

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE

NÍCOLAS DA SILVA MOTA

UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS) PARA
APRENDIZAGEM DE TÓPICOS DA ELETRODINÂMICA

CAMPOS DOS GOYTACAZES

2018

NÍCOLAS DA SILVA MOTA

UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS) PARA
APRENDIZAGEM DE TÓPICOS DA ELETRODINÂMICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.
Orientadora: Dr.^a Renata Lacerda Caldas

CAMPOS DOS GOYTACAZES

2018

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

M917u Mota, Nícolas da Silva
Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para
aprendizagem de tópicos da Eletrodinâmica / Nícolas da Silva Mota - 2018.
197 f.: il. color.

Orientador: Renata Lacerda Caldas

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ,
2018.
Referências: f. 125 a 128.

1. Ensino de Física. 2. UEPS. 3. Eletrodinâmica. I. Caldas, Renata
Lacerda, orient. II. Título.

Nícolas da Silva Mota

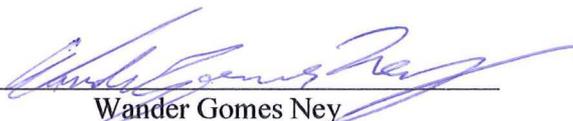
Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para Aprendizagem de tópicos da
Eletrodinâmica

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense,
Campus Campos Centro, como requisito parcial
para a conclusão do Mestrado Profissional em
Ensino de Física, para obtenção do título de Mestre.

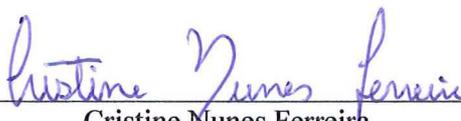
Aprovada em 03 de maio de 2018.



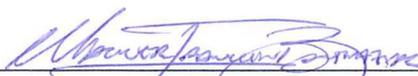
Renata Lacerda Caldas - Orientadora
Doutora em Ciências Naturais - UENF
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - *Campus* Campos-Centro



Wander Gomes Ney
Doutor em Física - CBPF
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - *Campus* Campos-Centro



Cristine Nunes Ferreira
Doutora em Física - CBPF
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - *Campus* Campos-Centro



Wagner Franklin Balthazar
Doutor em Física - UFF
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Dedico esta dissertação àqueles que estiveram ao meu lado de alguma forma, seja me incentivando, apoiando ou contribuindo para que eu pudesse seguir em frente chegar até aqui. Pessoas especiais que me deram forças e acreditaram na minha capacidade.

Primeiramente, à minha família, que Deus me deu o privilégio de fazer parte. Em especial à minha mãe, ao meu pai, aos meus irmãos, à minha tia Séia por todo amor, à minha vó Nazia, ao meu avô que levo em meu coração, vovô Dylson (*in memoriam*) pois sei que lá do céu ele olha por mim.

Às pessoas especiais que Deus colocou em minha vida e que sei que posso contar em todos os momentos, em especial: ao Jerônimo Prudêncio, ao André Monteiro, ao Tadeu Martins, à Priscila Caetano, à Sheila Freitas, e claro ao incrível Jovan Monteiro.

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grato à minha querida orientadora e professora Renata Lacerda. Sem ela, nada disso teria acontecido. Agradeço por acreditar em mim, estar ao meu lado em todos os momentos, sempre disposta a me ajudar.

Agradeço também, os meus demais professores que levarei para sempre: Professor Wander Gomes, Professor Pierre Augé e Professora Cristine Nunes. Não posso deixar de mencionar o Professor Wagner Balthazar, por ter aceitado o convite em compor a banca, por todas as críticas, dicas, sugestões e pelo seu apoio e incentivos em minha jornada acadêmica

Sou grato ainda, aos meus colegas de classe: Alice, Amâncio, Fabiano, Leandro, Marlon e Walter. Fomos uma família desde 2016/1, a caminhada não foi nada fácil, mas tínhamos um ao outro para contar e ajudar nos momentos em que precisamos.

Agradeço de coração aos alunos da turma 301 Edificações/2017 do IFF, parte fundamental desta pesquisa.

A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca. E ensinar e aprender não pode dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria.

Paulo Freire

RESUMO

UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS) PARA APRENDIZAGEM DE TÓPICOS DA ELETRODINÂMICA

Nícolas da Silva Mota

Orientadora: Dra. Renata Lacerda Caldas

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

Na presente dissertação defende-se a ideia de que sequências didáticas com atividades diferenciadas e facilitadoras da aprendizagem como experimentos, simulações computacionais, mapas conceituais, etc., podem ser alternativas para a construção do conhecimento. Nesse contexto, as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são consideradas por teóricos, eficientes ferramentas de ensino para o professor e conseqüentemente, de aprendizagem para o aluno. Diante disso, a proposta do presente trabalho foi o desenvolvimento de UEPS para o estudo da Eletrodinâmica Clássica, em nível médio, na tentativa de aferir a relevância da mesma do ponto de vista da aprendizagem. A hipótese central foi que o estudo da Eletrodinâmica através de UEPS não levaria o aluno a uma aprendizagem mecânica e sim, a aprender e dar novos significados aos conceitos pré-existentes em sua cognição, de forma significativa. Como resultado de pesquisa foi desenvolvido um Produto Educacional constituído de uma apostila instruída, com o conteúdo de Eletrodinâmica para o aluno e uma versão constando as unidades desenvolvidas para o professor. A ideia é que esse material sirva de base para o ensino da temática, sendo reproduzível e/ou adaptável com facilidade pelo docente em suas aulas de Física. Esse material foi aplicado em uma turma de 3º ano do Ensino Médio da Rede Pública. Os resultados da aplicação mostraram que os alunos avaliaram positivamente a UEPS e apresentaram desempenho satisfatório no bimestre de aplicação.

Palavras-chave: Ensino de Física, UEPS, Eletrodinâmica.

ABSTRACT

POTENTIALY MEANINGFUL TEACHING UNITS (PMTU) FOR THE LEARNIGN OF ELECTRODYNAMICS TOPICS

Nícolas da Silva Mota

Supervisor: Dra. Renata Lacerda Caldas

Master's dissertation presented to the Program of Graduate Studies at the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense, in the Course of Professional Master of Physics Teaching (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the Master's degree in Physics Teaching.

In this dissertation the idea defended is that didactic sequences with differentiated activities and facilitators of learning like experiments, computational simulations, conceptual maps, etc., can be alternatives for the construction of knowledge. In this context, the Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU) are considered by theoretical, efficient teaching tools for the teacher and consequently, learning for the student. Therefore, the proposal of the present work was the development of PMTU for the study of Classical Electrodynamics for High School, in an attempt to ascertain the relevance of the same from the point of view of learning. The central hypothesis was that the study of Electrodynamics through PMTU didn't lead the student to mechanical learning, but rather to learn and give new meaning to the preexisting concepts in their cognition, in a significant way. As a result of the research, an Educational Product was developed consisting of an instructional booklet, with the contents of Electrodynamics for the student and a version containing the units developed for the teacher. The idea is that this material serves as a basis for teaching the subject, being easily reproducible and/or adaptable by the teacher in his physics classes. This material was applied in a 3rd year class of Public High School. The results of the application showed that the students positively evaluated the PMTU and presented satisfactory performance in the two months in which it was applied.

Keywords: Teaching education, PMTU, Electrodynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da relação triádica de Gowin	18
Figura 2 - Passos para a construção de uma UEPS	20
Figura 3 - Aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa (uma visão esquemática)	25
Figura 4 - Um bom mapa conceitual	28
Figura 5 - Fluxo de cargas através de um plano em um cilindro condutor	29
Figura 6 - Fluxo de cargas através de um plano em um condutor submetido a uma diferença de potencial externa	30
Figura 7 - Esquema de um resistor cilíndrico	32
Figura 8 - Gráficos de corrente contínua e corrente alternada	33
Figura 9 - Associação de resistores em série e em paralelo	34
Figura 10 - Exemplo de mapa mental	41
Figura 11 - Estudo de caso (parte 1)	42
Figura 12 - Estudo de caso (parte 2)	43
Figura 13 - Esquema de avaliação do Caso	44
Figura 14 - Protótipo experimental para demonstração do brilho de lâmpadas	45
Figura 15 - Captura de tela da Simulação <i>Kit</i> de Construção de Circuito (DC)	46
Figura 16 - Exemplo de uma das tarefas da atividade Dimensionando Circuitos	47
Figura 17 - Placas do jogo Mitos e Verdades na Eletricidade	49
Figura 18 - Mapa Conceitual dos principais conceitos da Eletrodinâmica	53
Figura 19 - Mapa mental elaborado pelo grupo A	57
Figura 20 - Mapa mental elaborado pelo grupo B	58
Figura 21 - Mapa mental elaborado pelo grupo C	59
Figura 22 - Mapa mental elaborado pelo grupo D	59
Figura 23 - Mapa mental elaborado pelo grupo E	60
Figura 24 - Alunos em grupos, resolvendo a questões propostas no estudo de caso	62
Figura 25 - A intensidade da corrente elétrica e os efeitos fisiológicos provocados por ela	67
Figura 26 - Esquema da variação da resistência em um chuveiro elétrico	68
Figura 27 - Alunos respondendo às questões do Estudo Dirigido	72
Figura 28 - Exemplo de quadro utilizado para iniciar a aula	73
Figura 29 - Alunos durante a atividade Dimensionando Circuitos	73
Figura 30 - Resposta de um grupo à Tarefa I do Dimensionando Circuitos	74
Figura 31 - Circuitos da Tarefa I do Dimensionando Circuitos	74
Figura 32 - Resposta de um grupo à Tarefa II do Dimensionando Circuitos	75
Figura 33 - Um circuito da Tarefa II do Dimensionando Circuitos	76
Figura 34 - Resposta de um grupo à Tarefa III do Dimensionando Circuitos	76
Figura 35 - Circuito da Tarefa III do Dimensionando Circuitos	77
Figura 36 - Circuito da Tarefa IV do Dimensionando Circuitos	77
Figura 37 - Resposta de um grupo à Tarefa IV do Dimensionando Circuitos	78
Figura 38 - Resposta de um grupo à Tarefa V do Dimensionando Circuitos	79
Figura 39 - Circuito da Tarefa V do Dimensionando Circuitos (chave fechada)	80
Figura 40 - Circuito da Tarefa V do Dimensionando Circuitos (chave aberta)	80
Figura 41 - Resposta de um grupo à Tarefa VI do Dimensionando Circuitos (parte I) ..	81
Figura 42 - Circuito da Tarefa VI do Dimensionando Circuitos (medida da resistência)	82
Figura 43 - Resposta de um grupo à Tarefa VI do Dimensionando Circuitos (parte II)	82

