foram evocados antes e após uma intervenção sobre o tema resistores elétricos, por um grupo de alunos do terceiro ano do Ensino Médio? Essa intervenção foi capaz de produzir um enriquecimento da imagem de conceito de resistores elétricos desse grupo de alunos?*

*Quais fatores de conflito potencial, relacionados a Resistores Elétricos, foram evidenciados nas respostas desses estudantes antes e após a intervenção?*

Para a análise de cada questão, seguimos os seguintes passos e na ordem em que estão dispostos:

- Apresentamos a questão aplicada e, em seguida, o objetivo de ela estar presente na pesquisa;
- colocamos algumas observações que achamos necessárias para análise da referida questão;
- mostramos um quadro com 3 (três) colunas: a primeira com o nome fictício dos 11 participantes que escolhemos em ordem alfabética, a segunda com as respostas exatamente da forma como foram obtidas nos protocolos antes da intervenção, e a terceira com as respostas obtidas nos protocolos após a intervenção;
- mostramos um segundo quadro com as categorias de análise com 6 (seis) colunas: uma para enumerá-las, uma para descrevê-las, uma com o número de participantes classificados naquela categoria antes da intervenção, uma com os nomes fictícios desses participantes que estão naquela categoria antes da intervenção; nas duas últimas colunas, destacadas em tom cinza, temos o número de participantes classificados naquela categoria após a intervenção e os nomes fictícios desses participantes que estão nesta categoria após a intervenção;
- após o segundo quadro, por meio de um estudo comparativo das respostas expostas no primeiro quadro, apresentamos nossas justificativas e

observações por termos colocado determinado estudante em referida categoria e/ou o motivo de tê-lo mudado de categoria após a intervenção.

- por fim, tecemos pequenas considerações.

As duas primeiras questões foram analisadas por categoria. Por se tratar de explorar a definição de conceito de resistência elétrica e de resistor elétrico dos participantes, queríamos observar, em bloco, o enriquecimento ou não dessas definições. A terceira pergunta procurou explorar exemplos de resistores, mas também foi analisada da mesma forma que as anteriores.

Tall e Vinner (1981) ressaltam, conforme já exposto, que a *imagem de conceito* é individual e, ao levar isso em consideração, que é parte integrante da teoria, para as questões 4 e 5 fizemos análises individuais para cada participante, por essas questões exigirem uma justificativa para a sua resposta, observando o enriquecimento ou não da imagem de conceito de resistor.

Na Questão 6 fizemos um quadro comparativo entre as respostas obtidas nas questões 5 e 6 para identificarmos a existência ou não do possível fator de conflito potencial “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada”.

No que segue, apresentamos a análise dos dados obtidos por meio dos protocolos adquiridos dos participantes desta pesquisa.

### 5.1. Questão 1

<b>1 - O que é resistência elétrica?</b>
--

O objetivo da Questão 1 foi o de explorar a definição de conceito de resistência elétrica disponível na imagem de conceito de cada um dos 11 (onze) participantes, antes e após a intervenção.

Consideramos como definição de conceito formal de resistência elétrica, para este nível de ensino, a encontrada no Plano Tutorado de Ensino (PET-2020), que é “[...] a capacidade de um corpo de opor-se à corrente elétrica [...]” (BRASIL, 2020, p. 74) ou a identificada em Ribeiro da Luz e Álvares (2016), que corresponde “[...] a oposição que um condutor oferece à passagem de corrente através dele [...]” (RIBEIRO DA LUZ; ÁLVARES, 2016, p. 92).

No Quadro 2 estão as definições de conceito de resistência elétrica obtidas

nos protocolos dos participantes.

Quadro 2 - Definição de conceito de resistência elétrica apresentada pelos participantes

Participante	Antes da intervenção	Após a intervenção
<b>Alan</b>	Capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de passagem elétrica mesmo quando existe uma diferença de potencial.	É uma grandeza característica do resistor e mede a dificuldade que os átomos oferecem à passagem da corrente eletrônica.
<b>Beto</b>	Resistência elétrica é a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada.	Resistência elétrica é a capacidade de um corpo de opor corrente elétrica.
<b>Carlos</b>	Dificuldade da passagem de corrente elétrica.	Quando qualquer corpo se opõe à passagem de corrente elétrica, mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada.
<b>Diego</b>	A dificuldade de passagem dos elétrons.	Resistência elétrica é a dificuldade de passagens de elétrons.
<b>Elma</b>	Uma passagem de eletricidade em uma corrente.	A resistência elétrica é a capacidade de um corpo barrar a passagem da corrente elétrica.
<b>Fábio</b>	Fonte de energia.	Resistência Elétrica (R ou r) é a capacidade de um condutor se opor e dificultar a passagem da corrente elétrica.
<b>Gal</b>	A resistência elétrica é a capacidade de um corpo de opor-se à corrente elétrica. Ela está ligada ao choque entre elétrons livres e átomos no interior dos condutores.	Resistência elétrica é a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica, mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada.
<b>Helô</b>	É a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica, mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada. Seu cálculo é dado pela Primeira Lei de Ohm, e segundo o Sistema	Quando um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica, mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada. Seu cálculo é dado pela Primeira Lei de Ohm, e, segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI), é medida

	Internacional de Unidades (SI), é medida em ohms.	em ohms.
<b>Ian</b>	Sim.	Resistência elétrica é a capacidade que um condutor tem de se opor à passagem de corrente elétrica. A unidade da resistência elétrica é o Ohm.
<b>Jack</b>	É a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica, mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada.	Relacionado à dificuldade que a corrente elétrica encontra em transpor um material.
<b>Kauã</b>	É a oposição à corrente de elétrons.	É a oposição à passagem de elétrons.

Fonte: Dados da pesquisa.

Classificamos as 11 (onze) definições de conceito de resistência elétrica obtidas nos protocolos dos participantes antes da intervenção em 4 (quatro) categorias, apresentadas no Quadro 3. Consideramos essas categorias gradativas em relação ao grau de formalidade de 1 para 4, visto que na categoria 1 estão os participantes que trouxeram uma definição de resistência elétrica de acordo com a que consideramos como formal e os que estão na categoria 4 não trouxeram elementos da definição formal.

Quadro 3 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas para Questão 1

Cat. Nº	Categoria	Qtd <sub>1</sub>	Antes da intervenção	Qtd <sub>2</sub>	Após a intervenção
<b>1</b>	Definição de conceito de resistência elétrica de acordo com a formal	5	Beto, Carlos, Gal, Helô e Jack	8	Alan, Beto, Carlos, Fábio, Gal, Helô, Ian e Jack
<b>2</b>	Definição de conceito de resistência elétrica de acordo com a formal; porém, existe algum elemento inadequado.	2	Diego e Kauã	3	Diego, Elma e Kauã
<b>3</b>	Definição de conceito que traz elementos da definição formal; porém, expressa em linguagem	1	Alan	0	

	inadequada.				
4	Definição de conceito de resistência elétrica inadequada.	3	Elma, Fábio e Ian	0	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na categoria 1 colocamos os participantes que apresentaram uma definição de conceito de resistência elétrica de acordo ou próxima da formal. Apesar de antes da intervenção terem 5 participantes nesta categoria (Beto, Carlos, Gal, Helô e Jack), não sabemos se tinham disponível em sua imagem de conceito a definição de conceito de resistência elétrica efetivamente, visto que o questionário foi aplicado de forma *on-line*. Três deles (Beto, Helô e Jack), além de Alan que está na categoria 3, trouxeram o complemento “mesmo que exista uma diferença de potencial aplicada”, que está presente no material didático por eles utilizado na época, o PET-2020. Após a intervenção, que foi realizada de forma presencial, apenas Carlos e Gal trouxeram o complemento mencionado, o que nos intrigou porque não o havia expressado em suas respostas antes da intervenção, e durante a intervenção isso não foi discutido. Se por um lado Alan, Carlos e Jack enriqueceram a definição de conceito de resistência elétrica ao mudarem de categoria, por outro, apesar de ter se mantido na mesma categoria, podemos notar pelas suas respostas no Quadro 2 (página 89) que Gal apresentou respostas menos adequadas da definição de conceito.

Apesar de Diego e Cauã trazerem uma definição de conceito de resistência elétrica de acordo com a formal antes da intervenção, os colocamos na categoria 2 porque entendemos ser inadequada a palavra “elétron” como sinônimo de “corrente elétrica”; pois a corrente elétrica também pode ser constituída por outros portadores de carga elétrica. Podemos notar que estes dois participantes evocaram da imagem de conceito a mesma definição antes e após a intervenção, o que mostra terem esta definição de conceito disponível na imagem de conceito. Antes da intervenção, Elma trouxe uma resposta que não compreendemos e, após a intervenção, não a colocamos na categoria 1 porque trouxe em sua definição de conceito o termo “barrar” que não é sinônimo de “opor”, como podemos verificar em Bechara (2011):

Opor (o.por) v. 1. Apresentar como entrave, como obstáculo: Cederam, opondo fraca resistência. 2. Colocar duas ou mais coisas face a face, em paralelo, ou com intenção de estabelecer contrastes: opor dois objetos; opor cores diferentes. 3. Ser ou manifestar-se contra: A mãe opõe-se ao namoro da filha com um desconhecido. 4. Pôr qualquer coisa na frente de outra, ou frente a frente, como obstáculo ou enfrentamento: No jogo final, opuseram-se as duas equipes mais fortes; A polícia opôs uma barricada para enfrentar os revoltosos. 5. Alegar uma razão em oposição a outra; objetar: Nada tenho a opor com relação à decisão adotada. (BECHARA, 2011, p.198).

Assim, pelo Quadro 3 (página 90), podemos notar que não temos participantes nas categorias 3 e 4 após a intervenção; categorias de respostas estas que estavam mais distantes da definição que consideramos como formal para este nível de ensino. Alan, que antes da intervenção estava na categoria 3 por trazer uma resposta com elementos da definição formal, porém confusa, após a intervenção trouxe uma definição formal. Elma, que antes da intervenção estava na categoria 4 por trazer uma definição confusa, foi colocada na categoria 2 pelo motivo mencionado no parágrafo anterior. Fábio que antes da intervenção não evocou da imagem de conceito nenhum elemento da definição de resistência elétrica ao responder que é uma “Fonte de energia”, bem como Ian, que apenas respondeu “Sim”, após a intervenção apresentaram uma definição de resistência elétrica de acordo com a formal.

De acordo com o exposto, podemos concluir que a definição de conceito de resistência elétrica, em geral, foi enriquecida após a intervenção ocorrida.

## 5.2. Questão 2

### 2 - O que é um resistor elétrico?

O objetivo da Questão 2 foi o de explorar a definição de conceito de resistores elétricos disponível na imagem de conceito de cada um dos 11 (onze) participantes, antes e após a intervenção.

Baseados em Ribeiro da Luz e Álvares (2016, p. 95), consideramos como definição formal de resistores elétricos como sendo “dispositivos elétricos” cuja função básica é oferecer oposição à passagem da corrente elétrica.

No Quadro 4 estão as definições de conceito de resistor elétrico obtidas nos protocolos dos participantes.

Quadro 4 - Definição de conceito de resistor elétrico apresentada pelos participantes

Participante	Antes da intervenção	Após a intervenção
<b>Alan</b>	Pequenos dispositivos elétricos capazes de transformar a energia elétrica dos aparelhos em energia térmica.	São dispositivos eletrônicos presentes nos circuitos elétricos para aumentar ou diminuir a corrente eletrônica nos circuitos.
<b>Beto</b>	Os resistores são componentes elétricos capazes de transformar a energia elétrica dos aparelhos em energia térmica.	Os resistores são pequenos dispositivos elétricos capazes de variar a corrente e transformar a energia elétrica dos aparelhos em energia térmica.
<b>Carlos</b>	Aparelho que marca o sentido do circuito.	Controla a quantidade de corrente elétrica que existe dentro de um circuito e oferece resistência à passagem de elétrons.
<b>Diego</b>	Um componente que dificulta a passagem de elétrons.	São componentes que limitam a passagem dos elétrons.
<b>Elma</b>	Os resistores são pequenos dispositivos elétricos capazes de transformar a energia elétrica dos aparelhos em energia térmica.	Resistores são componentes eletrônicos cuja principal função é limitar o fluxo de cargas elétricas por meio da conversão da energia elétrica em energia térmica.
<b>Fábio</b>	Fonte de energia.	Os resistores são dispositivos eletrônicos cuja função é a de transformar energia elétrica em energia térmica.
<b>Gal</b>	Os resistores são pequenos dispositivos para transformar a energia elétrica dos aparelhos em energia térmica.	São responsáveis por controlar a quantidade de corrente elétrica que existe dentro de um circuito e por oferecer resistência à passagem de elétrons.
<b>Helô</b>	A resistência elétrica dos resistores torna esses componentes capazes de reduzir a passagem da corrente elétrica.	Serve para controlar a quantidade de corrente elétrica que existe dentro de um circuito e por oferecer resistência à passagem de elétrons.
<b>Ian</b>	Resistor é um dispositivo elétrico muito utilizado em eletrônica, para transformar energia elétrica em energia térmica.	Um limitador de corrente, e transformar energia elétrica em térmica faz variar a intensidade da corrente no circuito.

<b>Jack</b>	Usado para controlar a quantidade de corrente elétrica que existe dentro de um circuito e por oferecer resistência à passagem de elétrons.	Dispositivos eletrônicos presentes nos circuitos elétricos capazes de aumentar ou diminuir a corrente elétrica nos circuitos.
<b>Kauã</b>	É um componente usado para limitar a corrente em determinado circuito eletrônico.	O componente eletrônico que controla e varia a corrente.

Fonte: Dados da pesquisa.