Figura 44 - Resposta de um aluno a uma questão do Estudo Dirigido 2	84
Figura 45 - Resposta de um aluno a uma questão do Estudo Dirigido 2	85
Figura 46 - Captura de tela da simulação Lei de Ohm do Phet	85
Figura 47 - Resposta de um aluno a uma questão do Estudo Dirigido	86
Figura 48 - Resistores em série do livro Física contexto & aplicações	87
Figura 49 - Outros resistores em série do livro Física contexto & aplicações	88
Figura 50 - Resistores em série do livro Conexões com a Física	89
Figura 51 - Resistores em série do livro Ser Protagonista	89
Figura 52 - Resistores em paralelo do livro Física & contextos	90
Figura 53 - Resistores em uma associação mista no livro Os Fundamentos da Física	90
Figura 54 - Uma possível associação de resistores de maneira equivocada	91
Figura 55 - Alunos no jogo Mitos e Verdades na Eletricidade	93
Figura 56 - Vídeo para o jogo Mitos e Verdades na Eletricidade	94
Figura 57 - Garrafa PET sobre o relógio medidor de energia	95
Figura 58 - Resumo do Encontro final integrador	96
Figura 59 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo A	104
Figura 60 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo B	105
Figura 61 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo C	106
Figura 62 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo D	107
Figura 63 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo E	108
Figura 64 - Comentário de um aluno acerca da atividade que mais gostou na UEPS	112
Figura 65 - Comentário de um aluno acerca da atividade que mais gostou na UEPS	112
Figura 66 - Comentário de um aluno acerca da atividade que mais gostou na UEPS	113
Figura 67 - Comentário de um aluno acerca da atividade que mais gostou na UEPS	113
Figura 68 - Algumas respostas de alunos acerca das estratégias que mais os auxiliaram na aprendizagem	114
Figura 69 - Comentários de alguns alunos acerca das estratégias utilizadas	114
Figura 70 - Resposta de alguns alunos à Questão 5 do questionário final	116
Figura 71 - Resposta de alguns alunos à Questão 6 do questionário final	117
Figura 72 - Resposta de alguns alunos à Questão 7 do questionário final	118
Figura 73 - Resposta de alguns alunos à Questão 8 do questionário final	119
Figura 74 - Resposta de alguns alunos à Questão 10 do questionário final	121
Figura 75 - Resposta de alguns alunos à Questão 10 do questionário final	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tópicos da Eletrodinâmica na UEPS	29
Quadro 2 - Pontuação Análise dos mapas conceituais de acordo com Novak e Gowin .	38
Quadro 3 - Objetivos esperados para com o ensino por meio da UEPS	40
Quadro 4 - Fichas do jogo Mitos e Verdades na Eletricidade	50
Quadro 5 - Habilidades e Competências requeridas no Simulado Em(frente) ao ENEM	52
Quadro 6 - Dificuldades encontradas na resolução do Estudo Dirigido 1	71
Quadro 7 - Dificuldades encontradas na resolução do Estudo Dirigido 2	84
Quadro 8 - Alguns livros didáticos do Ensino Médio	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo atribuído a cada tarefa da atividade Dimensionando Circuitos	48
Tabela 2 - Notas do Estudo Dirigido 1	72
Tabela 3 - Gabarito da Tarefa VI do Dimensionando Circuitos	81
Tabela 4 - Notas da Atividade Dimensionando Circuitos	83
Tabela 5 - Notas do Estudo Dirigido 2	92
Tabela 6 - Pontuação do Mapa-controle	104
Tabela 7 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo A	105
Tabela 8 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo B	106
Tabela 9 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo C	107
Tabela 10 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo D	108
Tabela 11 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo E	109
Tabela 12 - Grau dado pelos alunos aos assuntos da UEPS	120

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Avaliação geral dos encontros	110
Gráfico 2 - Atividades mais atrativas na opinião dos alunos	111
Gráfico 3 - Percepção da retomada do conteúdo ao longo das aulas	115

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)	17
2.1.1 O que são Unidades de Ensino Potencialmente Significativas?	17
2.1.2 Passos para a elaboração de uma UEPS	18
2.1.3 UEPS: uma revisão da literatura	21
2.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa	22
2.2.1 Os conceitos de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa	26
2.2.2 Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa	26
2.3 Ensino de Eletricidade na Educação Básica	28
3 METODOLOGIA	35
3.1 O Ensino	35
3.2 A Pesquisa	36
3.2.1 A Pesquisa Qualitativa em Educação	33
3.2.2 Os sujeitos	37
3.2.3 Os instrumentos	37
4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO	40
4.1 Roteiro do produto	40
5 APLICAÇÃO DO PRODUTO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	55
5.1 Encontro inicial: Construção de mapas mentais e Estudo de Caso	55
5.2 Aulas expositivo-dialogadas	70
5.3 Atividade Dimensionando Circuitos	73
5.4 Retorno ao Estudo Dirigido e Jogo Mitos e Verdades na Eletricidade	83
5.5 Avaliação somativa individual	96
5.6 Encontro final integrador	96
5.7 Avaliação da aceitação da UEPS	109
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
REFERÊNCIAS	125
APÊNDICE - Produto Educacional	129

1 INTRODUÇÃO

Tornar o ensino agradável e motivador tem sido um dos grandes desafios da educação no século vigente. Atuando como professor desde 2014 na rede pública e privada, percebo certa apatia que os alunos possuem pelo estudo da Física. Muitos a consideram uma disciplina de difícil compreensão, com muitas fórmulas e cálculos. Há ainda aqueles que percebem a Física como algo distante da sua realidade, acreditando que para compreendê-la é necessário possuir certa genialidade, e diante disso, percebem-se como um ser incapaz de aprendê-la. Finalmente, acredito que uma visão que pode levar à desmotivação tanto do discente quanto do docente é o desconhecimento de ambos acerca da importância da Física.

Talvez, uma das causas do problema em questão esteja na maneira com a qual a Física é apresentada aos alunos. Muitas vezes, o ensino da Física acaba sendo puramente tradicional, isto é, com excessivas aulas expositivas, listas de exercícios e provas (GOBARA; GARCIA, 2007, p. 519), onde o aluno acaba sendo treinado para resolver problemas puramente matemáticos, e o mesmo não é levado a uma reflexão mais sólida do que está aprendendo. Sabemos que a Física vai muito além das equações e gráficos. Gleiser (2000, p. 5) leva a seguinte reflexão: “Às vezes, nós educadores esquecemos de nos empolgar com a beleza daquilo que estamos ensinando. Nesse caso, como podemos esperar que nossos estudantes se empolguem por si próprios?”.

Muitas vezes também, a Física não apresenta um significado real para os alunos. Com isso, acaba ocorrendo casos de o aluno terminar o Ensino Médio sem jamais relacionar algum fenômeno físico às equações que ele estudou em sala de aula. Em outras palavras, acredita-se ocorrer a divisão de duas físicas nesse contexto: a Física da sala de aula e a Física do mundo real.

Diante disso, é necessário entender o motivo pelo qual a Física é ensinada da maneira que é. Acredita-se que isso se deve a vários fatores, sendo um deles, a falta de uma carga horária que se adeque ao programa a ser ensinado. Com a falta de tempo, ou seja, a pressa por cumprir os conteúdos, o professor acaba sendo levado a apresentar o programa da maneira supracitada. Com tão pouco tempo dedicado ao ensino da Física, questiona-se: que Física ensinar em sala de aula? Que conhecimentos seriam relevantes para o aluno compreender os fenômenos físicos?

Outro fator, talvez o que mais contribua para tal prática é a formação do docente. Acredita-se que os professores, em sua maioria, trabalham da mesma forma que lhes foi ensinado em sua formação inicial. Concorde-se com Pozo e Crespo (2001, p. 296) que o

docente chega capacitado à sala de aula do ponto de vista dos conhecimentos técnicos e teóricos, acerca da Física, mas desqualificado em como ensinar essa Física. Muitos professores da Educação Básica, principalmente no Ensino Público, dispõem apenas de um curso de licenciatura como formação, e ainda há casos em que o profissional que ensina Física é formado em áreas relacionadas como Matemática, Química, Engenharia, etc.

Nessa perspectiva, têm-se o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que tem como um dos objetivos, “a melhoria da qualificação profissional de professores de Física da Educação Básica visando tanto ao desempenho do professor no exercício de sua profissão como ao desenvolvimento de técnicas e produtos para a aprendizagem de Física.” (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2015, p. 1).

Em meio a essa discussão, não podemos deixar de enfatizar a falta de interesse por parte dos alunos. É necessário que eles apresentem uma predisposição em aprender (MOREIRA, 2012, p. 36). Com isso, têm-se algumas questões. Será que mudando a forma de ensinar podemos contribuir para essa predisposição? Que estratégias utilizar para se ter alunos mais interessados em aprender Física?

Novas abordagens surgem na tentativa de minimizar esses problemas e despertar o interesse dos alunos e também de mudar essa visão distorcida que os mesmos possuem acerca da Física (MOREIRA, 2011, p. 43). Destacam-se o ensino por problematização, o ensino por meio de projetos, os estudos de caso aplicados ao ensino, as unidades de ensino potencialmente significativas, entre outras. Muitos desses métodos tentam aproximar os conteúdos ao dia a dia dos alunos e também fazer o uso da contextualização dos mesmos.

Medeiros e Medeiros (2002, p. 78) afirmam que o uso de estratégias e recursos diferenciados, pode-se reduzir o alto grau de abstração que a Física possui. Um simples uso de uma simulação computacional, por exemplo, pode facilitar a visualização de um determinado fenômeno pelo aluno, levando-o a uma melhor compreensão do mesmo.

Como professor de Física, percebe-se que durante as aulas e em alguns projetos realizados, que ao se utilizar um recurso didático, como um vídeo, um simples experimento ou um jogo, os alunos participam em sua maioria da aula. Percebe-se também que utilizando tais estratégias, o alunado demonstra uma melhor compreensão do conteúdo (MOTA et al., 2014).

Dentro de uma visão contemporânea, Moreira (2006, p. 11) afirma ser importante que o discente não só aprenda, mas que sua aprendizagem seja também crítica, subversiva, antropológica. Sobre esse aspecto, acredita-se que o uso de determinados métodos de ensino

podem facilitar o processo da construção crítica e cidadã do aluno como salienta os Parâmetros Curriculares Nacionais.

Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do Ensino Médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. (BRASIL, 2007, p. 1-2).

Isso porque a Física é uma ciência que perpassa a realidade diária dos alunos. Podemos observá-la em muitos fenômenos naturais, em situações práticas e também em casos vinculados à tecnologia. Conceitos e teorias da Eletrodinâmica, por exemplo, estão presentes em várias atividades cotidianas que realizamos. Nesse contexto, acredita-se, que os alunos chegam à sala de aula com seus conhecimentos prévios acerca da corrente elétrica, tensão, resistência, etc. Sobretudo, muitas vezes apresentam conceitos errôneos frente ao ponto de vista científico, e em outros casos, os alunos reconhecem o fenômeno ou fazem os cálculos, porém como afirma Greca e Moreira (2002, p. 36), não sabem explicar a sua causa e também os seus efeitos.

Os estudantes não iniciam o estudo das ciências com mentes vazias. Eles possuem ideias ou concepções anteriores sobre vários fenômenos. Muitas dessas ideias persistem firmemente, tornando-se uma forma diferente, ou alternativa, de entender os conceitos da química que são apresentados pelos professores ou pelos livros didáticos (FENSHAM, 2002 apud SAMRSLA; EISHER; PINO, 2007, p. 28).

Por acreditar que as concepções prévias são relevantes no processo de ensino-aprendizagem, defende-se neste trabalho, a ideia de que sequências didáticas com atividades diferenciadas e facilitadoras da aprendizagem – que levam em conta o conhecimento prévio – como experimentos, simulações computacionais, mapas conceituais, uso da história da ciência, etc., podem ser alternativas eficazes para apreensão da Eletrodinâmica de forma significativa. Nesse contexto, as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são consideradas por Moreira (2011) eficientes ferramentas de ensino para o professor e conseqüentemente, de aprendizagem para o aluno.

As UEPS são sequências didáticas embasadas pela Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (MOREIRA, 2011, p. 43). A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira não-literal (substantiva) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento prévio do

indivíduo. Em outras palavras, é a partir de seu conhecimento prévio que o aluno possui elabora um novo conhecimento (MOREIRA, 2012, p. 14).

Além disso, são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos e elas devem ser criadas para despertar o aluno para a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011, p. 44). Um caminho para se trabalharem situações problemáticas do dia a dia é apontado por Queiroz, Sá e Francisco (2007, p. 731) pelo uso de estudos de caso, uma estratégia de ensino variante da metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas.

É necessário também, que a Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano social e profissional (BRASIL, 1998, p. 7). Com isso, a relevância deste trabalho se justifica na relação com o cotidiano do aluno, uma vez que os documentos oficiais que regem a educação fazem essa requisição. O Currículo Mínimo Estadual do Rio de Janeiro salienta que:

Preparar os estudantes de Ensino Médio para compreender o seu cotidiano e a sociedade em que estão inseridos significa propor um ensino de Física que lhes permita entender como esta ajudou a construir o mundo em que vivemos (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 3).

No que tange aos fenômenos elétricos, os PCN+ orientam que

O desenvolvimento dos fenômenos elétricos e magnéticos, por exemplo, pode ser dirigido para a compreensão dos equipamentos eletromagnéticos que povoam nosso cotidiano, desde aqueles de uso doméstico aos geradores e motores de uso industrial, provendo competências para utilizá-los, dimensioná-los ou analisar condições de sua utilização (BRASIL, 2007, p. 18).

A proposta do presente trabalho foi o desenvolvimento de UEPS para o estudo da Eletrodinâmica Clássica, na tentativa de aferir a relevância da mesma do ponto de vista da aprendizagem.

A hipótese central desta pesquisa foi que o estudo da Eletrodinâmica através de UEPS não leva o aluno a aprendizagens mecânicas e sim, a aprender e dar novos significados aos conceitos pré-existentes em sua cognição, de forma significativa.

O objetivo geral deste trabalho é investigar a potencialidade das UEPS como estratégia problematizadora e contextualizada na aprendizagem do aluno da temática Eletrodinâmica. Na tentativa de alcançar tal objetivo, foi desenvolvida uma UEPS iniciada por um estudo de caso com ênfase na abordagem conceitual. Utilizaram-se na UEPS experimentos de baixo custo com o intuito de possivelmente tornar o ensino mais dinâmico e atrativo, foram utilizados recursos midiáticos, tais como imagens, vídeos, simulações computacionais, de

modo que a abstração seja reduzida e mapas conceituais como recurso integrador dos conceitos e também como instrumento avaliativo.

Como resultado de pesquisa foi desenvolvido um Produto Educacional constituído de uma apostila instruída, com o conteúdo de Eletrodinâmica para o aluno e uma versão constando as unidades desenvolvidas para o professor. A ideia é que esse material sirva de base para o ensino da temática, sendo reproduzível e/ou adaptável com facilidade pelo docente em suas aulas de Física.

A pesquisa é na perspectiva de Moreira e Rosa (2016), com foco na aprendizagem. O público-alvo foram alunos de uma turma do 3º ano do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *campus* Campos-Centro. Dentre os instrumentos utilizados para a coleta e análise dos dados têm-se a observação participativa, na qual o pesquisador faz registro, anotações, busca interpretações ao longo do processo de aplicação, têm-se também, uma análise quantitativa dos mapas conceituais e ainda, um questionário final aplicado.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura acerca de outros trabalhos no âmbito das UEPS, dos estudos de caso aplicados ao ensino de Ciências e pesquisas aplicadas ao ensino de Eletrodinâmica. Também apresenta o referencial teórico que embasa esta pesquisa, que é a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, o arcabouço teórico das UEPS e a Teoria Eletromagnética Clássica.

O Capítulo 3 descreve a Metodologia da Pesquisa que é qualitativa em educação, na perspectiva de Moreira e Rosa (2016), ou seja, aquela que não se preocupa diretamente com métodos numéricos e estatísticos, mas sim, em aprofundar a compreensão de um grupo.

O Capítulo 4 conta com a Descrição do Produto Educacional desenvolvido, mostrando os passos e detalhes de cada etapa na forma de um roteiro.

O Capítulo 5 relata a aplicação do produto em sala de aula, com foco nos impactos e nas observações que foram realizadas no período de aplicação. Também traz uma análise do *feedback* dos alunos para com o produto.

Por fim, o Capítulo 6 traz as considerações finais acerca da pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a Teoria da Aprendizagem Significativa que fundamenta teoricamente a pesquisa, bem como as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) e outras estratégias de ensino que foram utilizadas no âmbito das UEPS. Além disso, apresenta-se aqui também, uma revisão da literatura de outros trabalhos e propostas de ensino-aprendizagem com a utilização de UEPS.

2.1 As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

Nesta seção será apresentada a definição de uma UEPS, bem como sua base teórica, as etapas a serem seguidas na elaboração da mesma e uma revisão da literatura acerca de UEPS no âmbito do Ensino de Física.

2.1.1 O que são Unidades de Ensino Potencialmente Significativas?

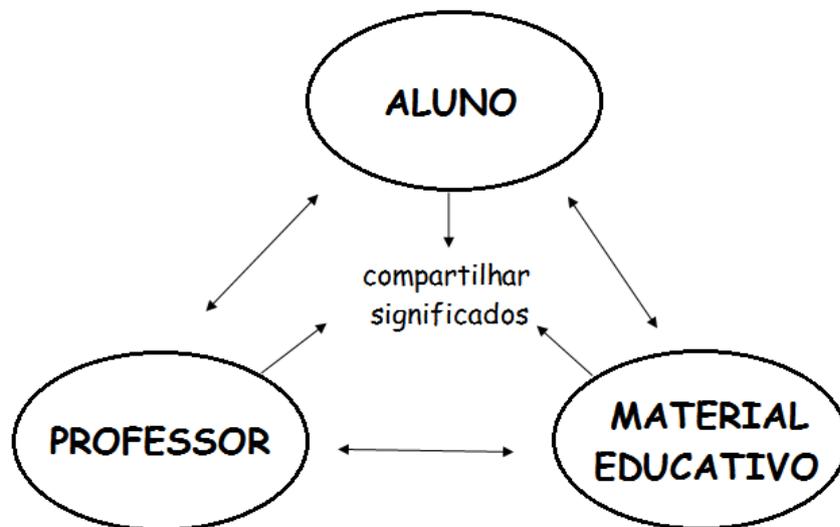
De acordo com Moreira (2011, p. 43), as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são sequências didáticas com uma fundamentação teórica focadas na aprendizagem significativa. As UEPS surgem com Moreira e tem como filosofia de que só existe ensino quando há aprendizagem significativa.