Classificamos as 11 (onze) definições de conceito de resistor elétrico obtidas nos protocolos dos participantes antes da intervenção em 4 (quatro) categorias, apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas para Questão 2

<b>Nº</b>	<b>Categoria</b>	<b>Qtd<sub>1</sub></b>	<b>Antes da intervenção</b>	<b>Qtd<sub>2</sub></b>	<b>Após a intervenção</b>
<b>1</b>	Está de acordo com o conceito formal de resistor elétrico.	2	Diego e Jack	3	Carlos, Gal e Helô
<b>2</b>	Definição de conceito que traz a ideia de reostato e não de resistor.	2	Helô e Kauã	4	Alan, Beto, Jack e Kauã
<b>3</b>	Definição de conceito de resistor elétrico que traz apenas a função dos resistores.	5	Alan, Beto, Elma, Gal e Ian	1	Fábio
<b>4</b>	Definição inadequada de resistor elétrico.	2	Carlos e Fábio	0	
<b>5</b>	Está de acordo com o conceito formal de resistor elétrico, porém expressa com termos inadequados.			3	Diego, Elma e Ian,

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na categoria 1, antes da intervenção, colocamos os participantes Diego e Jack, que apresentaram uma definição de conceito de resistência elétrica de acordo ou próxima da que consideramos como sendo formal, como pode ser visto no Quadro 4 (página 93). Após a intervenção, na mesma categoria 1, colocamos Carlos, Gal e Helô, que enriqueceram sua definição de conceito de resistores elétricos. Vale ressaltar que Carlos migrou da categoria 4 de respostas que consideramos inadequadas, quando expressou que é um “aparelho que marca o sentido do circuito”. Gal havia citado uma função do resistor e não uma definição e, após a intervenção trouxe, além da função do reostato, uma definição adequada de resistor. Helô estava na categoria 2 por ter apresentado, em sua definição, uma função do reostato e não uma definição de resistor. Após a intervenção, assim como Gal, além de trazer a função do reostato, incluiu na resposta uma definição adequada de resistor. Com isso, entendemos terem enriquecido sua definição de conceito passando para a categoria 1.

Na categoria 2, antes da intervenção, colocamos Helô e Kauã, por terem apresentado uma função do reostato e não uma definição de resistor. Após a intervenção, além de Kauã que nela permaneceu, figuraram Alan, Beto e Jack. Antes da intervenção Alan e Beto haviam apresentado apenas uma função do resistor, que é a de transformar energia elétrica em energia térmica e, após a intervenção, exprimiram somente uma função do reostato. Devido a isso, não podemos conjecturar que enriqueceram a definição de conceito de resistor. Jack, que antes da intervenção havia apresentado juntamente com a função do reostato uma definição de resistor adequada, após a intervenção apresentou resposta menos adequada à definição de conceito de resistor, apresentando apenas a função do reostato.

Na categoria 3, antes da intervenção, colocamos Alan, Beto, Elma, Gal e Ian, pois julgamos que suas respostas traziam apenas a função dos resistores elétricos em transformar energia elétrica em energia térmica. Após a intervenção, somente Fábio trouxe essa ideia. Mesmo assim, entendemos que Fábio enriqueceu sua definição de resistor, pois antes da intervenção, apresentou inadequadamente como resposta que resistor é uma “Fonte de energia” e, após a intervenção, pelo menos apresentou uma função dos resistores.

Na categoria 4, antes da intervenção, colocamos Carlos e Fábio, que em suas respostas não trouxeram nenhuma ideia que se relacionasse a resistores, afirmando, respectivamente: “Aparelho que marca o sentido do circuito” e “Fonte de energia”. Após a intervenção, nenhum participante apareceu nesta categoria, o que mostra, de certa forma, que todos tinham em sua imagem de conceito a definição de resistor, uma de suas funções ou pelo menos a ideia de reostato.

A categoria 5 foi criada após a intervenção, visto que tivemos dúvida em colocar Diego, Elma e Ian na categoria 2 que se refere aos que expressaram claramente uma função do reostato e não uma definição de resistor. Não sabemos se em suas definições expressaram o verbo “limitar” como sinônimo de “opor”. Caso essa fosse a ideia em suas respostas, eles estariam na categoria 1. Daí a criação dessa nova categoria.

Vale destacar que após a intervenção foi forte a ideia de definir resistor o expressando como uma função do reostato. Talvez, isso se deva ao fato de termos abordado com bastante ênfase a função do reostato para analisar a variação no comprimento da resistência.

### 5.3. Questão 3

**3 - Cite pelo menos duas 02 (duas) aplicações de resistores no dia a dia.**

Para a Questão 3, tivemos como objetivo verificar se o aluno identificava, em seu cotidiano, pelo menos duas aplicações de resistores elétricos. Talvez, na imagem de conceito de resistor do participante pudesse conter dispositivos elétricos nos quais os resistores elétricos são a base de seu funcionamento, tais como: chuveiros elétricos, ferro de passar roupas, secadores de cabelo e forno elétrico, pois estes aparelhos funcionam por efeito joule, ou seja, dispositivos que transformam essencialmente energia elétrica em energia térmica.

No Quadro 6, estão as respostas apresentadas pelos participantes da pesquisa a essa pergunta.

Quadro 6 - Aplicação dos resistores elétricos apresentadas pelos participantes

<b>Participante</b>	<b>Antes da intervenção</b>	<b>Após a intervenção</b>
<b>Alan</b>	Secador de cabelo, filamentos de lâmpadas.	Chuveiro, liquidificador.
<b>Beto</b>	resistores fixos, constituídos de filme metálico, filme carbono, fio de precisão, entre outros;  resistores variáveis, que são ajustados manualmente, por um movimento mecânico.	termoresistores, fotoresistores.
<b>Carlos</b>	Chuveiro, ferro de passar roupa	Chuveiros elétricos, secadores de cabelo, ferros de passar roupas etc.
<b>Diego</b>	Chuveiro e ferro de passar roupas	Chuveiro e ferro de passar roupas, ventilador
<b>Elma</b>	Chuveiro e televisor	Chuveiros elétricos, lâmpadas, eletrônicos.
<b>Fábio</b>	.	Um exemplo de utilização de um resistor é para ligar um LED e chuveiro.
<b>Gal</b>	Interruptor de luz, tomada.	Chuveiros elétricos, o filamento de uma lâmpada incandescente.
<b>Helô</b>	.	Lâmpada, chuveiro, ventilador, ferro de passar roupa.
<b>Ian</b>	Forno elétrico, carregador.	Lâmpadas, motores elétricos.
<b>Jack</b>	Chuveiros elétricos, fornos elétricos, ferro de passar roupa	Dimmers que controlam a luminosidade e em televisores, chuveiros.
<b>Kauã</b>	Chuveiro, ferro de passar.	Ventilador, secador de cabelo, chuveiro.

Fonte: Dados da pesquisa.

Classificamos as 11 (onze) respostas obtidas dos participantes para a aplicação dos resistores no dia a dia em 4 (quatro) categorias, apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas em relação à aplicação dos resistores no cotidiano

Cat	Categoria	Qtd <sub>1</sub>	Antes da intervenção	Qtd <sub>2</sub>	Após a intervenção
1	Citaram somente exemplos de dispositivos que funcionam por efeito joule.	5	Alan, Carlos, Diego, Jack e Kauã	2	Carlos e Gal
2	Citaram exemplos de resistores elétricos; porém, deram exemplos de dispositivos que não funcionam por efeito joule.	2	Elma e Ian	8	Alan, Diego, Elma, Fábio, Helô, Ian, Jack e Kauã
3	Citaram apenas exemplos de dispositivos que não funcionam por efeito joule.	1	Gal		
4	Exemplos de dispositivos que não estão ligados ao cotidiano.	1	Beto	1	Beto
5	Não responderam	2	Fábio e Helô	0	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na categoria 1, antes da intervenção, 5 (cinco) participantes (Alan, Carlos, Diego, Jack e Kauã) evocaram da imagem de conceito de resistores apenas exemplos de dispositivos elétricos que funcionam por efeito joule que, na Física, são denominados resistores. Após a intervenção, somente Carlos se manteve na mesma categoria e Gal, que antes da intervenção não havia citado nenhum resistor como exemplo, o fez após a intervenção. Destacamos que três participantes (Alan, Diego e Kauã) não figuraram na categoria 1 após a intervenção por terem citado, como exemplo de resistor, o ventilador ou o liquidificador. Helô também deu como exemplo o liquidificador após a intervenção, e antes da intervenção não havia apresentado

resposta. Talvez esses exemplos tenham sido evocados porque, no experimento realizado em sala de aula abordamos como aplicação do reostato a mudança de velocidade no funcionamento do ventilador e no funcionamento do liquidificador. Antes da intervenção, nenhum participante mencionou estes dois aparelhos elétricos.

Na categoria 2 antes da intervenção, colocamos Elma e Ian; pois eles citaram, em seus exemplos, resistores elétricos. Porém, trouxeram, em suas respostas, dispositivos que não funcionam por efeito joule. Após a intervenção, nesta categoria, figuraram 8 participantes, sendo que dois deles (Elma e Ian) permaneceram nela após a intervenção, mesmo mudando praticamente todos os seus exemplos após a intervenção. Metade dos oito participantes (Alan, Diego, Helô e Kauã) que figuram na categoria 2 após a intervenção não estão na categoria 1 justamente por terem citado como exemplo o liquidificador ou o ventilador. Os demais citaram exemplos de aparelhos elétricos que não funcionam por efeito joule e que não foram abordados na intervenção, como eletrônicos (Elma), LED (Fábio), motores (Ian) e Dimmers e televisores (Jack).

Na categoria 3 antes da intervenção só colocamos Gal, que em seus exemplos não apresentou nenhum aparelho que funciona por efeito joule. Após a intervenção não apareceu nenhum participante nesta categoria e Gal, após a intervenção, foi colocada na categoria 1, que é a que se refere aos participantes que ofereceram somente exemplos de aparelhos que funcionam por efeito joule. Acreditamos que este fato foi um ganho da intervenção.

Na categoria 4 só figura Beto, antes e após a intervenção. Este participante apresentou somente exemplos de dispositivos bem específicos que são abordados em cursos de elétrica ou eletrônica e não em um curso de Ensino Médio regular.

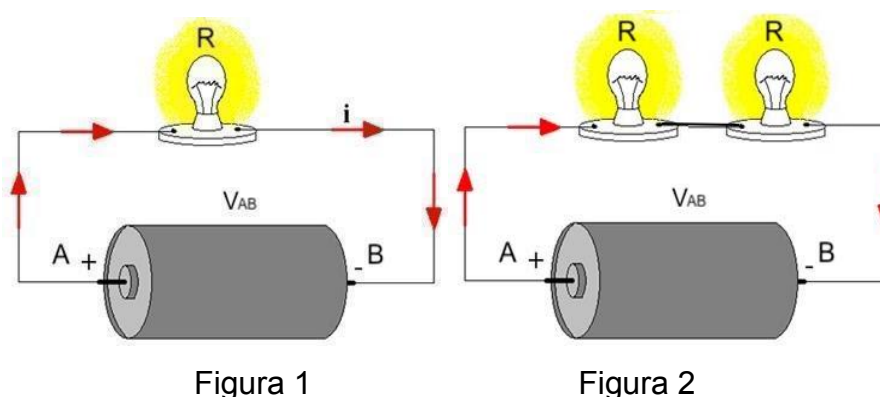
Na categoria 5 estão Fábio e Helô, que não responderam à pergunta antes da intervenção. Após a intervenção apresentaram exemplos para a pergunta, o que inferimos também ser um ponto positivo do trabalho realizado.

Como ressaltado nas análises, percebemos que, após a intervenção, quatro participantes (Alan, Diego, Helô e Kauã) trouxeram, em seus exemplos de resistores elétricos, liquidificador ou ventilador. Esse fato mostra a necessidade de mais cuidados quando da abordagem dos reostatos para compreensão da variação no comprimento da resistência, de forma a estabelecer uma relação entre a diferença

entre resistores e resistência, entendendo-os como dispositivos elétricos com funções diferentes.

#### 5.4. Questão 4

4 - Sabe-se que o valor da resistência elétrica é dado pela relação  $R = \frac{V_{AB}}{i}$ . Na Figura 1, a seguir, está representado um circuito elétrico simples, no qual temos: uma lâmpada, que representa uma resistência elétrica ( $R$ ), e uma pilha, que estabelece, no circuito, uma diferença de potencial ( $V_{AB}$ ), fazendo com que uma corrente elétrica ( $i$ ) percorra o circuito. Na Figura 2 adicionamos mais uma lâmpada em série com a primeira, mantendo a mesma diferença de potencial elétrico  $V_{AB}$ . Na situação da Figura 2, o brilho das lâmpadas aumentará, diminuirá ou não sofrerá alterações em relação ao brilho da lâmpada mostrada na Figura 1? Justifique sua resposta.



Fonte: Adaptada de <https://www.preparaenem.com/fisica/circuito-eletrico-simples.htm>

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

O objetivo dessa pergunta foi explorar a relação estabelecida pelo participante entre a variação da resistência elétrica em relação à corrente elétrica que percorre o circuito, mantida a mesma tensão. Quando se acrescenta uma lâmpada aumenta-se o valor total da resistência elétrica, diminuindo a quantidade de corrente elétrica, fazendo com que as lâmpadas diminuam o seu brilho por dissiparem menor potência, isso mantendo constante a diferença de potencial.

Pela relação  $R = \frac{V_{AB}}{i}$ , podemos perceber que, mantendo constante a diferença de potencial ( $V_{AB}$ ) entre os pólos da pilha, a resistência elétrica ( $R$ ) é

inversamente proporcional ao valor da corrente ( $i$ ) que percorre o circuito. Assim, quanto maior o valor da resistência elétrica, menor é o valor da corrente elétrica que percorre o circuito, o que faz com que as lâmpadas dissipem menor potência e, conseqüentemente, diminuam o seu brilho. Assim, consideramos como uma resposta adequada algo expresso nesse sentido.

No Quadro 8, estão as respostas e as justificativas obtidas nos protocolos dos participantes para a Questão 4.

Quadro 8 - Respostas e justificativas apresentadas pelos participantes para Questão 4

Participante	Antes da intervenção		Após a intervenção	
	Resposta	Justificativa	Resposta	Justificativa
<b>Alan</b>	Aumentará	Pois a força está maior	Não sofrerá alterações	A corrente eletrônica continua com a mesma carga.
<b>Beto</b>	Aumentará	Não sei	Não sofrerá alterações	Pois vai estar conduzindo a mesma quantidade de energia.
<b>Carlos</b>	Diminuirá	A corrente passa pela primeira lâmpada e libera energia, diminuindo a quantidade de corrente da próxima lâmpada.	Diminuirá	Porque a corrente elétrica vai ser menor.
<b>Diego</b>	Diminuirá	Pois a resistência elétrica aumentará.	Diminuirá	Irá diminuir o brilho em função da resistência adicionada aumentar o consumo energético.
<b>Elma</b>	Aumentará	Pk inversamente proporcional	Aumentará	O brilho de cada lâmpada irá diminuir, pois a intensidade da corrente elétrica que passa por cada uma delas será dividida e reduzirá de valor.
<b>Fábio</b>	Aumentará	.	Diminuirá	O fluxo elétrico assim diminui.
<b>Gal</b>	Diminuirá	As 2 lâmpadas vão puxar mais energia do que só uma.	Não sofrerá alterações	Pois a tensão e a corrente serão a mesma.
<b>Helô</b>	Aumentará	.	Diminuirá	Pois irá puxar mais força.

<b>Ian</b>	Aumentará	Pois estão juntando as forças.	Diminuirá	O que muda é a resistência. A tensão segue a mesma, acende menos.
<b>Jack</b>	Aumentará	Porque na figura 2 tem duas lâmpadas.	Diminuirá	Vai brilhar menos.
<b>Kauã</b>	Não sofrerá alterações	Elas não se alteram.	Não sofrerá alterações	Elas estão em série. A corrente será mesma para as duas.

Fonte: Dados da pesquisa.

Classificamos as 11 (onze) respostas obtidas nos protocolos dos participantes antes da intervenção em 3 (três) categorias, apresentadas no Quadro 9. Consideramos essas categorias gradativas em relação ao grau de formalidade de 1 para 3, entendendo que na categoria 1 estão os participantes que responderam que "diminuiu", de acordo com a que consideramos como formal; e os que estão na categoria 4 não trouxeram elementos da definição formal, respondendo "que não se alterou".

Quadro 9 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas e justificativas para Questão 4

<b>Cat</b>	<b>Categoria</b>	<b>Qtd<sub>1</sub></b>	<b>Antes da intervenção</b>	<b>Qtd<sub>2</sub></b>	<b>Após a intervenção</b>
<b>1</b>	Resposta correta; porém, incompleta.	2	Diego e Elma	4	Carlos, Diego, Fábio e Ian
<b>2</b>	Resposta correta e justificativa incorreta.	2	Carlos e Gal	2	Helô e Jack
<b>3</b>	Resposta e justificativa incorretas.	4	Alan, Ian, Jack e Kauã	3	Alan, Beto e Elma
<b>4</b>	Justificativa em branco e justificativa "não sei".	3	Beto, Fábio e Helô		
<b>5</b>	Resposta incorreta com justificativa que traz elementos corretos.			2	Gal e Kauã

Fonte: Elaborado pelo autor.

Destacamos que após a intervenção criamos a categoria 5 por obtermos respostas dadas pelos participantes que não se encaixaram em nenhuma das criadas antes da intervenção.

No que segue, fazemos as análises das respostas obtidas de cada participante, pontuando, sob nossa ótica, o enriquecimento ou não da imagem de conceito de resistor elétrico.

**Alan:** Antes da intervenção, apresentou uma justificativa que não traz elementos da Física plausíveis para o aumento do brilho da lâmpada. A ideia de “Força” pode estar relacionada como sinônimo de “energia”, como assim se expressa rotineiramente no cotidiano. Após a intervenção, apontou que o brilho da lâmpada “Não sofrerá alterações” com a justificativa de “A corrente eletrônica continua com a mesma carga”. Não entendemos se relacionou a ideia de “carga” com “energia” ou de que a corrente elétrica continuaria a mesma. Com isso, não conseguimos concluir sobre o enriquecimento de sua imagem de conceito de resistência elétrica.

**Beto:** Antes da intervenção, Beto expressou que o brilho da lâmpada aumentaria, expressando na justificativa “não sei”. Após a intervenção, pontuou que o brilho das lâmpadas não sofreria alterações e trouxe a justificativa de que estaria “[...] conduzindo a mesma quantidade de energia”. Consideramos um ganho porque antes da intervenção não havia evocado da sua imagem de conceito de resistor nenhum argumento e, após a intervenção, mesmo que de forma não adequada, expressou uma justificativa.

**Carlos:** Podemos observar, pelas respostas de Carlos, que ele enriqueceu a imagem de conceito de resistor, visto que, antes da intervenção, expressou que o brilho da lâmpada iria diminuir por causa de a corrente elétrica na segunda lâmpada ser menor por já ter percorrido a primeira lâmpada. Apesar de a intensidade da corrente elétrica diminuir, essa é uma ideia inadequada porque a corrente elétrica que percorrerá as duas lâmpadas será a mesma. Após a intervenção, pontuou que o brilho da lâmpada vai diminuir porque a corrente elétrica também diminuiria, uma resposta incompleta que traz elementos da definição formal.

**Diego:** Podemos observar que Diego, antes da intervenção, evocou da imagem de conceito de resistor uma resposta adequada para a pergunta, porém

incompleta. Após a intervenção, além de ter expressado a mesma justificativa, porém com outra escrita, ainda trouxe um complemento: “[...] aumentar o consumo energético”. Ressaltamos que esse complemento não é adequado, visto que, ao incluirmos mais uma lâmpada em série, a corrente elétrica no circuito irá diminuir, havendo menor dissipação de potência e, conseqüentemente, menor “consumo” de energia.

**Elma:** Antes da intervenção, ela trouxe a justificativa para o aumento do brilho da lâmpada “ $P_k$ <sup>32</sup> inversamente proporcional”; o que não consideramos uma justificativa completa, porque não sabemos se se tratava da proporcionalidade entre as grandezas resistência elétrica e corrente elétrica. Após a intervenção, apresentou uma ideia contraditória, ao responder que o brilho da lâmpada aumentará. Porém, na justificativa declarou que o brilho de cada lâmpada irá diminuir, com a justificativa de que a corrente elétrica reduzirá por ser dividida pelas duas lâmpadas, uma ideia equivocada. Sendo assim, consideramos que apresentou resposta menos adequada da imagem de conceito de resistor do que no primeiro momento.

**Fábio:** Antes da intervenção, este participante não apresentou uma justificativa para sua suposição de o brilho da lâmpada aumentar. Podemos notar que, após a intervenção, enriqueceu a sua imagem de conceito de resistor, visto que a sua justificativa para o brilho das lâmpadas diminuírem foi a de que “O fluxo elétrico assim diminui”, o que consideramos um ganho. Neste caso, traduzimos “fluxo elétrico” como corrente elétrica.

**Gal:** Antes da intervenção, esta participante pontuou que o brilho das lâmpadas iria diminuir porque juntas vão “consumir” mais energia. Após a intervenção, expressou que o brilho das lâmpadas não sofreria alterações com a justificativa de a tensão e a corrente serem as mesmas. É verdade que a corrente elétrica será a mesma nas duas lâmpadas; porém, terá valor menor; um complemento que consideramos importante para a compreensão dos conceitos ora envolvidos. Mesmo equivocada em relação ao brilho das lâmpadas, entendemos que Gal trouxe uma resposta mais plausível, por incluir elementos ora em discussão, o que consideramos um enriquecimento em seus conceitos.

---

<sup>32</sup> Traduzimos “ $P_k$ ” como “porque”.

- Helô:** Antes da intervenção, essa participante declarou que o brilho da lâmpada iria aumentar sem exibir uma justificativa. Após a intervenção, expressou corretamente que o brilho das lâmpadas diminuiria com a justificativa de “Pois irá puxar mais força”, o que traduzimos como “maior consumo de energia” devido ao uso comum de, no cotidiano, serem sinônimos “consumir mais energia” e “gastar mais força”. Mesmo assim, consideramos um ganho porque declarou corretamente que o brilho das lâmpadas iria diminuir e evocou de sua imagem de conceito de resistor uma justificativa, mesmo que não plausível, visto que antes da intervenção não apresentou uma justificativa para sua resposta.
- Ian:** Antes da intervenção, este participante relatou que o brilho das lâmpadas aumentaria por estarem “juntando mais forças”. Novamente uma ideia que entendemos trazer nuances da tradução força/energia. Após a intervenção, respondeu corretamente que o brilho das lâmpadas iria diminuir, com a justificativa de a resistência ter mudado, acrescentando que a tensão seria a mesma. Apesar de não ter informado que resistência total iria aumentar, ou seja, ter trazido uma resposta incompleta, consideramos que enriqueceu a imagem de conceito de resistência elétrica.
- Jack:** Antes da intervenção essa participante concluiu que o brilho das lâmpadas aumentaria por haver incluído mais uma lâmpada. Após a intervenção, expressou que o brilho diminuiria com uma justificativa que repete a sua conclusão: “vai brilhar menos”. Por não ter evocado uma justificativa plausível após a intervenção para a sua afirmação acertada de que o brilho das lâmpadas iria diminuir, não conseguimos inferir sobre o enriquecimento da sua imagem de conceito de resistência elétrica.
- Kauã:** Esse participante foi o único a expressar, antes da intervenção, que o brilho das lâmpadas não sofrerá alterações porque as lâmpadas não são alteradas, o que aponta para a ideia de que, para ele, se as lâmpadas forem as mesmas o brilho será o mesmo, independentemente se colocarmos mais uma lâmpada no circuito. Após a intervenção, continuou com a ideia de que o brilho das lâmpadas continuaria o mesmo, porém, com uma justificativa adequada, mas incompleta. Com isso, entendemos que enriqueceu sua imagem de conceito de resistência elétrica.

Podemos observar que nenhum participante trouxe uma justificativa completa para o brilho das lâmpadas diminuir após incluir mais uma lâmpada. Alguns expressaram isso acontecer devido à corrente elétrica diminuir e outros, porque a resistência elétrica irá aumentar. Mesmo assim, entendemos que, em geral, a imagem de conceito de resistência elétrica dos participantes foi enriquecida, mesmo se considerarmos que um participante tenha apresentado resposta menos adequada. Após a intervenção, quatro participantes (Alan, Beto, Gal, Kauã) responderam que o brilho das lâmpadas continuaria o mesmo, ao se incluir mais uma lâmpada (antes da intervenção apenas Kauã), justificando, em sua maioria, por a corrente elétrica ser a mesma. Este fato nos intrigou e essa discussão será realizada com mais afinco nas conclusões. Outra ideia expressa com frequência foi a tradução de força como energia, o que também discutiremos posteriormente.

### 5.5. Questão 5

05 – O valor de uma resistência elétrica  $R$  também pode ser obtido em função do comprimento  $L$ , da área de seção transversal  $A$  e da resistividade elétrica específica  $\rho$  do material, de acordo com a relação:  $R = \frac{\rho.L}{A}$ . Se aumentarmos o comprimento  $L$  do resistor, mantendo inalteradas as demais grandezas, o valor da corrente elétrica que atravessa essa resistência elétrica aumentará, diminuirá ou não sofrerá alterações? Justifique sua resposta.

O objetivo desta questão foi o de explorar a percepção do participante no que se refere à relação existente entre a variação do comprimento ( $L$ ) da resistência e a variação no valor dessa resistência em relação à corrente elétrica que a percorre. A resposta que consideramos adequada para o Ensino Médio é a de que a corrente elétrica irá diminuir em consequência do aumento do comprimento da resistência elétrica. Isso é respaldado pela segunda lei de Ohm, que pode ser traduzida pela relação  $R = \frac{\rho.L}{A}$ . Ou seja, se mantivermos constantes a resistividade  $\rho$  e a área de seção reta transversal  $A$ , podemos notar que a resistência elétrica  $R$  é diretamente proporcional ao seu comprimento  $L$ , quanto maior ou menor um maior ou menor o outro.

No Quadro 10 estão as respostas e as justificativas obtidas nos protocolos dos participantes para a Questão 5.

Quadro 10 - Respostas e justificativas apresentadas pelos participantes para Questão 5

Participante	Antes da intervenção		Após a intervenção	
	Resposta	Justificativa	Resposta	Justificativa
<b>Alan</b>	Diminuirá	Pois a força está menor.	Aumentará	Quanto maior o comprimento, mais difícil passar a eletricidade.
<b>Beto</b>	Aumentará	Não sei.	Diminuirá	Não sei explicar.
<b>Carlos</b>	Diminuirá	Maior o comprimento do resistor = maior carga que passa pelo mesmo, logo creio que ele consome mais diminuindo a corrente.	Diminuirá	Quanto menor a passagem de energia, mais energia precisa.
<b>Diego</b>	Aumentará	Pois o valor da resistência irá ficar maior em função do tamanho da resistência.	Diminuirá	Pois com uma maior resistência, a energia sofre uma perda, convertendo a mesma em calor.
<b>Elma</b>	Diminuirá	Pk aumentou o circuito.	Diminuirá	Pk em cada resistor, o gerador fornece uma corrente adicional para a nova lâmpada, de modo com que fique com corrente igual à corrente em cada lâmpada no primeiro circuito.
<b>Fábio</b>	Não sofrerá alterações	.	Aumentará	Não seguindo o fluxo, assim diminuindo.
<b>Gal</b>	Não sofrerá alterações	Não sofrerá alterações.	Aumentará	Pois vai passar mais corrente.
<b>Helô</b>	Diminuirá	.	Diminuirá	Mais resistência elétrica e corrente menor.
<b>Ian</b>	Não sofrerá	Pois irão juntar.	Diminuirá	Pois a relação de resistência com corrente elétrica é inversamente

	alterações			proporcional. Maior a resistência menos a corrente.
<b>Jack</b>	Aumentará	N sei como explicar.	Diminuirá	Ela diminuirá
<b>Kauã</b>	Diminuirá	Com o aumento da resistência, assim diminuirá a corrente.	Aumentará	São grandezas proporcionais.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a análise das respostas obtidas nos protocolos dos participantes, elaboramos o Quadro 11 com as categorias de análise.