É uma alternativa para a construção de materiais potencialmente significativos; materiais estes que carregam em si estrutura e desencadeamento lógico (coerência de argumentos), e ainda, que façam sentido ao grupo ao qual se pretende apresentar determinado conteúdo. Sendo assim, esse material deve estar em consonância com os conhecimentos prévios dos estudantes. Nesse sentido, percebe-se que somente dessa forma ele será relacionável à estrutura cognitiva do sujeito que aprende, possibilitando, assim, a construção de seus próprios significados psicológicos (NUNES, 2015, p. 33).

As UEPS têm como pressupostos teóricos, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, por concordar que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia o processo de aprendizagem. Além disso, as UEPS são embasadas também por teorias educacionais de outros teóricos como Joseph D. Novak, D. Bob Gowin, Lev Vygotsky (teoria interacionista social), Gérard Vergnaud (teoria dos campos conceituais) e Philip Johnson-Laird (teoria dos modelos mentais) (MOREIRA, 2011, p. 44).

Um dos princípios das UEPS, é que deve existir uma relação triádica (Figura 1) entre o aluno, o professor e o material didático. O papel do ensino nesse âmbito é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da aula e dois fatores fundamentais para isso são a linguagem e a interação social. Tal princípio vai ao encontro da visão epistemológica de Gowin e da teoria sociointeracionista de Vygotsky (MOREIRA, 2011, p. 44).

Figura 1 - Esquema da relação triádica da teoria de Gowin



Fonte: O autor (2017).

Outro princípio é que situações-problema devem ser elaboradas com o objetivo de despertar o interesse do aluno, pois são elas que dão sentido aos novos conhecimentos a serem adquiridos. Além disso, as situações-problema devem ser criadas em graus de complexidade diferentes, e de forma progressiva. Diante disso, “o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno” (MOREIRA, 2011, p. 44).

2.1.2 Passos para a elaboração de uma UEPS

Na construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa oito etapas devem ser levadas em consideração. A seguir serão discutidas essas etapas.

I. *Situação inicial*: De acordo com Moreira (2011, p. 45), o primeiro passo consiste na definição do tema a ser trabalhado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais.

Os aspectos declarativos dizem respeito ao “conhecimento que pode ser verbalizado, declarado de alguma maneira, refere-se ao conhecimento sobre objetos e eventos; é representado mentalmente por proposições e imagens mentais” (MOREIRA, 2011, p. 49). Já, os aspectos procedimentais referem-se àqueles “que consiste de habilidades cognitivas envolvidas no saber fazer algo; é o conhecimento sobre como executar ações; estaria representado mentalmente por meio de produções, ou seja, regras sobre condições e ações” (MOREIRA, 2011, p. 49).

II. *Situações-problema*: Ainda, de acordo com Moreira (2011, p. 45), o segundo passo consiste em propor situações-problemas, onde o aluno tenha a possibilidade de externalizar o seu conhecimento prévio. Essa etapa é bastante importante, pois é a partir do conhecimento prévio que se alcança a uma possível aprendizagem significativa.

III. *Revisão*: Após a externalização das concepções prévias, tem-se o terceiro passo, a proposta de situações-problema, em nível introdutório, podendo funcionar como um organizador prévio (MOREIRA, 2011, p. 45). “Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si, [...] a principal função [...] é de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber.” (MOREIRA, 2008, p. 23). É de extrema importância em uma UEPS que os tópicos que foram abordados nas aulas anteriores sejam retomados. Diante disso, concorda-se com Nunes (2015, p. 34) que “o professor deve iniciar a aula com uma revisão, ou seja, uma miniaula expositiva, abordando os temas já estudados até o momento, abrindo espaço para discussões e perguntas dos alunos”.

IV. *Processo de ensino*: O quarto passo consiste em aulas expositivas-dialogadas sobre o conteúdo. Nesta etapa, deve ser levada em conta a diferenciação progressiva “começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos” (MOREIRA, 2011, p. 45).

V. *Nova situação problema, em nível mais alto de complexidade*: O quinto passo, consiste na diferenciação progressiva em si, “apresentam-se, em primeiro lugar, as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina e, depois, estas são progressivamente diferenciadas em termos de pormenor e de especificidade.” (AUSUBEL, 2003, p. 166 apud TAVARES, 2007, p. 73).

Além disso, os conteúdos devem ser retomados e reapresentados, em suas características mais relevantes, por meio de uma nova apresentação, como por exemplo, a utilização de um recurso computacional. O objetivo desta etapa é buscar a reconciliação integrativa.

VI. *Avaliação da aprendizagem na UEPS*: No sexto passo, afirma Moreira (2011, p. 46). Ao final, é feita uma avaliação somativa e individual, onde devem ser propostas questões que evidenciem captação de significados. Vale ressaltar que se deve também, avaliar a aprendizagem ao longo do processo de ensino (MOREIRA, 2011, p. 46).

VII. *Encontro final integrador*: Neste momento, realiza-se a conclusão da UEPS retomando os atributos mais relevantes do conteúdo, na busca pela reconciliação integrativa. Esta deve ser realizada com a mediação do professor e por meio de uma nova apresentação dos significados. Para reapresentar, pode-se realizar uma breve exposição oral, a construção de uma linha do tempo, a leitura de um texto ou o uso de um mapa conceitual, por exemplo. Nesta etapa, o mais importante é o modo de se trabalhar o conteúdo da unidade.

VIII. *Avaliação da própria UEPS*: Esta etapa é para aferir se a UEPS foi exitosa. A partir dela, reajustar algumas etapas fazendo adaptações necessárias, a partir de críticas feitas pelos alunos e uma análise reflexiva realizada pelo professor.

Em resumo, a Figura 2, traz esses passos de maneira esquemática.

Figura 2 - Passos para a construção de uma UEPS.



Fonte: O autor (2017).

2.1.3 UEPS: uma revisão da literatura

Sobre a temática UEPS há uma ampla bibliografia encontrada, principalmente no âmbito do Ensino de Física, Ensino de Biologia e Ensino de Química. Destacaremos duas dissertações e dois periódicos que possuem como abordagem central o Ensino por meio de UEPS.

Barros (2015) investiga os resultados da aplicação de uma UEPS buscando evidências de aprendizagem significativa acerca de alguns conceitos de eletrodinâmica, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na Teoria de Ensino de Bruner. O trabalho foi aplicado em duas turmas, sendo uma de forma experimental e na outra, ele ministra o conteúdo por meio de aulas tradicionais, expositivas baseadas no livro didático adotado pela escola.

O trabalho de Barros (2015) foi aplicado em uma escola que dispõe de um laboratório moderno e equipado, o que não é a realidade de muitas escolas do país, principalmente as públicas. Nesse caso, o autor sugere uma substituição e adaptação de suas atividades de caráter experimental por simulações computacionais.

Os resultados mostraram que a turma experimental, submetida ao ensino por meio de UEPS, apresentou um crescimento conceitual, sobretudo em situações que se aproximam do cotidiano. Além disso, os resultados apresentaram também a UEPS possibilitou um melhor acompanhamento do progresso do aluno quanto ao domínio dos temas trabalhados (BARROS, 2015, p. 90).

Schittler e Moreira (2014) trabalham a proposta da inserção de tópicos de Física moderna e contemporânea (FMC) desde o primeiro ano do Ensino Médio através de uma UEPS a partir do tema *Laser* de rubi¹.

O trabalho foi aplicado em dois anos distintos, no primeiro na forma denominada pelos autores de estudo-piloto, que consiste basicamente em uma testagem de aplicação e no ano seguinte, o trabalho já concreto, foi aplicado em outras turmas.

Os temas da Física trabalhados na UEPS foram a quantização da energia, o princípio da conservação do momento angular, o modelo atômico de Bohr, o diagrama de níveis de energia para o átomo de hidrogênio, o efeito *laser* e *laser* de rubi (SCHITTLER; MOREIRA, 2014, p. 265).

¹ É um *laser* utilizado principalmente na remoção de tatuagens e de manchas na pele.

A UEPS se dividia nas seguintes etapas: tarefa inicial; situações problemas iniciais; aprofundando os conhecimentos; nova situação-problema; avaliação somativa e individual; aula expositiva dialogada integradora final; avaliação da aprendizagem da UEPS; avaliação da própria UEPS. Os autores trabalharam com mapas livres², aulas expositivas e dialogadas, questionários e mapas conceituais³.

Os resultados mostraram que é possível introduzir conceitos fundamentais de FMC no primeiro ano do Ensino Médio, e também que a utilização da UEPS tornou as aulas mais participativas e gerou uma maior autonomia aos alunos (SCHITTLER; MOREIRA, 2014, p. 273).

Pradella (2014) disserta a aplicação de quatro UEPS para o estudo de conceitos de Termodinâmica no Ensino Médio que objetivava proporcionar a aprendizagem significativa nos alunos.

Os conteúdos trabalhados nas UEPS foram: Temperatura e dilatação; Calor e energia interna; Pressão e comportamento dos gases; e Primeira Lei da Termodinâmica. O autor trabalhou com aulas expositivas-dialogadas, além disso, fez uso da experimentação, de simulações computacionais, dos mapas conceituais, entre outras estratégias.