Quadro 11 - Mudança dos participantes nas categorias de respostas para a Questão 5

<b>Cat. N°</b>	<b>Categoria</b>	<b>Qtd<sub>1</sub></b>	<b>Antes da intervenção</b>	<b>Qtd<sub>2</sub></b>	<b>Após a intervenção</b>
1	Resposta e justificativa correta	1	Kauã	3	Diego, Helô e Ian
2	Resposta correta e justificativa correta; porém, traz elementos a mais que estão incorretos	1	Carlos	0	
3	Resposta incorreta com justificativa que talvez esteja correta			1	Alan e Fábio
4	Resposta incorreta com justificativa incompleta	1	Diego		
5	Resposta correta e justificativa incorreta	2	Alan, Elma	3	Elma, Jack e Kauã
6	Resposta e justificativa incorretas	2	Gal, Ian	2	Gal
7	Justificativa em branco e justificativa "não sei"	4	Beto, Fábio e Helô, Jack	1	Beto
8	Resposta correta com justificativa que não compreendemos			1	Carlos

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Alan:** Antes da intervenção, respondeu corretamente que a corrente elétrica diminuiria com a justificativa de a “força” ser menor. Mesma ideia para justificar a Questão 4 que abordou o mesmo tema de outra forma. Isso mostra que a ideia de “Força”, talvez como sinônimo de “energia”, é bem presente em sua imagem de conceito de resistência elétrica. Após a intervenção, apesar de responder inadequadamente que a corrente “aumenta”, trouxe a justificativa de “Quanto maior o comprimento, mais difícil passar a eletricidade”. Se ele tem em sua imagem de conceito a resistência elétrica, no sentido de representar a corrente elétrica, esta seria uma resposta correta. Mesmo com essa dúvida, podemos observar que após a intervenção houve uma melhora no que se refere à sua justificativa.

**Beto:** Esse participante, antes da intervenção, respondeu que a corrente iria aumentar e após a intervenção expressou corretamente que ela diminuiria. No entanto, não evocou de sua imagem de conceito, em nenhum dos dois momentos, uma justificativa para sua resposta. Com isso, inferimos que as discussões ocorridas não foram suficientes para enriquecer a sua imagem de conceito de resistência elétrica.

**Carlos:** Antes da intervenção, esse participante respondeu corretamente que a corrente elétrica diminuiria, com o argumento “Maior o comprimento do resistor = maior carga que passa pelo mesmo, logo creio que ele consome mais diminuindo a corrente”. Podemos observar que o início de sua frase “Maior o comprimento do resistor” e o final da frase “diminuindo a corrente” traz ideias adequadas para explicar a diminuição da corrente elétrica. Nos intrigou trazer a relação de “maior carga” com “maior consumo de energia”, o que discutimos em nossas conclusões. Após a intervenção, trouxe a justificativa “Quanto menor a passagem de energia, mais energia precisa”, que não a compreendemos. Com isso, consideramos que apresentou resposta menos adequada à da imagem de conceito em relação à 2ª lei de Ohm.

**Diego:** Esse participante, antes da intervenção, apresentou uma resposta incorreta; porém, sua justificativa trouxe a ideia correta de que quanto maior a resistência, maior será o seu valor; uma resposta incompleta por não apresentar que a corrente elétrica diminui devido ao aumento no comprimento

dessa resistência. Após a intervenção, Diego apresentou uma resposta correta e na justificativa abordou a ideia do aumento da resistência trazendo como complemento que a perda de energia é convertida em calor. Consideramos esta uma resposta correta, apesar de não sabermos se neste complemento estava se referindo à corrente elétrica. Devido ao complemento que trouxe, entendemos ter ampliado a sua imagem de conceito de resistência elétrica.

**Elma:** Antes da intervenção, essa participante respondeu corretamente à pergunta; porém, sua justificativa menciona o aumento do circuito e não do comprimento da resistência elétrica, o que não consideramos adequado. Após a intervenção, Elma respondeu corretamente e sua justificativa nos deixou intrigados por trazer elementos questionados na pergunta anterior que abordou o brilho das lâmpadas em função da variação no comprimento da resistência. No entanto, sua justificativa traz ideias de resistências quando ligadas em paralelo e não em série, o que consideramos inadequado em relação ao questionamento. Dessa forma, não conseguimos inferir no que se refere ao enriquecimento da sua imagem de conceito de resistor.

**Fábio:** Antes da intervenção, esse participante respondeu que a corrente elétrica não sofrerá alterações e, assim como fez na Questão 4, não trouxe justificativa para essa resposta. Após a intervenção, equivocou e respondeu que a corrente elétrica aumentaria e na justificativa citou que "o fluxo assim diminuindo" de forma contraditória à sua resposta. Caso o termo "fluxo" esteja trazendo a ideia de corrente elétrica, podemos considerar um argumento correto, mas incompleto. Como trouxe uma justificativa, talvez plausível, consideramos um ganho, porque antes da intervenção não evocou elementos para justificar sua resposta.

**Gal:** Antes da intervenção, essa participante equivocou em sua resposta, ao responder que não sofreria alterações, trazendo em sua justificativa a mesma resposta que deu à pergunta, ou seja, não sofreria alterações. Após a intervenção, equivocou-se novamente e respondeu que a corrente elétrica aumentaria, justificando que vai passar mais corrente, uma ideia oposta ao que ocorre na realidade. Com isso, inferimos que as discussões ocorridas na intervenção não foram suficientes para enriquecer a sua imagem de conceito

de resistência elétrica, quando se utiliza a 2ª lei de Ohm.

**Helô:** Essa participante, antes da intervenção, respondeu corretamente que a corrente elétrica diminuiria, porém, assim como fez na Questão 4, não trouxe uma justificativa para sua resposta. Após a intervenção, apresentou que a corrente elétrica iria diminuir associando este fato ao aumento da resistência elétrica, o que está de acordo com o que consideramos como uma resposta adequada. Diferentemente de Gal, entendemos que a discussão realizada durante a intervenção sobre a 2ª lei de Ohm trouxe um enriquecimento da imagem de conceito de resistência elétrica da discente.

**Ian:** Antes da intervenção, esse participante respondeu de maneira equivocada que não sofreria alterações com a justificativa “Pois irão juntar”, a qual não compreendemos. Após a intervenção, trouxe uma definição de acordo com a que consideramos formal, acrescentando, ainda, que corrente elétrica e resistência elétrica são grandezas inversamente proporcionais. Como se pode perceber, Ian enriqueceu sua imagem de conceito de resistor elétrico no que se refere à 2ª lei de Ohm.

**Jack:** Antes da intervenção, essa participante respondeu de maneira equivocada que a corrente elétrica aumentaria e relatou não saber explicar. Após a intervenção, respondeu corretamente que a corrente elétrica diminuiria, repetindo em sua justificativa a resposta dada à pergunta. Sendo assim, não conseguimos inferir sobre o enriquecimento da imagem de conceito de Jack em relação ao assunto abordado.

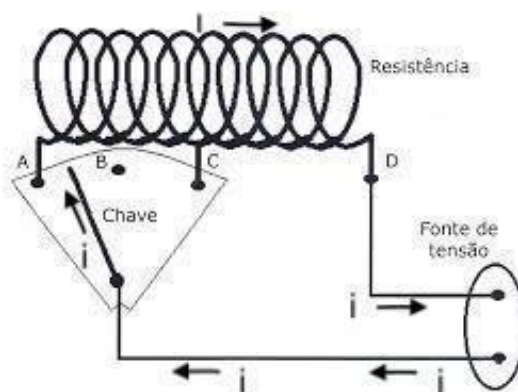
**Kauã:** Antes da intervenção, Kauã apresentou uma resposta de acordo com a que consideramos formal. Após a intervenção, apesar de trazer a ideia de proporcionalidade abordada na intervenção, equivocou-se, porque corrente elétrica e comprimento da resistência elétrica são grandezas inversamente proporcionais. Por meio das respostas dadas por Kauã, podemos observar que, após a intervenção, ele apresentou resposta menos adequada à sua imagem de conceito sobre o assunto do que na primeira oportunidade.

A quantidade de categorias que foram elaboradas para colocarmos as respostas obtidas para a pergunta que abordou a 2ª lei de Ohm aumentou após a intervenção, o que mostra a variedade de ideias que foram absorvidas durante a discussão sobre o assunto. Além disso, enquanto uns enriqueceram a imagem de

resistência elétrica, outros apresentaram respostas menos adequadas. Não temos uma resposta para isso; porém, teceremos mais comentários em nossas conclusões.

### 5.6. Questão 6

06 - Por meio de uma chave seletora, um chuveiro elétrico pode regular a água que passa por ele em três temperaturas distintas: “fria”, “morna” e “quente”. Na figura abaixo, mostramos o esquema de um chuveiro elétrico, que é constituído por um fio enrolado e três pontos (A, B, C) nos quais podemos posicionar a chave seletora, de modo a variar a temperatura da água. Em qual dos pontos, A, B ou C, a chave seletora deverá ser posicionada para que a temperatura da água do chuveiro seja a mais quente? Justifique sua resposta.



Fonte:

<https://nacionalonline.nacionalnet.com.br/servicos/coberturas/..%5C..%5CResolvidos%5CQuest%E3o%20003%20%28Resolvida%29%2028303.pdf>

O objetivo dessa questão foi o de verificar a existência de um possível *fator conflito potencial* que se refere ao “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada”. Nossa experiência mostra que muitos estudantes concebem equivocadamente que um aumento no comprimento da resistência elétrica acarreta em um aumento no aquecimento da água de um chuveiro elétrico. Para verificar nossa conjectura da existência do fator de conflito potencial mencionado, fizemos uma comparação entre as respostas obtidas dos participantes para as Questões 5 e 6. Ao final das análises das respostas de cada participante, apresentamos um

quadro com a quantidade de participantes que, sob nosso olhar, apresentaram tal conflito.

Conjecturamos que, caso o participante respondesse na Questão 5 que um aumento da resistência acarretaria uma diminuição na corrente elétrica e na Questão 6 indicasse o ponto A (maior comprimento da resistência elétrica) como maior aquecimento do chuveiro, indicaria tal fator de conflito potencial.

Salientamos que pecamos em, na pergunta da Questão 6, não acrescentarmos um questionamento sobre a percepção do participante em relação à variação no comprimento da resistência ao se mudar a chave seletora, colocando-a nos pontos indicados. Porém, mesmo sem sabermos com certeza dessa percepção, inferimos que consideraram o aumento da resistência ao se deslocar a chave seletora de C para A. Essa inferência se deve à clareza que, sob nossa ótica, se percebe tal fato na figura da Questão 6.

O Quadro 12 expressa as respostas dos participantes às Questões 5 e 6.

Quadro 12 - Respostas dos participantes para as Questões 5 e 6

Participante	Questão	Antes da intervenção	Após a intervenção
Alan	5	Diminuirá, pois a força está menor.	Aumentará, quanto maior o comprimento, mais difícil passar a eletricidade.
	6	A, pois é onde a potência é mais forte.	A, assim o resistor condensa mais eletricidade
Beto	5	Aumentará; Não sei.	Diminuirá; Não sei explicar.
	6	C; Não sei.	C; Quanto menor a resistência, maior a energia.
Carlos	5	Diminuirá; Maior o comprimento do resistor = maior carga que passa pelo mesmo, logo, creio que ele consome mais diminuindo a corrente.	Diminuirá; Quanto menor a passagem de energia, mais energia precisa.
	6	C; Para que não haja perda de corrente.	C; Porque a corrente que passa é maior.
	5	Aumentará; Pois o valor da resistência irá ficar maior em função do tamanho da resistência.	Diminuirá; Pois com uma maior resistência, a energia sofre uma perda, convertendo a mesma em calor.

<b>Diego</b>	6	C; Menor proporciona menor resistência e acaba aquecendo mais a mesma.	C; Se aquece mais devido à baixa resistência com a conexão C.
<b>Elma</b>	5	Diminuirá; Pk aumentou o circuito.	Diminuirá; Pk em cada resistor, o gerador fornece uma corrente adicional para a nova lâmpada, de modo com que fique com corrente igual à corrente em cada lâmpada no primeiro circuito.
	6	A; As lâmpadas estiverem em série, se uma queimar todas se apagam. Porém, se estiverem em paralelo (como nas casas) nada acontece com as demais. Já em relação ao brilho, o que o caracteriza é a corrente.	A; Pk a resistência no b é um pouco maior do que do A.
<b>Fábio</b>	5	Não sofrerá alterações.	Aumentará; Não seguindo o fluxo, assim diminuindo.
	6	C.	C; Menor resistência, ela esquentar mais. Vai esquentar muito a resistência.
<b>Gal</b>	5	Não sofrerá alterações; Não sofrerá alterações.	Aumentará; Pois vai passar mais corrente.
	6	A; O ponto A fica perto da chave de energia, então ela consegue puxar mais energia que os outros pontos.	A; A chave seletora ligada na ponta A faz com que use 100% da resistência, fazendo com que a temperatura da água do chuveiro seja a mais quente.
<b>Helô</b>	5	Diminuirá.	Diminuirá; Mais resistência elétrica e corrente menor.
	6	A.	A; Pois será oq vai passar maior tensão primeiro.
<b>Ian</b>	5	Não sofrerá alterações; Pois irão juntar.	Diminuirá; Pois a relação de resistência com corrente elétrica é inversamente proporcional, Maior a resistência menor a corrente.
	6	C; Pois está mais perto da resistência.	C; Pois irá começar no meio da resistência, assim passando menos corrente e aquecendo mais.
<b>Jack</b>	5	Aumentará; N sei como explicar.	Diminuirá; Ela diminuirá.

	6	C; N sei como explicar.	C; letra C.
<b>Kauã</b>	5	Diminuirá; Com o aumento ele aumentará a resistência, assim diminuirá a corrente.	Aumentará; São grandezas proporcionais.
	6	C, Quanto mais aumentar a corrente elétrica, mais a água vai aquecer.	C; A corrente passa um caminho menor pela resistência, esquentando mais.

Fonte: Dados da pesquisa.

Após fazermos uma comparação entre as respostas obtidas para as questões 5 e 6, antes e após a intervenção, elaboramos o Quadro 13 de categorias de respostas.

Quadro 13 - Categorias de análise para verificar o fator de conflito potencial: “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada”

	Antes da intervenção	Após a intervenção
Apresentou o fator de conflito potencial.	Alan e Helô.	
Não apresentou o fator de conflito potencial.	Carlos e Kauã.	Beto, Carlos, Diego e Elma.
Não apresentou o conflito; porém, a justificativa apresentada está equivocada.		Gal.
Respostas contraditórias	Diego.	Fábio, Helô, Ian e Kauã.
Não conseguimos avaliar a apresentação ou não do fator de conflito potencial.	Beto, Elma, Fábio, Gal, Ian e Jack.	Alan e Jack.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O fato de não explorarmos adequadamente a Questão 6 apareceu na resposta de Elma “A;  $P_k$  a resistência no b é um pouco maior do que do A”. Ao nosso entender, a estudante interpretou o comprimento da resistência ser maior ao ligar a chave seletora no ponto B.

Antes da intervenção, dois participantes (Alan e Helô) apresentaram o conflito “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada”. Após a intervenção, nenhum apresentou de forma clara tal conflito, o que consideramos um ganho talvez ocorrido por meio da intervenção.

Antes da intervenção, os variados tipos de respostas dadas pelos participantes não permitiram a percepção de tal fator de conflito potencial. Após a intervenção, as respostas foram mais concisas, mas mesmo assim para alguns não conseguimos avaliar a existência ou não do referido conflito.

Talvez, a forma como elaboramos as Questões 5 e 6 para fazermos uma comparação não permitiu verificarmos de forma clara o que queríamos. Mesmo que não pudemos avaliar a existência de tal conflito que talvez aconteça de forma geral, ainda cremos que a ideia “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada” é conflituosa, pois não é incomum percebermos em sala de aula quando tratamos o assunto.

Destacamos que após a intervenção houve ideias exploradas no experimento, como a questão da proporcionalidade entre as grandezas físicas envolvidas no fenômeno; algumas escritas de forma explícita na justificativa (Ian e Kauã), o que consideramos um ganho. Também vale enfatizar que houve um aumento no número de respostas contraditórias, o que não nos possibilita uma explicação; mas aponta que o tema não é trivial e deve ser explorado com cuidado quando abordado em sala de aula.

O experimento realizado na intervenção teve, como principal objetivo, abordar a variação no comprimento da resistência elétrica e sua relação com o aumento ou diminuição da corrente elétrica e desta com a potência dissipada por efeito joule, para explorar ideias equivocadas evocadas por estudantes sobre o assunto e que percebemos em sala de aula enquanto professor da disciplina de Física. A construção e aplicação deste experimento se constituíram no principal produto desta pesquisa, descritos no capítulo que se segue.

## 6. PRODUTO EDUCACIONAL

Nosso trabalho tem como produto final uma sequência didática que descreve a forma como o assunto resistores elétricos foi abordado com um grupo de estudantes da terceira série do Ensino Médio. Essa sequência didática se constitui de um vídeo e de um manual para a construção de um resistor elétrico confeccionado com materiais de baixo custo e de fácil acesso, e alguns componentes constituídos de materiais recicláveis. Esses recursos foram utilizados para explorar conceitos importantes sobre o tema. No que segue, expomos como foi por nós desenvolvidos, o que fica como sugestão para o leitor, caso queira utilizá-los.

Como sugere uma das proposições da sala de aula invertida, em um primeiro momento convidamos todos os estudantes da turma pesquisada, participantes ou não da pesquisa, para assistirem a um vídeo<sup>33</sup> elaborado pelo professor-pesquisador para que, em um encontro posterior, pudéssemos discutir sobre os conceitos envolvidos no vídeo.

Após supostamente terem assistido ao vídeo, cujo *link*<sup>34</sup> foi disponibilizado por meio de um grupo de rede social, iniciamos o encontro seguinte provocando os alunos para um debate, de modo que supostas dúvidas ainda existentes pudessem ser esclarecidas. Neste debate, revimos o assunto, anotando no quadro negro os conceitos abordados no vídeo e, por meio de desenhos de circuitos, mostramos a variação no comprimento da resistência elétrica e exploramos as relações  $R = \frac{V_{AB}}{i}$  e  $R = \rho \frac{L}{A}$ .

Após indagarmos se ainda havia dúvidas e sem retorno dos estudantes para essa pergunta, eles foram convidados a formar grupos com 3 a 5 elementos. Para cada um desses grupos foram distribuídos materiais, previamente preparados pelo professor-pesquisador, para que eles próprios pudessem realizar a montagem do circuito elétrico do tipo reostato.

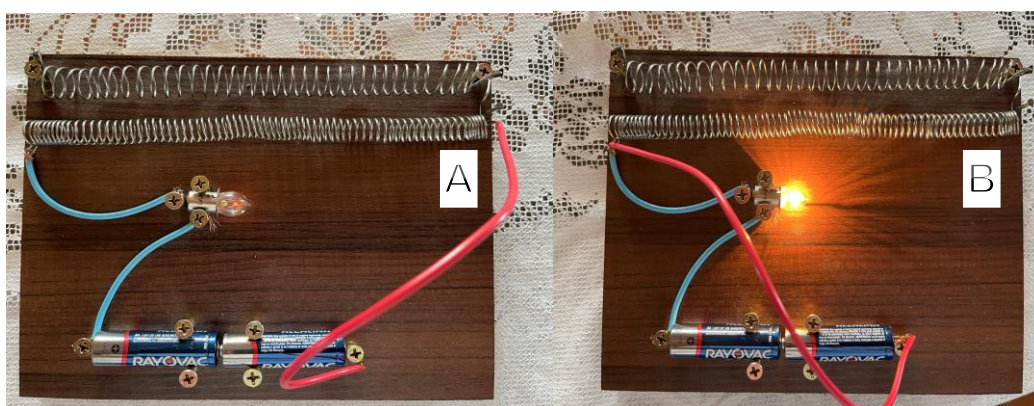
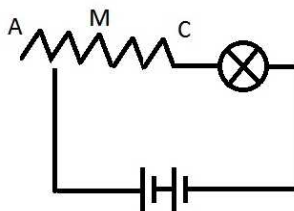
---

<sup>33</sup> Este vídeo não passou pelo crivo do orientador e cabe ressaltar que o leitor poderá criar seu próprio vídeo ou pesquisar outro em meios digitais que lhe seja mais adequado.

<sup>34</sup> Este vídeo pode ser acessado por meio do link:  
<https://drive.google.com/file/d/1Dg7PUe6wugqepRBYKhpC6RXRUeuyo9hL/view?usp=sharing>.

Na Figura 37, a seguir, mostramos o experimento montado que se constitui de um circuito elétrico do tipo reostato, ligando em série duas pilhas, um resistor e uma lâmpada.

Figura 37 - Esquema elétrico do reostato e fotos do circuito



**Legendas:**

A – Brilho da lâmpada quando ligada em resistência máxima.

B -- Brilho da lâmpada quando ligada em resistência mínima.

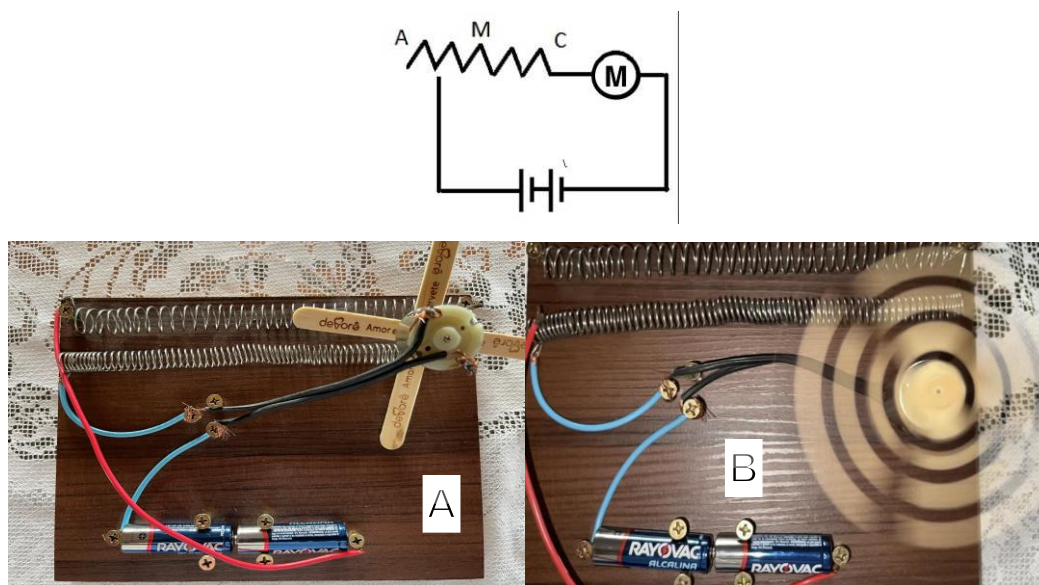
Fonte: Arquivos do pesquisador.

Neste circuito elétrico, ao variar de forma manual<sup>35</sup> o comprimento da resistência elétrica, estabelecendo conexões em pontos diferentes, haverá variação da corrente elétrica e, como consequência, ocorrerá uma variação também na intensidade do brilho das lâmpadas devido à mudança de potência por elas dissipada.

Ainda fizemos o mesmo experimento, substituindo no circuito elétrico a lâmpada por um motor elétrico, mantendo a ligação em série com o reostato e as pilhas, conforme Figura 38.

<sup>35</sup> A conexão em pontos diferentes da resistência elétrica se dá pelo movimento do fio vermelho da figura.

Figura 38 - Esquema elétrico do reostato e fotos do circuito



**Legendas:**

A – Rotação da hélice acoplada ao motor quando ligada à resistência máxima.

B – Rotação da hélice acoplada ao motor quando ligada em resistência mínima.

Fonte: Arquivos do pesquisador.

Analogamente, como ocorre com o brilho da lâmpada na Figura 36, a variação no comprimento da resistência elétrica provoca a variação da corrente elétrica, o que resulta em uma variação na velocidade do motor elétrico que pode ser observada pela velocidade de rotação da hélice feita de palitos de picolé.

Para a montagem deste circuito elétrico, utilizamos os seguintes materiais:

- 01 (uma) tábua de madeira com dimensões aproximadas de 35 cm x 20 cm x 1 cm, na qual serão fixados parafusos (esses materiais podem ser recicláveis).
- 15 (quinze) parafusos de comprimento  $\frac{3}{8}$ " (fácil acesso).
- Cola (fácil acesso).
- 02 (duas) pilhas de 1,5 Volts (fácil acesso).
- 02 (duas) resistências de chuveiro (esses materiais podem ser recicláveis).
- 01 (uma) lâmpada de 3 Volts
- 01 (um) motor elétrico de 3 Volts (esse material pode ser reciclável).

- 05 (cinco) fios elétricos flexíveis de bitola aproximada de 3 mm e de comprimento entre 10 e 20 cm (esse material pode ser reciclável)
- 02 (dois) palitos de picolé que serão utilizados como uma hélice, que possibilitará a visualização da rotação do motor elétrico (reciclável).

A montagem do circuito utilizado no experimento se encontra de forma detalhada ao final do vídeo<sup>36</sup>. Sucintamente, a descrevemos a seguir:

Para montar este circuito em uma tábua de madeira, fixamos 06 (seis) parafusos em torno das 02 (duas) pilhas ligadas em série e 03 (três) parafusos em torno do terminal da lâmpada. Fixamos 04 (quatro) parafusos para prender as resistências elétricas ligadas em série. Um pequeno pedaço de fio foi utilizado para ligar a extremidade da resistência elétrica à base da lâmpada e outro pedaço de fio para ligar a lâmpada à extremidade da pilha (fios azuis da Figura 37 (página 118)). Também foi utilizado um pedaço de fio maior (fio vermelho da Figura 37) para ligar a outra extremidade da pilha aos pontos que se deseja estabelecer a ligação, ou seja, será o reostato do circuito.

Já para explorarmos a velocidade do motor, visualizada por meio da rotação da hélice, colamos as hélices no eixo do motor que foi colado na tábua e ligado ao circuito por meio de dois fios (fios pretos Figura 38 (página 119)) no local da lâmpada, como demonstrado na figura.

Ressaltamos que, após a montagem dos circuitos pelos estudantes, os incitamos a deslizarem o fio utilizado como reostato ao longo da resistência e analisarem a variação no comprimento do resistor em relação ao aumento gradativo no brilho da lâmpada e também na velocidade de rotação do motor em ambos os experimentos, focando na maior ou menor dissipação de potência, sempre à disposição para esclarecer dúvidas.

Vale ressaltar que, como discutido em nossas análises, houve, em geral, o enriquecimento da imagem de conceito de resistor elétrico dos participantes. No entanto, os resultados das análises mostraram que não é um assunto trivial e deve ser abordado com cuidado, como discutimos a seguir em nossas considerações finais.

---

<sup>36</sup> Este vídeo pode ser acessado por meio do link:  
<https://drive.google.com/file/d/1Dg7PUe6wugqepRBYKhpC6RXRUeuyo9hL/view?usp=sharing>.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nesta pesquisa, buscamos compreender ideias que são manifestadas de forma equivocada por estudantes, quando tratamos o tema resistores elétricos em sala de aula, o que gerou essa dissertação.