O desenvolvimento de um produto educacional também é parte do trabalho de Pradella (2014). Tal produto consiste em um Texto de Apoio ao Professor de Física, que dispõe das quatro UEPS além de subsidiar a reaplicação da proposta por outros professores.

Os resultados foram positivos, o autor comparou mapas conceituais elaborados pelos alunos antes e após a aplicação da UEPS, e foi possível constatar evidências de que os estudantes aprenderam significativamente.

2.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa

A corrente teórica que fundamenta esta pesquisa está alicerçada no Cognitivismo, isto é, no estudo baseado na construção das estruturas responsáveis pelo processamento de informação, linguagem, percepção e emoções dos indivíduos (STERNBERG, 2008, p. 19-20).

Dentro dessa visão, definiu-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel como base para a pesquisa, por perceber que tal teoria busca estudar os processos de

² “Diagramas nos quais se pode associar livremente as palavras dadas com quaisquer outras segundo critérios de quem os faz.” (SCHITTLER; MOREIRA, 2014, p. 265).

³ (MOREIRA, 2005).

cognição por meio dos quais o mundo ganha significado, uma vez que quando o aluno aprende, ele atribui significados à realidade a sua volta.

Ausubel deu importância aos processos que levam à aprendizagem significativa. Para ele, uma aprendizagem só é significativa quando o aluno consegue relacionar de forma substantiva e não arbitrariamente alguma informação retida na memória, o que ele chama de subsunção ou ideia-âncora (aquilo que o aluno já sabe), com uma nova informação. (MOREIRA, 2012, p. 13). De modo geral, os conhecimentos já existentes pelos sujeitos são o fator principal na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Em termos simples, subsunção é o nome que se dá a um conhecimento específico existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. (MOREIRA, 2012, p. 14)

Assim, um grupo de conhecimentos ou conceitos já aprendidos passa a atuar como uma espécie de âncora, fazendo a integração de um novo conhecimento aos anteriores, e modificando-os. A ancoragem é o processo responsável por ligar os conhecimentos já adquiridos aos novos conhecimentos, colocando-os em interação. Desta forma, segundo Ausubel, quando um novo conhecimento é ancorado, ou seja, acoplado a outros já formulados, há uma maior probabilidade de esse conhecimento não se perder, levando à ocorrência de uma aprendizagem mais significativa (BESSA, 2008, p. 134).

Assim, um aluno ao estudar fotossíntese, por exemplo, terá que resgatar o subsunção do que é a luz. Se supuser que esse aluno tenha apenas as noções corpusculares da radiação, este subsunção deverá ser resgatado e ancorado ao novo conhecimento, o de compreender a luz como um fenômeno ondulatório, por exemplo, ter propriedades de ondas (comprimento de onda, frequência), para que assim possa entender a fotossíntese.

O subsunção vai se enriquecendo, tornando-se mais diferenciado e podendo facilitar novas aprendizagens com o passar do tempo. Desta forma, a aprendizagem significativa pode ser classificada em três tipos: aprendizagem significativa superordenada; aprendizagem significativa subordinada; e aprendizagem significativa combinatória (MOREIRA, 2012, p. 14).

Na aprendizagem significativa superordenada, uma nova ideia, um novo conceito passa a subordinar conhecimentos prévios. Já, na aprendizagem significativa subordinada, um novo conhecimento adquire significado através da interação com algum conhecimento prévio

relevante. E, na aprendizagem significativa combinatória, a nova informação torna-se potencialmente significativa, não necessitando impor uma superordenação ou subordinação dos conhecimentos.

Se um dado conhecimento prévio não servir de apoio para a aprendizagem significativa, ele não passará pelo processo de elaboração e diferenciação cognitiva de modo espontâneo. Além disso, pode ocorrer também de um subsunçor muito bem elaborado, adquirir bastantes significados, fazendo com que ele desapareça ao longo do tempo, no sentido que seus significados não são tão claros e indistinguíveis uns dos outros. Quando um subsunçor não é utilizado com frequência pode ocorrer a perda de discriminação entre significados, mas em se tratando da aprendizagem significativa, a reaprendizagem é possível e relativamente rápida, fazendo com que esse conhecimento possa ser resgatado (MOREIRA, 2012, p. 15-17).

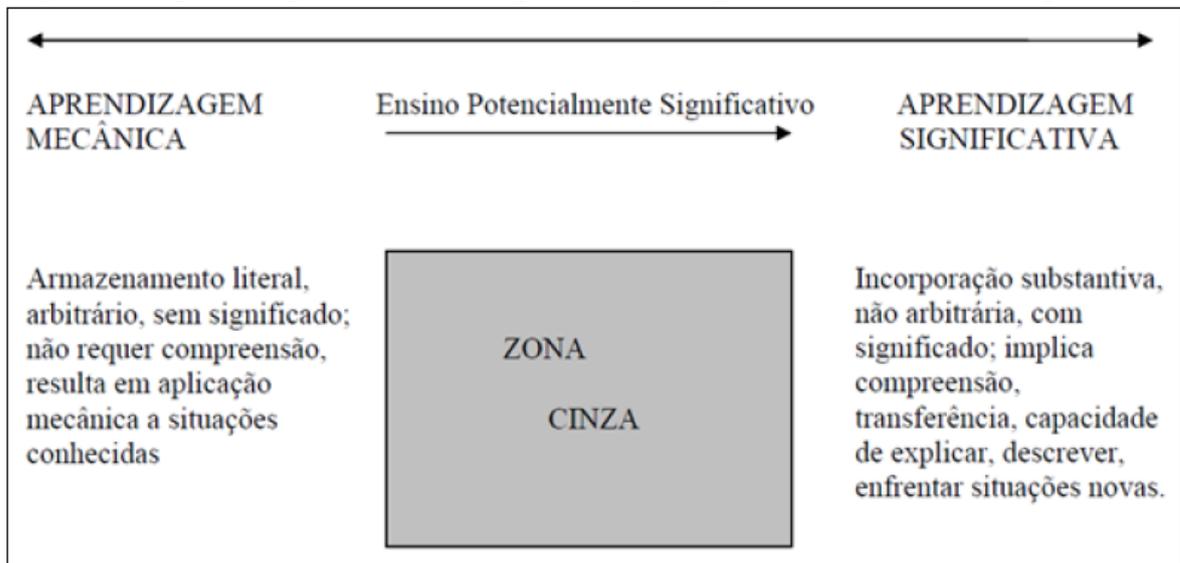
Segundo Ausubel, o esquecimento nada mais é que o resultado de um processo pelo qual o significado das novas ideias tende a ser reduzido, ao longo do tempo, pelo significado mais estável, o que ele chama de assimilação obliteradora. Esta é uma continuidade natural da aprendizagem significativa, mas não um esquecimento total, pois se trata de uma perda da diferenciação de significados e não da perda deles. Se, por acaso, o esquecimento for total, é provável que a aprendizagem tenha sido mecânica (MOREIRA, 2012, p. 17-18; 39).

Além disso, na Teoria da Aprendizagem Significativa tem-se outras definições que são consideradas relevantes para tal pesquisa. Ausubel destaca para que a aprendizagem significativa venha a ocorrer é necessário que duas condições sejam atendidas. A primeira condição é que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo. A segunda, que o sujeito apresente uma predisposição para aprender. (MOREIRA, 2012, p. 24). Concorde-se com tais condições, porém acredita-se que pode se atingir uma a partir da outra. Por exemplo, caso o aluno não se encontre disposto a aprender, um material potencialmente significativo possa causar nesse indivíduo um desejo e um interesse em aprender. Acredita-se ainda que abordar conteúdos de forma interdisciplinar e a utilização de um experimento possam ser materiais potencialmente significativos para que venha ocorrer uma aprendizagem significativa.

Os modelos de ensino que se têm na atualidade, em sua maioria, induzem a uma aprendizagem mecânica, ou seja, aquela que não prevê interação entre os conceitos/conhecimentos anteriores (subsunçores) e os novos conceitos/conhecimentos. É uma aprendizagem puramente memorística, que “serve” para a realização de provas, sendo dispensada, logo após. (MOREIRA, 2012, p. 31-32; BESSA, 2008, p. 134).

No entanto, Moreira (2012, p. 32) destaca que a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, podem ser relacionáveis, pois uma gera a outra, conforme ilustra o esquema da Figura 3.

Figura 3 - Aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa (uma visão esquemática)



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

Observa-se no esquema, que através de um ensino potencialmente significativo é possível levar o sujeito que aprende a uma aprendizagem significativa, ou seja, aquela na qual pode vir a ocorrer uma incorporação substantiva e não arbitrária do conhecimento e que esse tenha significado para o aprendiz.

Moreira (2012) ressalta a importância da linguagem para o ensino e a aprendizagem. Para ele, é um erro pensar que a linguagem da Física é apenas o formalismo matemático. A linguagem também é facilitadora da aprendizagem significativa.

2.2.1 Os conceitos de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa

Segundo Bessa (2008, p. 136) a estrutura cognitiva é caracterizada por dois processos principais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Esses processos podem ser explicados do ponto de vista cognitivo e do ponto de vista instrucional.

Do ponto de vista cognitivo, a diferenciação progressiva, segundo Moreira (1983 apud BESSA, 2008, p. 136) diz respeito à modificação do subsunçor, ou seja, processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor resultante da sucessiva utilização desse

subsunção para dar significado a novos conhecimentos. “Através da elaboração hierárquica de proposições e conceitos na estrutura cognitiva, de modo que as ideias mais inclusivas a serem aprendidas sejam apresentadas primeiro. Então, diferenciada em termos de detalhes e especificidade.” (MOREIRA, 1983, p. 69 apud BESSA, 2008, p. 136).