### **Um breve percurso do trabalho**

O referencial teórico adotado foi apresentado no Capítulo 1 e se referiu aos construtos imagem de conceito, definição de conceito, fatores de conflito potencial e fatores de conflito cognitivo, de Tall e Vinner (1981), pois consideramos que seriam conceitos teóricos que nos forneceriam subsídios para responder às nossas indagações.

No Capítulo 2 expusemos as considerações conceituais sobre resistores elétricos e conceitos adjacentes que serviram como referencial para a análise dos dados, bem como para informar ao leitor sobre o assunto tratado nesta dissertação. Para explanação, nos baseamos em materiais didáticos direcionados para o Ensino Médio e consideramos os conceitos ali expostos como formais para esse nível de ensino. Estes conceitos serviram de parâmetro para realizarmos as análises das respostas obtidas nos protocolos dos participantes desta pesquisa, com o propósito de verificarmos o enriquecimento ou não da imagem de conceito de resistores elétricos dos participantes após ser realizada uma intervenção.

Preocupados com o ensino e a aprendizagem do tema resistores elétricos, buscamos na literatura como o assunto é tratado em livros didáticos e em pesquisas científicas, em especial estudos que procuraram oferecer métodos de ensino supostamente mais adequados para a abordagem do tema. Em nossas buscas não encontramos muitos estudos sobre o assunto, mas trazemos, no capítulo 3, os que tivemos acesso. Naquele capítulo, também abordamos sobre aprendizagem significativa e sobre sala de aula invertida, que serviu, de certa forma, como um pano de fundo na maneira como abordamos resistores elétricos com estudantes de uma turma da terceira série do Ensino Médio da qual eram provenientes os participantes desta pesquisa.

No capítulo 4, detalhamos os procedimentos metodológicos que foram adotados durante a pesquisa, sendo esta realizada em quatro etapas: aplicação de

um questionário; disponibilização de um vídeo elaborado pelo professor-pesquisador abordando o tema resistores elétricos e a construção de um circuito elétrico de baixo custo; intervenção na qual discutimos o conteúdo do vídeo seguido da montagem do circuito elétrico para abordagem de conceitos sobre o tema; finalizando com a reaplicação do mesmo questionário.

No capítulo 5 fazemos, sob nosso olhar, a análise dos dados da pesquisa obtidos nos protocolos dos 11 (onze) participantes deste estudo, de forma a elucidar nossas duas questões de pesquisa:

*Quais elementos da imagem de conceito de resistores elétricos foram evocados antes e após uma intervenção sobre o tema resistores elétricos, por um grupo de alunos do terceiro ano do Ensino Médio? Essa intervenção foi capaz de produzir um enriquecimento da imagem de conceito de resistores elétricos desse grupo de alunos?*

*Quais fatores de conflito potencial relacionados a Resistores Elétricos foram evidenciados nas respostas desses estudantes antes e após a intervenção?*

No capítulo 6, mostramos nosso produto educacional: uma sequência didática para abordagem do tema resistores elétricos; trouxemos apontamentos para a construção de um circuito elétrico de baixo custo e o *link* do vídeo que produzimos para a abordagem de conceitos que consideramos importantes para a aprendizagem do tema.

Entendemos que as respostas obtidas dos participantes por meio do questionário aplicado antes e após a intervenção nos permitiu ter, de certa forma, acesso a elementos da imagem de conceito de resistor elétrico de alguns estudantes da terceira série do Ensino Médio, de forma a responder às nossas duas questões de pesquisa.

### **Respostas à primeira questão de pesquisa**

Na Questão 1 do questionário, perguntamos sobre a definição de conceito de resistência elétrica. Antes da intervenção, obtivemos várias respostas adequadas; porém, não foi incomum nelas aparecer o complemento “mesmo que exista uma diferença de potencial aplicada”. Das 11 (onze) respostas obtidas, esse complemento apareceu em 5 (cinco) delas. No questionário após a intervenção, isso foi observado em duas respostas e essa ideia não foi mencionada durante a

intervenção. Esse fato nos intrigou e percebemos que algumas respostas dadas antes da intervenção estão muito parecidas com a exibida no material didático por eles utilizado à época, o PET-2020 (MINAS GERAIS, 2020). Como o questionário foi aplicado de forma *on-line* antes da intervenção, não sabemos se os participantes tinham disponível na imagem de conceito de resistores elétricos tal definição. Contudo, entendemos que as discussões ocorridas foram esclarecedoras para a aprendizagem da definição de resistência elétrica, visto a mudança de categorias dos participantes nas respostas apresentadas no Quadro 1 (página 75). Em respostas obtidas à Questão 1, notamos que tanto antes como após a intervenção, participantes trouxeram a palavra “elétron” como sinônimo de “corrente elétrica”. Isso merece atenção ao trabalharmos com o tema, pois são conceitos distintos: corrente elétrica é o fluxo ordenado de portadores de carga elétrica e elétrons livres são os portadores de carga elétrica em fios condutores. Também notamos o termo “barrar” como sinônimo de “opor”. Entendemos este não ser adequado porque “barrar” nos induz a entender que não há fluxo de portadores de carga elétrica, ou seja, não há corrente elétrica. Contudo, concluímos que a definição de conceito de resistência elétrica, em geral, foi enriquecida por meio da intervenção, porque, após a realização desta, em geral, os participantes trouxeram elementos mais consistentes nas suas definições.

Na Questão 2 do questionário indagamos sobre a definição de conceito de resistores elétricos. Comparando as ideias apresentadas antes e após a intervenção, percebemos que houve enriquecimento da definição de conceito de resistor elétrico. Um fato que nos chamou a atenção foi o de que antes da intervenção havia um maior percentual de respostas que trouxeram uma função dos resistores e não uma definição. E após a intervenção, trouxeram uma função do reostato e não uma definição de resistor. Isso aponta para o fato de que, ao abordar o tema, devemos especificar bem a diferença entre a definição de resistor e suas aplicações e, também, durante a realização do experimento deve-se focar na diferença entre resistor e reostato, porque, talvez, ao diminuírem e aumentarem o comprimento da resistência durante o manuseio do circuito construído, englobaram, como elemento da imagem de conceito, a ideia equivocada de resistor sendo este considerado como o mesmo que reostato pelos estudantes. Talvez essa confusão também se deva ao fato de termos abordado, com bastante ênfase, a função do

reostato para analisar a variação no comprimento da resistência. Não foi raro obtermos, nas respostas, o verbo “limitar” como sinônimo de “opor”. Entendemos que “limitar” é função do reostato e “opor” é função do resistor. Novamente uma confusão entre resistor e reostato.

Ainda no questionário, em sua Questão 3, foi solicitado que o participante citasse, pelo menos, duas aplicações de resistores elétricos no seu cotidiano. Antes da intervenção, 5 (cinco) participantes evocaram da imagem de conceito de resistores apenas exemplos de dispositivos elétricos que funcionam por efeito joule. Após a intervenção, somente 2 (dois) participantes o fizeram. Após a intervenção obtivemos 8 (oito) respostas que citaram como exemplos de resistores o ventilador e/ou o liquidificador. Talvez isso tenha ocorrido porque, durante a realização do experimento, demos, como exemplo da função de um reostato, aumentar ou diminuir a velocidade de giro do ventilador e do liquidificador ao variar o comprimento da resistência elétrica, o que pode ter sido apropriado como resistor na imagem de conceito. Novamente, apontamos a necessidade de, na abordagem do tema, explicitar, de forma clara, a diferença entre a definição e a função desses dois dispositivos elétricos. Ressaltamos que, após a intervenção, todos os participantes ofereceram pelo menos um exemplo de aparelhos que funcionam por efeito joule; o que não havia acontecido antes da intervenção. Mesmo tendo feito confusão entre resistor e reostato, consideramos um ganho.

Chamou-nos atenção os exemplos dados por Beto (Quadro 6, página 97). São exemplos não triviais e que não abordamos no Ensino Médio regular quando tratamos do assunto e imaginamos não serem utilizados por professores quando dão exemplos de resistores; esses são exemplos mais específicos explorados em cursos de elétrica ou eletrotécnica. Isso mostra a individualidade da imagem de conceito e aponta para o quanto a imagem de conceito pode ser enriquecida se estimulada de forma adequada por fatores externos.

Ao analisarmos as respostas do questionário, em sua Questão 4, que se refere ao aumento, diminuição ou não alteração no brilho de lâmpadas ao se colocar em série mais uma lâmpada igual no circuito, mantida a mesma diferença de potencial e explorando a relação  $R = \frac{V_{AB}}{i}$ , não obtivemos respostas completas de acordo com a que consideramos formal como parâmetro para análise, tanto antes como depois da intervenção. Após a intervenção, 4 (quatro) participantes

responderam que o brilho das lâmpadas continuaria o mesmo, ao se incluir mais uma lâmpada (antes da intervenção apenas 1 (um) participante relatou isso), justificando, em sua maioria, por a corrente elétrica ser a mesma. Talvez, a origem desse equívoco resida no fato de, no experimento, apontarmos que a corrente elétrica que percorre o circuito simples e em série é a mesma, independentemente se colocarmos em série mais lâmpadas. Porém, o valor da resistência aumenta diminuindo a corrente elétrica que percorre o circuito. Isso mostra que durante a abordagem do tema devemos explicitar, com ênfase, a relação de proporcionalidade inversa entre a corrente elétrica e a resistência elétrica, a proporcionalidade inversa entre a resistência elétrica e a potência dissipada, e da proporcionalidade direta entre a corrente elétrica e a potência dissipada. Isso vem, de certa forma, confirmar nossa conjectura do fator de conflito potencial “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada”.

Outra ideia que foi expressa por participantes da pesquisa tanto na Questão 4 como na Questão 5 é a utilização do termo "força" como sinônimo de "energia", talvez oriunda da forma como se referem a esses conceitos no cotidiano; na Física são grandezas distintas. Força, em cinemática, é uma grandeza vetorial capaz de modificar o estado de repouso ou de movimento de um corpo, bem como deformá-lo e cujo módulo pode ser determinado por  $R = ma$ <sup>37</sup>. Em eletromagnetismo, força elétrica tem conceito distinto, cujo módulo é determinado por outras relações como, por exemplo,  $F_e = \frac{K \cdot |q| \cdot |Q|}{d^2}$ <sup>38</sup> ou  $F_e = E|q|$ <sup>39</sup>; e energia é uma grandeza escalar que está relacionada à capacidade de uma força realizar trabalho. Outra ideia que apareceu tanto antes como após a intervenção na Questão 4 foi a de que se colocarmos mais uma lâmpada em série, haverá maior consumo de energia. Esta é uma concepção equivocada, visto que a Potência total dissipada será menor quanto mais lâmpadas incandescentes colocarmos em série e se ficarem ligadas um mesmo período de tempo, o que pode ser explicado por meio das expressões  $P = Ri^2$  e  $\Delta E = Pt$ . Observando essas relações, percebemos que o “consumo”  $\Delta E$  de energia será menor, visto que é diretamente proporcional à potência dissipada e

---

<sup>37</sup> R é a resultante das forças que atuam em um corpo de massa m e a é a aceleração adquirida pelo corpo em movimento.

<sup>38</sup> Fe é a força elétrica, K é a constante dielétrica do meio no qual as cargas elétricas q e Q estão imersas e d é a distância que separa as cargas elétricas.

<sup>39</sup> E é o campo elétrico no qual as cargas elétricas estão mergulhadas.

esta é diretamente proporcional à resistência elétrica e ao quadrado da corrente elétrica, ou seja, se dobrarmos a resistência elétrica, a corrente elétrica será reduzida pela metade; porém, essa é elevada ao quadrado.

Salientamos que essa ideia de maior comprimento da resistência elétrica maior dissipação de energia por efeito joule também apareceu na Questão 5. Tanto na Questão 4 como na 5, apareceu a ideia de a corrente ser dividida ao se aumentar a resistência elétrica, um conceito verdadeiro quando as resistências são ligadas em paralelo e não em série. Isso aponta para uma maior atenção, quando se tratar desses dois tipos de circuitos em sala de aula. No entanto, mesmo com esses equívocos e não obtendo respostas completas para a Questão 4 e de um participante ter apresentado respostas menos adequadas após a intervenção, consideramos que, em geral, a imagem de conceito de resistência elétrica dos participantes foi enriquecida, porque após a intervenção trouxeram justificativas mais consistentes.

Na Questão 5, abordamos, por meio da expressão  $R = \rho \frac{L}{A}$  que traduz a 2ª lei de Ohm, a relação entre a variação no comprimento  $L$  do resistor e a variação na corrente elétrica que percorre o circuito, mantendo inalteradas as demais grandezas. Destacamos que, para a Questão 5, em relação às demais questões, foi necessário um maior número de categorias, vista a variedade de respostas que foram evocadas após as discussões ocorridas sobre o assunto na intervenção. Isso pode significar que o aluno tenha maior dificuldade em fazer uma análise da relação apresentada quando a grandeza física nela não aparece, ou seja, na relação  $R = \frac{V_{AB}}{i}$ , a corrente elétrica está explícita, enquanto na relação  $R = \rho \frac{L}{A}$ , a corrente elétrica não aparece. Como relatado em nossas conclusões para a Questão 4, os equívocos cometidos pelos participantes foram praticamente os mesmos que na Questão 5: força como sinônimo de energia, ideias válidas para ligações de resistências em paralelo também válidas para ligações em série e se maior o comprimento da resistência elétrica maior dissipação de energia por efeito joule, o que vem a compactuar nossa conjectura do equívoco “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada” se constituir como um fator de conflito potencial.