Já a reconciliação integrativa é definida por Bessa (2008, p. 136) como “um processo que reorganiza a estrutura cognitiva com base nas novas aprendizagens relacionadas umas com as outras, o que lhes atribui novos significados gerados a partir de sucessivos processos adaptativos [...]”.

A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa têm mais a ver com a aprendizagem significativa subordinada, que é mais comum, e a reconciliação integradora tem mais a ver com a aprendizagem significativa superordenada que ocorre com menos frequência. “Através desses processos, o aprendiz vai organizando, hierarquicamente, a sua estrutura cognitiva em determinando campos de conhecimento. [...] A medida que ocorrem os processos [...], a estrutura cognitiva vai mudando” (MOREIRA, 2012, p. 42-43).

Os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa são de extrema relevância quando se trabalha com UEPS, segundo Moreira (2011) estes constituem um dos princípios das UEPS “a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino” (MOREIRA, 2011, p. 44).

Além disso, para Moreira (2012, p. 22-23) “a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora que são processos da dinâmica da estrutura cognitiva podem também ser tomados como princípios programáticos do conteúdo da matéria de ensino”.

No que tange a diferenciação progressiva, da perspectiva de programação da matéria de ensino, “a proposta é que ideias, proposições, mais gerais e inclusivas da matéria de ensino sejam abordadas no início do ensino e progressivamente diferenciadas, em termos de detalhes e especificidades, ao longo do processo” (MOREIRA; MASINI, 2006).

Já a reconciliação integradora, como princípio programático,

É o oposto da prática usual dos livros de texto de compartimentalizar conhecimentos em capítulos e subcapítulos; de acordo com esse princípio o ensino deve explorar, explicitamente, relações entre conhecimentos, indicando diferenças e similaridades, reconciliando inconsistências reais ou aparentes, integrando ou trocando ideias similares. (MOREIRA; MASINI, 2006).

2.2.2 Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa

Existem estratégias e instrumentos facilitadores da aprendizagem significativa, um deles são os mapas conceituais que “são diagramas conceituais hierárquicos que destacam conceitos de um certo campo conceitual e relações (proposições) entre eles.” (NOVAK; GOWIN, 1984 apud MOREIRA, 2005).

Os mapas conceituais são propostos como uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa. De maneira geral, os mapas conceituais são esquemas que indicam a relação entre conceitos, ou entre palavras que são utilizadas para representar os conceitos. Os mapas conceituais são diagramas de significados, relações significativas, o que os tornam diferentes de organogramas e outros diagramas. Além disso, são diferentes também dos mapas mentais (são mais livres) que não se ocupam de relações entre conceitos (MOREIRA, 2005).

Os mapas conceituais podem ser utilizados de maneiras distintas, seja para uma unidade de estudo, para um curso ou, até mesmo, para um programa educacional completo. Pode ser utilizado desde resumir uma ideia e esquematizá-la até uma avaliação de determinado conteúdo.

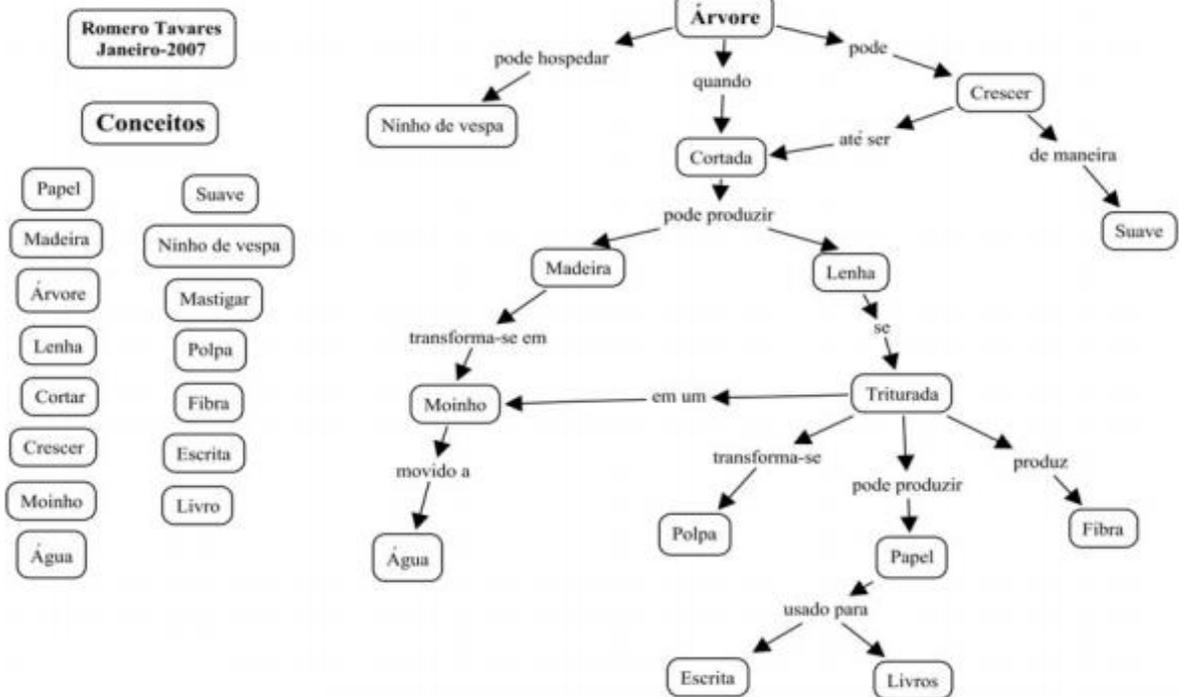
De acordo com Moreira (2005, p. 5),

Na medida em que os alunos utilizarem mapas conceituais para integrar, reconciliar e diferenciar conceitos, na medida em que usarem essa técnica para analisar artigos, textos capítulos de livros, romances, experimentos de laboratório, e outros materiais educativos do currículo, eles estarão usando o mapeamento conceitual como um recurso de aprendizagem.

Os mapas conceituais são fundamentados pela teoria cognitiva de David Ausubel, porém foram desenvolvidos por Joseph Novak. Os mapas não são autoexplicativos, o que faz necessário uma explanação pelo autor do mesmo. Além disso, não existe um mapa 100% correto, no entanto, Novak estabelece quatro critérios⁴ que um professor deve adotar em uma análise e classificação dos mapas, são eles: *proposições*, *hierarquia*, *ligações cruzadas* e *exemplos* (ALMEIDA; SOUZA; URENDA, 2004, p. 4). A Figura 4 traz um modelo simples de um bom mapa conceitual.

⁴ Serão descritos e detalhados no Capítulo 3 - Metodologia.

Figura 4 - Um bom mapa conceitual



Fonte: TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. *Ciências e Cognição*. V. 12, p. 72-85. 2007. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2017.

Notam-se no mapa, certa hierarquia entre os conceitos, isto é, em diferentes graus de complexidade, sendo diferenciados progressivamente. O conceito ‘árvore’ (mais geral) encontra-se em destaque e conceitos mais específicos ocupam um mesmo nível hierárquico abaixo deste. Além disso, têm-se relações entre conceitos distintos, promovendo uma reconciliação entre eles. Acredita-se que tais características o tornam um bom mapa conceitual.

2.3 Ensino de Eletrodinâmica

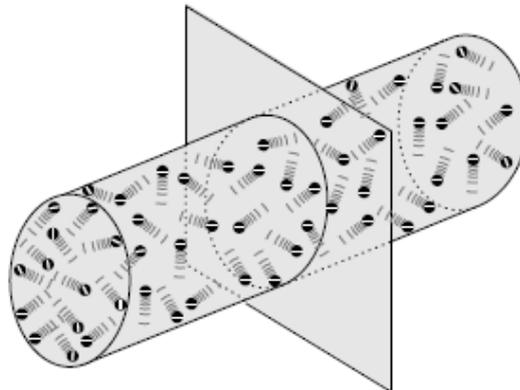
A temática Eletrodinâmica é bastante abrangente, sobretudo para ser trabalhada durante um bimestre letivo por meio de UEPS. Neste trabalho, optou-se em abordar os tópicos listados no Quadro 1, e conseguinte a este têm-se a discussão desses conceitos. Vale ressaltar que a escolha dos conceitos não se deu de forma aleatória, buscou-se selecionar os conteúdos mínimos e obrigatórios de currículos. Além disso, por se tratarem de temas bastante abordados no novo Exame Nacional do Ensino Médio, conforme aponta Hernandez e Martins (2013, p. 68).

Quadro 1 - Tópicos da Eletrodinâmica na UEPS

Corrente elétrica	Definição
	Intensidade de corrente elétrica
	Sentido da corrente elétrica
	Efeitos da corrente elétrica
Resistores	Efeito Joule
	Primeira Lei de Ohm: resistência
	Segunda Lei de Ohm: resistividade
Circuitos elétricos	Elementos de um circuito elétrico
	Associação de resistores
	Potência e energia elétrica
	Medidas elétricas

Fonte: O autor (2017).

A Eletrodinâmica é a área da Física que, de modo geral, investiga as cargas em movimento. Ao movimento de cargas denomina-se corrente. Supondo um material condutor e analisando um trecho deste material, nota-se a presença de cargas (elétrons) livres em movimento aleatório. Ao tomar um plano através do condutor, faz-se o seguinte questionamento: qual deve ser o fluxo total de cargas pelo plano em um dado intervalo de tempo? A Figura 5 representa esquematicamente a situação descrita.

Figura 5 - Fluxo de cargas através de um plano em um cilindro condutor

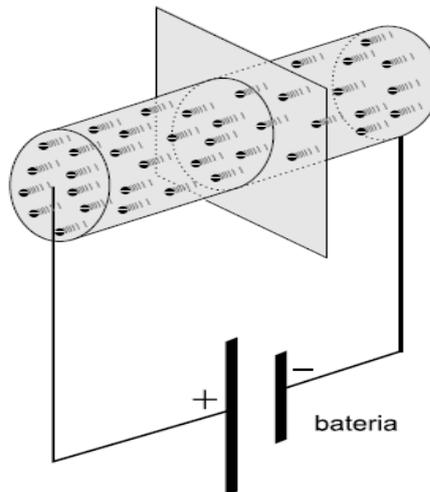
Fonte: SINNECKER; TORT; RAPP, 2010, p. 24.

Devido ao movimento aleatório, as cargas atravessarão a superfície do plano em dois sentidos. Com isso, o número de elétrons cruzando a superfície do plano em uma direção tende a ser igual o número de elétrons cruzando a superfície do plano na direção contrária.

Deste modo, não há qualquer transporte de carga pela superfície, o que resulta numa corrente total nula (SINNECKER; TORT; RAPP, 2010, p. 24-25).

Ao ligar as extremidades do condutor a uma fonte, impondo a elas uma diferença de potencial, gerada pela bateria, surge-se um campo elétrico que direciona o movimento dos elétrons. Assim, os elétrons passam a mover-se em uma direção preferencial, como mostra a Figura 6, fazendo com que o fluxo de cargas deixe de ser nulo (SINNECKER; TORT; RAPP, 2010, p. 24-25).

Figura 6 - Fluxo de cargas através de um plano em um condutor submetido a uma diferença de potencial externa



Fonte: SINNECKER; TORT, RAPP, 2010, p. 25.

A corrente elétrica I é o definida por:

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

A unidade de medida de corrente elétrica é uma das unidades fundamentais do Sistema Internacional e é o Ampère, denotada pelo símbolo A. O Ampère é definido como:

$$1 \text{ Ampère} = 1A = 1 \text{ Coulomb por segundo} = 1 \text{ C/s}.$$

Em síntese, quando existe uma diferença de potencial entre as extremidades de um material condutor elétrico, a carga flui de uma extremidade para a outra (HEWITT, 2015, p. 393). O fluxo I pode ser descrito através de uma quantidade conhecida como densidade de corrente \mathbf{J} . Para fazer uma corrente fluir é necessário ‘empurrar’ as cargas e a velocidade com que essas cargas movem-se depende da natureza do material. Contudo, para a maioria das

substâncias, a densidade de corrente \mathbf{J} é proporcional à força por unidade de carga \mathbf{E} (GRIFFITHS, 2011, p. 198):

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} . \quad (2)$$

sendo \mathbf{E} o vetor campo elétrico.

A densidade de corrente é uma grandeza vetorial e tem dimensão de corrente por unidade de área. Dado um elemento de área de seção transversal $d\mathbf{A}$, a intensidade da densidade de corrente é igual à intensidade de corrente por unidade de área que atravessa esse elemento (SINNECKER; TORT; RAPP, 2010, p. 30).

$$I = \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{A} . \quad (3)$$

A força que faz as cargas se moverem pode ser de qualquer natureza, por exemplo, gravitacional. No entanto, em geral, é a força eletromagnética a responsável em ‘produzir’ corrente elétrica. Deste modo, a equação anterior torna-se:

$$\mathbf{J} = \sigma (\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) , \quad (4)$$

que também pode ser escrito como

$$\mathbf{f} = \mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B} , \quad (5)$$

em que \mathbf{f} é a força de Lorentz, por unidade de carga, \mathbf{v} o vetor velocidade e \mathbf{B} o vetor campo magnético.

Em geral, a velocidade das cargas costuma ser relativamente pequena, de modo que, o segundo termo da equação costuma ser ignorado:

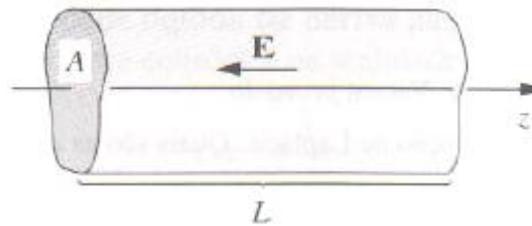
$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} . \quad (6)$$

A equação acima é conhecida como Lei de Ohm, esta alicerça a Eletrodinâmica Clássica. Sigma (σ) é uma constante denominada condutividade e varia de um material para outro e está associada à resistividade (ρ) do mesmo:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}. \quad (7)$$

A Figura 7 esquematiza um resistor constituído de um material de condutividade σ cujo corte transversal tem área A e comprimento L . Se o potencial é constante entre as duas extremidades e tem o valor V , ocorre que o campo eléctrico é uniforme dentro do fio. Segue-se da Equação 5 que a densidade de corrente também é uniforme, portanto: $I = JA = \sigma EA = (\sigma A/L)V$ (GRIFFITHS, 2011, p. 199).

Figura 7 - Esquema de um resistor cilíndrico



Fonte: GRIFFITHS, 2011, p. 199.

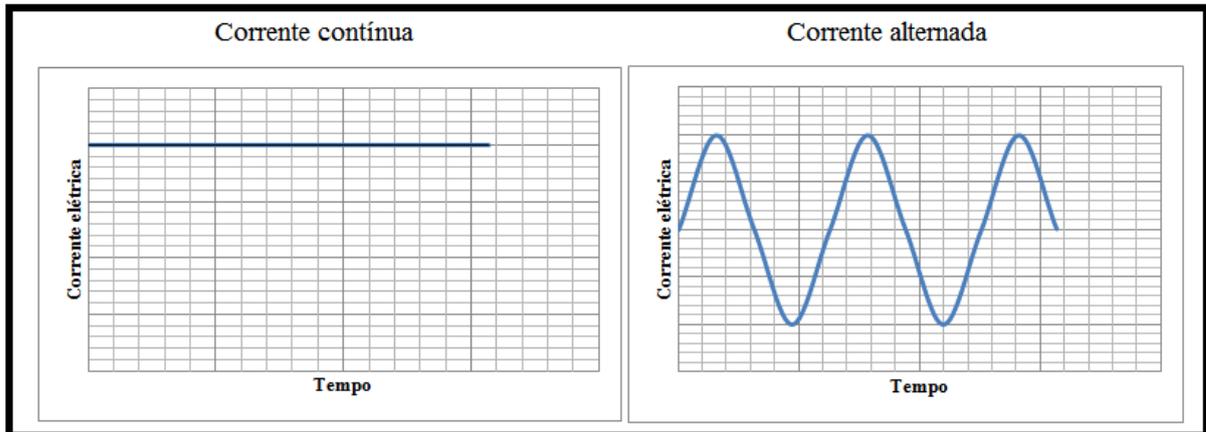
A partir do exemplo supracitado, conclui-se que corrente total que flui entre um eletrodo e outro é proporcional à diferença de potencial V entre eles, e a constante de proporcionalidade R é definida como a resistência do condutor. Assim, em nível médio, por motivos de simplificação, a Lei de Ohm é apresentada como:

$$V = IR \quad (8)$$

onde, $R = L/\sigma A$ ou $R = \rho L/A$.

A resistência R é uma função da geometria do arranjo e da condutividade σ do meio. A unidade de medida da resistência no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o ohm (Ω).

Quanto à corrente eléctrica, esta pode ser contínua (cc) ou alternada (ca). O que diferencia essas correntes é o sentido do movimento das cargas. Nos circuitos cc, o fluxo de carga eléctrica é sempre no mesmo sentido, enquanto que nos circuitos ca, os elétrons invertem o sentido de movimento de modo oscilante. Esquemáticamente essa diferença pode ser representada por meio de um gráfico conforme ilustra a Figura 8 a seguir.

Figura 8 - Gráficos de corrente contínua e corrente alternada.

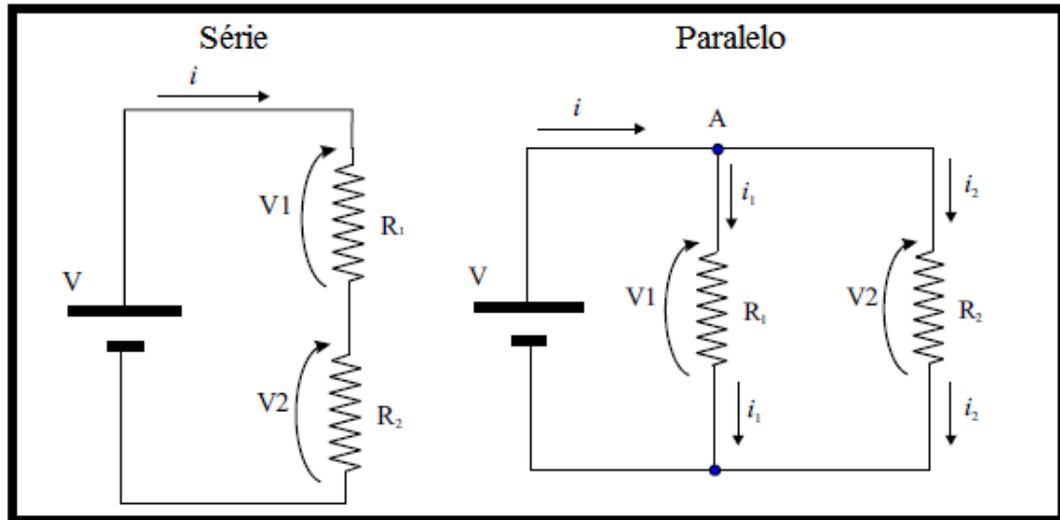
Fonte: O autor (2017).