Para a Questão 5, não conseguimos conjecturar para dois participantes sobre o enriquecimento ou não da imagem de conceito de resistor elétrico, quando se

aborda a 2ª lei de Ohm. Para outros dois, as discussões ocorridas não foram suficientes para enriquecer a imagem de conceito de resistor elétrico; outros dois, ainda, apresentaram respostas menos adequadas à imagem de conceito; outros três melhoraram seus conceitos sobre o tema; e outros dois enriqueceram a imagem de conceito de resistor e, inclusive, abordaram corretamente a questão da proporcionalidade entre grandezas físicas envolvidas na situação explorada, o que consideramos um ganho. Esse destaque em números se deve ao fato de salientarmos a não trivialidade na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos na 2ª lei de Ohm.

### **Respostas à segunda questão de pesquisa**

No que segue, trazemos nossas observações sobre a segunda questão de pesquisa: Quais fatores de conflito potencial, relacionados a Resistores Elétricos, foram evidenciados nas respostas desses estudantes antes e após a intervenção?

Para responder a essa pergunta, analisamos conjuntamente as questões 5 e 6, a fim de verificarmos se o participante explicitaria respostas contraditórias de forma a podermos conjecturar a existência do fator de conflito potencial “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada”, quando se trata do tema resistores elétricos. Como apontado, entendemos que a elaboração da pergunta não foi adequada para verificar se tal conflito aparece com muita frequência. No entanto, para alguns participantes esse conflito apareceu de forma clara; o que compactua nossa conjectura da existência de tal conflito. Também percebemos a existência do conflito “aumento no comprimento do resistor *versus* divisão da corrente elétrica para os resistores”, um conceito equivocado para circuitos em série, o que deve ser estudado mais a fundo e deixamos como sugestão para pesquisas futuras. Também deixamos como sugestão de estudo a elaboração de uma questão mais adequada para explorar a existência massiva ou não do conflito por nós conjecturado, pois temos convicção de que a ideia “comprimento da resistência elétrica *versus* potência dissipada” é conflituosa por não ser incomum a percebermos em sala de aula, quando abordamos o assunto.

Também deixamos para estudos futuros ideias errôneas que foram observadas nesta pesquisa, tais como: o valor da corrente elétrica ser constante e de mesmo valor independentemente do aumento no comprimento da resistência

elétrica; o conceito de força corresponder ao conceito de energia; a ideia equivocada de que um aumento na resistência elétrica faz com que a corrente elétrica seja dividida (confusão em série e paralelo); a ideia de que um aumento no comprimento da resistência elétrica provoca um maior “consumo” de energia; e a equivalência entre resistor e reostato.

A resposta “maior comprimento do resistor = maior carga que passa pelo mesmo, logo creio que consome mais” de um participante nos intrigou por trazer a relação de “maior carga” com “maior consumo de energia”. Estaria, essa ideia, relacionada com, por exemplo, no cotidiano dizer que carregar um celular significa “fornecer carga ao celular”? Não sabemos. Também cabe uma pesquisa para explorar tal ideia.

Defendemos que atividades práticas para o ensino de Física, e, em nosso caso, resistores elétricos, são positivas para a aprendizagem, como assim defendem Araújo e Abid (2003), quando relatam o uso de experimentos como forma de contribuir para uma maior compreensão de conteúdos de resistores elétricos. Esta mesma ideia é defendida por Charlot (2005), relatando que a atividade experimental, na sua essência, visa elucidar a relação com o saber.

A montagem do circuito simples pelos alunos durante a intervenção possibilitou-lhes uma oportunidade de, durante a aula de Física, manusear os materiais didáticos e explorar, por meio disso, conceitos importantes para a compreensão do tema, o que achamos positivo. Assim também propuseram Oliveira *et al.* (2020), em seu trabalho com a construção e manuseio de uma bancada com circuitos elétricos, utilizando materiais de fácil acesso que simulassem os circuitos elétricos. Os autores concluíram, naquele íterim, uma melhora na aprendizagem do tema. Concluímos, portanto, que essa prática foi um acréscimo para o aprendizado dos estudantes sobre o tema.

França e Barbosa (2018) também trataram de resistores elétricos, propondo uma forma mais dinâmica de abordar o tema e salientaram que, às vezes, essa proposta esbarra na falta de recursos para inovar as aulas. Assim como fizeram para contornar essa realidade da falta de recursos utilizando sucatas de placas eletrônicas, propuseram uma alternativa para auxiliar a aprendizagem do tema por meio de aulas práticas, numa concepção que consideraram como transformadora durante as aulas de Física. Da mesma forma, utilizando outros materiais de baixo

custo e outros recicláveis assim o fizemos na construção do circuito utilizado na intervenção e que fica, aqui, como sugestão de utilização para outros profissionais da Educação em suas aulas.

Diante de ideias inadequadas apresentadas pelos participantes nos protocolos sobre resistores elétricos e conceitos adjacentes e por nós discutidos neste estudo, percebemos que o tema resistores elétricos não é trivial, existindo várias minúcias que devem ser consideradas, quando tratamos do assunto em sala de aula. Essa complexidade também foi destacada por Baião, Amaral e Veraszto (2017) e isso nos chama a atenção e nos induz a questionar sobre a forma como trabalhamos rotineiramente este tema.

Se por um lado houve raros casos de respostas menos adequadas da imagem de conceito de resistor, dada a complexidade do tema que foi abordado, por outro, sob nosso olhar houve, de forma geral, o enriquecimento da imagem de conceito de resistores elétricos dos participantes desta pesquisa. Talvez, pelo fato de nossos produtos educacionais terem sido desenvolvidos para esta pesquisa como forma de oferecer um caminho para a abordagem de resistores elétricos.

Outro caminho possível para a abordagem de temas acadêmicos pode residir na metodologia da Sala de Aula Invertida (SAI). A SAI pode permitir ao estudante vivenciar uma nova forma de se aprender, porque oferece a noção de conceitos antes de eles serem discutidos com um professor em sala de aula, o que pode contribuir para ampliar a imagem de conceito de determinado tema do estudante, de maneira que ele possa ter argumentos quando se propõe discussões e atividades como forma de abordagem de temas, em nosso caso, temas da Física.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, vivenciamos a importância de se estudar e de se entender resultados de pesquisas, ampliando, assim, nosso olhar sobre a forma de abordagem de determinado assunto no processo de ensino e de aprendizagem, em nosso caso, o conteúdo de resistores elétricos. Presenciamos a necessidade do aprofundamento de conteúdo, quando versamos sobre determinado conceito e como este pode ser trabalhado durante o exercício da docência. Segundo Nóvoa (1995), os processos de ensino e de aprendizagem caminham juntos para uma transformação dinâmica, quando se inicia com o aluno tendo o papel de protagonista e a evolução ocorre quando o professor, além de propiciar o

protagonismo do aluno, entende o seu papel e a importância do aprendizado contínuo.

Durante este processo de transformação, o professor passa a “ouvir” seus alunos dando-lhes voz e ação para sua própria aprendizagem, revendo, de forma crítica, sua prática e passando a entender o pensamento dos alunos, direcionando suas ações para a prática reflexiva. Talvez, um caminho para aprendizagem de resistores elétricos de forma prática e reflexiva esteja no produto desta pesquisa, visto que os estudantes afirmaram satisfação em participar do projeto, alegando, ainda, que a intervenção prática realizada em sala para o estudo de resistores elétricos se torna menos cansativa e mais próxima às suas realidades quando comparada com as abordagens tradicionais. Isso nos fez refletir sobre a prática docente, e a buscar compreender o dinamismo do processo de ensino e de aprendizagem.

Também nos fez refletir sobre a existência de fatores de conflitos potencial, quando trabalhamos determinado tema em sala de aula e que esses devem ser trazidos à tona e tratados como fatores de conflito cognitivo, de forma a enriquecer a imagem de conceito dos estudantes no que se refere ao tema ora abordado.

Embora a BNCC deposite muitas expectativas em relação ao uso das metodologias ativas e da tecnologia durante o ensino da Física no Ensino Médio, percebemos que é uma proposta que se distancia da prática vivenciada por professores desta área da Educação Básica. Um fato que corrobora essa nossa observação é a redução do número de aulas semanais deste conteúdo. Entendemos a importância da aprendizagem de todos, mas destacamos, aqui, a insatisfação com essa redução do número de aulas de Física, vistas a importância e complexidade dos conteúdos, aqui demonstrado com o assunto resistores elétricos. Além disso, percebemos a necessidade de práticas específicas para o ensino e aprendizagem de cada tema, e essa redução de tempo contrapõe à demanda necessária para a aprendizagem e o protagonismo do aluno durante as aulas de Física.

Apesar de estarmos convictos de termos atingido o objetivo deste estudo que foi o de investigar se uma intervenção, tendo como suporte a metodologia da Sala de Aula Invertida, seria uma abordagem que permite superar fatores de conflito potencial e enriquecer imagens de conceito de resistores elétricos de um grupo de estudantes da terceira série do Ensino Médio, sabemos o quanto ainda é necessário

explorar sobre o tema resistores elétricos devido à sua complexidade que, para nós, só foi perceptível ao observarmos a quantidade de equívocos e ideias errôneas que foram evocadas da imagem de conceito de resistores elétricos dos participantes desta pesquisa.

Por fim, concluímos o quanto este estudo foi fundamental para nosso crescimento profissional e, em especial, como educador.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, O; MORTIMER, E. F; SCOTT, P. Learning from and responding to students' questions: the authoritative and dialogic tension. **Journal of Research in Science Teaching**, v.47, n.2, p.174-193, 2010. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20315>>. Acesso em: 05 abr. 2022.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABID, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**: v. 25, n. 2, p.176-194, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicología educativa**: un punto de vista cognoscitivo. Traducción al español de Roberto Helier D. México: Editorial Trillas, 1976.
- BAIÃO, E. R.; AMARAL, S. F.; VERASZTO, E. V. Proposta de Aula Experimental sobre Lei De Ohm e Resistores para o Ensino Médio Utilizando o *Scratch For Arduino*. Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF, 22, 2017. **Anais...** São Carlos: USP, 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/313243679\\_PROPOSTA\\_DE\\_AULA\\_EXPERIMENTAL SOBRE LEI DE OHM E RESISTORES PARA O ENSINO MEDIO UTILIZANDO O SCRATCH FOR ARDUINO](https://www.researchgate.net/publication/313243679_PROPOSTA_DE_AULA_EXPERIMENTAL SOBRE LEI DE OHM E RESISTORES PARA O ENSINO MEDIO UTILIZANDO O SCRATCH FOR ARDUINO)>. Acesso em: 13 fev. 2022.
- BECHARA, Evanildo (Org.). **Opor**. In: Dicionário Escolar da Academia Brasileira de Letras: Língua Portuguesa. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2011. p.198.
- BERGMANN, Jonathan; SANS, Aaron. **Sala de aula invertida**: uma metodologia ativa de aprendizagem. Trad. Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. A experimentação no ensino de ciências da educação básica: constatações e desafios. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, p. 1-10, 2011. Disponível em: <<https://peer.asee.org/the-flipped-classroom-a-survey-of-the-research>>. Acesso em: 20 maio 2022.
- BISHOP, J. L.; VERLEGER, M. A. The Flipped Classroom: A Survey of the Research. In: ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 10, 2013. **Anais...** Atlanta: Geórgia, p.23.1200.1-23.1200.18, 2013.
- BLUKIT. **Resistência de chuveiro elétrico**. Disponível em <https://www.blukit.com.br/produto/detalhe/resistencia-eletrica-para-chuveiro-corona-2>. Acesso em: 10 out. 2021.
- BOBYWILL. **Resistência elétrica e seu efeito**. Disponível em: <http://bobywil.blogspot.com/2015/11/resistencia-eletrica-e-o-seu-efeito.html>. Acesso em: 10 out. 2021.

BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRANSFORD, J., BROWN, A. Y COCKING, R. The design of learning environments. In: BRANSFORD, J., BROWN, A. Y COCKING, R. (Ed.). **How People Learn - Brain, mind, experience, and school**. Washington, DC: National Academy Press, 2000, p.131-154.

BRASIL ESCOLA. **Reostato**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-que-um-reostato.htm>. Acesso em: 10 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular - Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/historico/>>. Acesso em: 20 abr., 2020.

CHARLOT, B. **Relação com o saber, formação dos professores e globalização: questões para educação hoje**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

CHIN, C; BROWN, D; BRUCE, B. C. Student-generated questions: a meaningful aspect of learning in science. **International Journal of Science Education**, v.24, p.521-549, 2002.

CHIN, C; OSBORNE, J. Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. **Studies in Science Education**, v.44, n.3, p.1-39, 2008.

EDUCAUSE: **7 Things you should know about flipped classrooms**. 2012. Disponível em: <<https://library.educause.edu/resources/2012/2/7-things-you-should-know-about-flipped-classrooms>>. Acesso em: 19 maio 2021.

FOXLUX. **Resistência Elétrica**. Disponível em: <https://www.foxlux.com.br/blog/dicas/como-calcular-resistencia-eletrica/>. Acesso em: 10 out. 2021.

FRANÇA, C. A. R.; BARBOSA, M. S. O Uso de sucatas de placas eletrônicas como protótipos para o ensino e aprendizagem de resistores. CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO DE CIÊNCIAS – CONAPESC, 3. [S.L.], 2018. **Anais...** 2018. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/43272>>. Acesso em: 21 maio 2021.

KLAUSEN, Luciana dos Santos. Aprendizagem significativa: um desafio. In: EDUCERE–Congresso Nacional de Educação, 8. 2017. **Anais...** 2017. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/71107914-Aprendizagem-significativa-um-desafio.html>>. Acesso em: 3 abr. 2021.

LABURÚ, Carlos Eduardo. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Santa Catarina, v.23, n.3, p.382-402, Dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6268>>. Acesso em: 16 jun. 2022.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986 (Temas básicos de Educação e Ensino).

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Planos de Estudos Tutorados**. 3 Ano do Ensino Médio. Volume 2, 2020, p.71-79. Disponível em: <https://geographia.com.br/wp-content/uploads/2021/06/3o-Ano-EM-Regular-Diurno-VOL-2-1.pdf>. Acesso em: 22 maio de 2021.

MORAN, K.; MILSOM, A. The Flipped Classroom in Counselor Education. **Counselor Education and Supervision**, v.54, n.1, p.32-43, 2015. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1556-6978.2015.00068.x>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

NACIONAL ON LINE. **Reostato em chuveiro elétrico**. Disponível em: <https://nacionalonline.nacionalnet.com.br/servicos/coberturas/..%5C..%5CResolvidos%5CQuest%E3%o%20003%20%28Resolvida%29%2028303.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2022a.

NÓVOA, António (Org.) **Os professores e a sua formação**. 2. ed. Lisboa: Dom Quixote Instituto de Inovação Educacional, 1995. (Nova Enciclopédia, 39).

OLIVEIRA, Tobias Espinosa de Ives; ARAUJO, Solano; VEIT, Eliane Angela. **Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física**. Física na Escola, v. 14, n. 2, 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/159368/001016037.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 abr.2021.

OLIVEIRA, Ivania Silva de; COSTA, Christiane Karla Bispo da; ABREU, Maiara Ferreira de; SILVA, Stefânia de Oliveira. Desenvolvimento de uma bancada elétrica utilizando associação de resistores. CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DA ABENGE –COBENGE, 3. Universidade de Caxias do Sul: Evento online, 2020. **Anais...** 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/348898476\\_DESENVOLVIMENTO\\_DE\\_U\\_MA\\_BANCADA\\_ELETRICA\\_UTILIZANDO\\_ASSOCIACAO\\_DE\\_RESISTORES](https://www.researchgate.net/publication/348898476_DESENVOLVIMENTO_DE_U_MA_BANCADA_ELETRICA_UTILIZANDO_ASSOCIACAO_DE_RESISTORES)>. Acesso em: 23 ago. 2021.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares de Física para a Educação Básica**. Curitiba: SEED, 2008.

PREPARA ENEM. **Circuito simples com uma lâmpada**. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/circuito-eletrico-simples.htm>. Acesso em: 10 out. 2021.

RIBEIRO DA LUZ, Antônio Máximo; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Contextos & aplicações**. Volume 3. São Paulo: Scipione, 2016. p.92-98.

STAKER, Heather; HORN, Michael B. **Classifying K–12 Blended Learning**. Boston: Innosight Institute, 2012. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED535180.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

TALL, D. O.; VINNER, S. Concept Image and Concept Definition in Mathematical with particular reference in Limits and Continuity. In: **Educational Studies in Mathematics**, v.12, p. 151-169, 1981.

VALENTE, J. A. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. In: BACICH, Lílian; MORAN, José. (Org.) **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. p.26-44.

VALENTE, J. A. Blended learning e as mudanças no Ensino Superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, Curitiba, Edição Especial, n.4, p.85, 2014.

VINNER, Shlomo. The Role of Definitions in the Teaching and Learning Mathematics. In: TALL, D. O. (Ed.) **Advanced Mathematical Thinking**. New York: Kluwer Academic Publisher, 1991. p.65-81.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Termo de Autorização e Compromisso da Instituição

#### **TERMO DE AUTORIZAÇÃO E COMPROMISSO DA INSTITUIÇÃO COPARTICIPANTE DO PROJETO DE PESQUISA**

##### AUTORIZAÇÃO

*Eu, Fabiana Henriques de Almeida Soares, na qualidade de responsável pela Escola Estadual Manoel Batista, autorizo a realização da pesquisa intitulada: ATIVIDADES PRÁTICAS E INVERSÃO DA SALA DE AULA COMO FERRAMENTAS PARA A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE RESISTOR POR ESTUDANTES DA TERCEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO, a ser conduzida sob a responsabilidade do pesquisador, Mozart Morato Campos e Gerson Geraldo Chaves, e declaro que esta Instituição apresenta infraestrutura necessária à realização da referida pesquisa. Esta autorização só é válida no caso de haver parecer favorável do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa para a referida pesquisa.*

*Pará de Minas, 18 de junho de 2021.*

---

*Assinatura*

## APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para maiores de idade

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado(a), como voluntário(a), a participar da pesquisa “ATIVIDADES PRÁTICAS E INVERSÃO DA SALA DE AULA COMO FERRAMENTAS PARA A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE RESISTOR POR ESTUDANTES DA TERCEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO”.

Durante o aprendizado de Física, você pode associar incorretamente o aquecimento da água pelo chuveiro com o aumento no comprimento da resistência interna, sem analisar, de forma correta, a corrente elétrica que atravessa o resistor e a potência dissipada. Tal erro também é, muitas vezes, verificado e compartilhado por colegas de profissão. Esperamos contribuir com os estudantes no aprendizado sobre conceitos relativos a resistências e resistores elétricos e suas aplicações no cotidiano, por meio de um vídeo fornecido pelo professor-pesquisador. Este vídeo poderá ser assistido, também, pelos pais e/ou responsáveis pelos estudantes, o que poderá ajudar no processo de ensino e aprendizado deste conteúdo.

Nesta pesquisa, pretendemos realizar três encontros-aulas sobre resistências e resistores elétricos, que contará com uma atividade prática de montagem de um circuito utilizando pilhas, lâmpadas e motores elétricos, para estudar o conteúdo de eletricidade de forma mais participativa e prática.

Após a assinatura deste termo de consentimento, você, como participante da pesquisa, responderá a um questionário contendo 6 (seis) questões. O tempo estimado para esta atividade é de 20 minutos. Em seguida, você será convidado a assistir, em casa, um vídeo sobre a montagem prática de um circuito elétrico, para ser debatido no próximo encontro. O tempo estimado para esta atividade é de 5 minutos.

No segundo encontro será realizado um debate com você e seus colegas no qual serão esclarecidas as dúvidas sobre o conteúdo dos vídeos. O tempo estimado para esta atividade é de 15 minutos. Encerrados os debates, serão formados grupos com 3 a 5 alunos e distribuídos os materiais previamente preparados para a montagem dos circuitos elétricos. Durante esta atividade, o professor-pesquisador estará à disposição para esclarecer as dúvidas sobre o conteúdo. O tempo estimado para esta atividade é de 35 minutos, finalizando a segunda aula.

No terceiro encontro você responderá a um questionário com questões relacionadas ao conteúdo de resistores elétricos. O tempo estimado para esta atividade é de 20 minutos.

As respostas dos questionários dos participantes ficarão ao nosso encargo e guarda. Portanto, a responsabilidade pelos mesmos cabe aos pesquisadores, e essas serão utilizadas somente para a análise de dados da pesquisa e não serão divulgados nomes dos participantes.

A participação nesta pesquisa não traz complicações legais e nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua dignidade.

Devido ao período da pandemia de Covid 19, existe o risco da contaminação, caso a intervenção ocorra de forma presencial e sem os devidos cuidados.

Nós nos responsabilizamos, caso haja algum dano material ou custos adicionais decorrentes da pesquisa aos alunos ou à instituição escolar na qual será realizada a pesquisa.

Os materiais que serão utilizados em sala de aula durante a intervenção não apresentam pontas perfurantes ou arestas cortantes. Salientamos, também, que não há aquecimento perceptível nos resistores ou na lâmpada, não apresentando riscos físicos durante o manuseio.

Caso a intervenção e a coleta de dados ocorram de forma presencial, os materiais utilizados devem ser desinfetados com álcool, o uso de máscara, distanciamento entre as carteiras, o uso de luvas descartáveis e o distanciamento pessoal de acordo com os protocolos sanitários, vigente no período serão seguidos.

Caso seja verificado pelo professor-pesquisador, ou qualquer membro da direção escolar alunos ou professores a possibilidade de risco de contaminação pelo coronavírus, mesmo que não tenha sido mencionada no projeto de pesquisa, as atividades propostas serão realizadas de forma virtual, garantindo, assim, a segurança de todos.

Os riscos poderão estar associados a fatores de ordem psicológica consequência do insucesso na realização das tarefas propostas, mas tomar-se-ão todos os cuidados para que isso não ocorra.

Os materiais que serão utilizados em sala de aula durante a intervenção são, em sua maioria, reciclados e não apresentam pontas perfurantes ou arestas cortantes. Salientamos, também, que não há aquecimento perceptível nos resistores, não apresentando riscos físicos durante o manuseio pelos alunos.

A aplicação desta intervenção talvez tenha benefício em contribuir no aprendizado sobre conceitos relativos a resistências e resistores elétricos e suas aplicações no cotidiano. O vídeo fornecido poderá ser assistido também pelos pais e/ou seus responsáveis, o que talvez possa tornar o processo de ensino e de aprendizagem mais transparente e participativo.

Para participar deste estudo, você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito à indenização. Você tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio.

A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma de tratamento. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa dessa pesquisa resultar. Seu nome ou o material que indique sua participação não serão liberados sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada por mim, na Escola Estadual Manoel Batista, no município de Pará de Minas, onde será realizada a pesquisa e a outra será fornecida a você.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador, sendo este o responsável por sua guarda por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão destruídos.

Nós trataremos a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial à Resolução 466/2012, do Conselho Nacional de Saúde, e as informações somente serão utilizadas para fins acadêmicos e científicos.

Eu, \_\_\_\_\_, contato

\_\_\_\_\_, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa ATIVIDADES PRÁTICAS E INVERSÃO DA SALA DE AULA COMO FERRAMENTAS PARA A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE RESISTOR POR ESTUDANTES DA TERCEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO de maneira clara e detalhada, e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e/ou modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

**Nome do Pesquisador Responsável:** Mozart Morato Campos

**Email:** mozart.campos@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Universidade Federal de Viçosa

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior

Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário

Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31)3612-2316

Email: cep@ufv.br

[www.cep.ufv.br](http://www.cep.ufv.br)

Pará de Minas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_.

---

Assinatura do Participante

---

Assinatura do Pesquisador

## APÊNDICE C – Termo de Assentimento

### TERMO DE ASSENTIMENTO

(Este documento é para os participantes de 12 a 17 anos ou participantes legalmente incapazes)

Você está sendo convidado(a), como voluntário(a), a participar da pesquisa “ATIVIDADES PRÁTICAS E INVERSÃO DA SALA DE AULA COMO FERRAMENTAS PARA A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE RESISTOR POR ESTUDANTES DA TERCEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO”.

Nesta pesquisa, pretendemos realizar três encontros-aulas sobre resistências e resistores elétricos, que contará com uma atividade prática de montagem de um circuito utilizando pilhas, lâmpadas e motores elétricos, para estudar o conteúdo de eletricidade de forma mais participativa e prática.

Após a assinatura deste termo de consentimento, você, como participante da pesquisa, responderá a um questionário contendo 6 (seis) questões. O tempo estimado para esta atividade é de 20 minutos. Em seguida, você será convidado a assistir, em casa, um vídeo sobre a montagem prática de um circuito elétrico, para ser debatido no próximo encontro. O tempo estimado para esta atividade é de 5 minutos.

No segundo encontro será realizado um debate com você e seus colegas onde serão esclarecidas as dúvidas sobre o conteúdo dos vídeos. O tempo estimado para esta atividade é de 15 minutos. Encerrados os debates, serão formados grupos com 3 a 5 alunos e distribuídos os materiais previamente preparados para a montagem dos circuitos elétricos. Durante esta atividade, o professor estará à disposição para esclarecer as dúvidas sobre o conteúdo. O tempo estimado para esta atividade é de 35 minutos, finalizando a segunda aula.

No terceiro encontro você responderá a um questionário com questões relacionadas ao conteúdo de resistores elétricos. O tempo estimado para esta atividade é de 20 minutos.

As respostas dos questionários ficarão ao nosso encargo, que assume a responsabilidade pelos mesmos. Essas serão utilizadas somente para a análise de dados da pesquisa e não serão divulgados nomes dos participantes.

A participação nesta pesquisa não traz complicações legais e nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua dignidade.

Os riscos poderão estar associados a fatores de ordem psicológica, consequência do insucesso na realização das tarefas propostas, mas tomar-se-ão todos os cuidados para que isso não ocorra.

Os materiais que serão utilizados em sala de aula durante a intervenção são, em sua maioria, reciclados e não apresentam pontas perfurantes ou arestas cortantes. Salientamos, também, que não há aquecimento perceptível nos resistores, não apresentando riscos físicos durante o manuseio pelos alunos.

A aplicação desta intervenção talvez tenha benefício em contribuir no aprendizado sobre conceitos relativos às resistências e resistores elétricos e suas aplicações no cotidiano. O vídeo

fornecido poderá ser assistido, também, pelos pais ou seus responsáveis, o que talvez possa tornar o processo de ensino e de aprendizagem mais transparente e participativo.

Para participar deste estudo, você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito à indenização. Você tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio.

A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma de tratamento. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa dessa pesquisa resultar. Seu nome ou o material que indique sua participação não serão liberados sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada por mim, na Escola Estadual Manoel Batista, no município de Pará de Minas, onde será realizada a pesquisa e a outra será fornecida a você.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador, sendo este responsável por esse material por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão destruídos.

Nós trataremos a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012, do Conselho Nacional de Saúde, e as informações somente serão utilizadas para fins acadêmicos e científicos.

Eu, \_\_\_\_\_, contato \_\_\_\_\_, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa: “ATIVIDADES PRÁTICAS E INVERSÃO DA SALA DE AULA COMO FERRAMENTAS PARA A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE RESISTOR POR ESTUDANTES DA TERCEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão, se assim o desejar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

**Nome do Pesquisador Responsável:** Mozart Morato Campos

**Email:** mozart.campos@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Universidade Federal de Viçosa

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior

Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário

Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31)3899-2492

Email: [cep@ufv.br](mailto:cep@ufv.br)

[www.cep.ufv.br](http://www.cep.ufv.br)

Pará de Minas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_.

---

Assinatura do Responsável Legal pelo Participante

---

Assinatura do Pesquisador