Vale ressaltar que circuito elétrico é qualquer caminho por onde os elétrons possam fluir (HEWITT, 2015, p. 400). Ao fluírem através do condutor, os elétrons sofrem colisões, resultando no aquecimento e na conversão de energia elétrica em outras formas de energia como calor ou luz. A esta taxa de conversão energética denomina-se potência elétrica, e pode ser calculada por meio da expressão a seguir, conhecida como lei de aquecimento de Joule (GRIFFITHS, 2011, p. 201) mostrada a diante:

$$P = VI = I^2R . \quad (9)$$

Um circuito elétrico pode ser simples ou composto, isso dependerá dos elementos resistivos que nele possuir. Ao conjunto de elementos resistivos denomina-se malha. A combinação de resistores num circuito chama-se associação, e basicamente, os resistores em um circuito elétrico estão associados de três possíveis maneiras: associação em série, quando são percorridos pela mesma corrente elétrica; associação em paralelo, quando possuem a mesma diferença de potencial; associação mista quando há a combinação de associação em série e paralelo num mesmo circuito. A Figura 9 traz exemplos de associações de resistores.

Figura 9 - Associação de resistores em série e em paralelo



Fonte: SINNECKER; TORT; RAPP, 2010, p. 55; 58.

Quando se tem N resistores associados em série, a resistência total equivalente é dada pela relação:

$$R_{\text{total}} = \sum_{i=1}^N R_i \quad (10)$$

Já para o caso de N resistores associados em paralelo, a resistência total equivalente é calculada por meio da expressão:

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i} \quad (11)$$

3 METODOLOGIA

Este capítulo está dividido em duas seções, sendo uma delas com o intuito de explicitar a metodologia no âmbito do ensino. A outra parte tem por finalidade apresentar a metodologia da pesquisa, que relata o tipo de metodologia utilizada, além de especificar os sujeitos e os instrumentos envolvidos neste trabalho.

3.1 O Ensino

Nesta seção são apresentados como os documentos oficiais que regem a educação orientam a exposição dos conteúdos. Sendo eles: Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, e a recém-aprovada, Base Nacional Comum Curricular e o Currículo Mínimo Estadual do Rio de Janeiro.

As Orientações Curriculares sugerem um conjunto de competências a serem alcançadas para a área de ciências. Sendo que, todas estão relacionadas a três grandes competências: de representação e comunicação; de investigação e compreensão; e de contextualização sociocultural. Além disso, espera-se com o ensino da Física dois principais aspectos: a Física como cultura e a Física como possibilidade de compreensão do mundo (BRASIL, 2006, p. 52-53).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular, BNCC, Brasil (2016, p. 137), o ensino de Ciências deve dar sentido aos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o mundo natural e social para que eles compreendam, expliquem e intervenham no mundo em que vivem, estabelecendo relações entre o conhecimento científico e a sociedade.

No que tange ao ensino de Física, a BNCC afirma que se contextualizado, este pode se tornar mais eficaz “o conhecimento físico, com seus conceitos, leis, grandezas e relações matemáticas, ganha mais significado se utilizado em problemáticas reais” (BRASIL, 2016, p. 144).

Já, os PCN+ salientam que a Física deve apresentar-se “como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos” (BRASIL, 2007, p. 2).

No que diz respeito aos fenômenos eletromagnéticos, os PCN+ afirmam que o seu estudo pode ser voltado para a compreensão dos equipamentos dessa natureza, desde aqueles de utilização doméstica aos geradores e motores de uso industrial, provendo competências

para utilizá-los, dimensioná-los ou analisar condições de sua utilização. (BRASIL, 2007, p. 18).

Para se alcançar as competências necessárias para o ensino do Eletromagnetismo, faz-se necessário, dentre outros requisitos: a compreensão da origem da energia elétrica que utilizamos; a fenomenologia da eletricidade em situações concretas como, por exemplo, os perigos dos choques elétricos; e também o entendimento dos motores elétricos (BRASIL, 2007, p. 24-25).

Em concordância aos PCN+, no que tange ao estudo do Eletromagnetismo, o Currículo Mínimo Estadual do Rio de Janeiro prioriza exatamente os fenômenos que ajudam a compreender a geração de energia elétrica a partir da energia cinética, o dínamo, e a geração de movimento a partir da energia elétrica, o motor elétrico (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 3).

Sendo assim, buscou-se na confecção do Produto Educacional, levar em conta os aspectos supracitados, na construção de um material que dialogue com o contexto diário dos alunos e também que possibilite um caráter humano/social da Ciência Física.

3.2 A Pesquisa

Nesta seção será apresentada a metodologia da pesquisa, bem como o tipo de pesquisa, que é a pesquisa qualitativa, os sujeitos envolvidos e também os instrumentos que serão utilizados para coleta e análise dos dados da investigação.

3.2.1 A Pesquisa Qualitativa em Educação

A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 32).

O interesse central da pesquisa qualitativa consiste na interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos e suas ações através da observação participativa. O pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse, isto é, faz anotações, ouve, observa, registra, busca interpretações. Com isso, as hipóteses são geradas ao longo do processo de investigação (MOREIRA; ROSA, 2016, p. 7-8). Nessa pesquisa, busca-se compreender o fenômeno social segundo a perspectiva dos atores através de participação em suas vidas (FIRESTONE apud MOREIRA; ROSA, 2016, p. 8).

Para Moreira e Rosa (2016), os métodos utilizados baseiam-se principalmente em técnicas etnográficas, estudos de caso e antropologia educativa. “O que se faz são estudos etnográficos [...] uma vez que o fenômeno de interesse da pesquisa [...]. Tais estudos incluem uma sala de aula em particular, um pequeno grupo em uma sala, cenas ou diálogos na sala de aula, relações escola-comunidade, etc.” (MOREIRA; ROSA, 2016, p. 11).

Vale ressaltar que o pesquisador deve estar atento a alguns limites e riscos nesse tipo de pesquisa. Como exemplo, o excesso de confiança no investigador como instrumento de coleta de dados, a falta de observância dos aspectos sob diferentes enfoques, a certeza do próprio pesquisador com relação a seus dados e a sensação de dominar o objeto de estudo de maneira profunda (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 32).

3.2.2 Os sujeitos

Os sujeitos da pesquisa são os alunos de uma turma de 3º ano do Ensino Médio Integrado ao Curso Técnico em Edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *campus* Campos-Centro, que foram submetidos a um ensino por meio de UEPS ao longo de um bimestre letivo.

A turma era composta por 44 alunos, sendo que desses, frequentavam assiduamente, uma média de 32 alunos. Buscou-se trabalhar em grupos, que se mantiveram fixos na maioria das atividades, com o intuito de analisar o desempenho de cada grupo. Os dados que serão apresentados no Capítulo 5, bem como os resultados e discussões, são referentes a cinco dos dez grupos formados, a escolha desses cinco deu-se de forma aleatória.

3.2.3 Os instrumentos

Os instrumentos utilizados para a análise foram a observação participativa, registrando em cada momento da aplicação os fatores e as evidências mais relevantes.

Além disso, tem-se a *avaliação somativa* da aprendizagem ao longo do processo, na qual, os alunos estavam sendo avaliados em cada etapa da aplicação, nas construções dos mapas, nas questões do estado de caso e dos estudos dirigidos, em toda atividade e participação.

E também análise dos *mapas conceituais* elaborados ao final da aplicação da UEPS. Por meio de uma análise dos mapas mentais e conceituais, construídos antes e depois da aplicação, respectivamente, buscaram-se evidências de aprendizagem significativa.

Um mapa conceitual pode ser usado com diversos fins, e um deles é como instrumento de avaliação. Contudo, para isso, é necessário pensar em como analisar quantitativamente (atribuir notas) um instrumento a fim de “verificar” o aprendizado do aluno acerca de um dado conceito, diferentemente de uma questão em uma prova.

Em outras palavras, o que se deseja considerar aqui, é que não existe um gabarito para um mapa conceitual. Ainda assim, elaborou-se um mapa no produto educacional, apenas para servir de referência ao professor que por ventura, vir a reaplicar.

Acredita-se que a análise dos mapas dos alunos deve ser realizada de forma minuciosa, pois cada indivíduo apresenta uma maneira distinta de representar um mesmo tema.

Sendo assim, na tentativa de atribuir valores (nota numérica) aos mapas, esperava-se nesses, uma série de fatores presentes, como propõe Novak (NOVAK; GOWIN, 1999 apud ALMEIDA; SOUZA; URENDA, 2004, p. 5). “São quatro critérios principais que o professor pode estar utilizando quando for analisar e classificar um mapa conceitual: *proposições, hierarquia, ligações cruzadas e exemplos*”. (ALMEIDA; SOUZA; URENDA, 2004, p. 5).

Através da análise das proposições – as relações entre conceitos – o professor deve verificar se as palavras-chaves que ligam os dois conceitos instauram significado entre eles e se a relação é verdadeira, ou seja, se tem validade. Em seguida deve ser observada a hierarquia verificando a validade das relações entre os conceitos mais inclusivos ou mais gerais que devem estar mais acima (ou em destaque) dos subordinados ou mais específicos que estarão localizados abaixo destes. Devem ser observadas também, as ligações cruzadas ou ligações transversais que representam um caráter de transversalidade ao mapa, ligando validamente segmentos opostos horizontalmente. Estas ligações representam uma maior grau de compreensão quando apresentam simultaneamente significativas e válidas, expressando sínteses entre grupos de proposições ou conceitos relacionados. Se ao contrário apresentarem somente a validade à pontuação deve ser menor. Também é possível que o aluno faça alguma ligação transversal que seja criativa ou peculiar. E finalmente, podem existir os exemplos, que apesar de não serem conceitos (não representar dentro do retângulo, como no caso do conceito) representam acontecimentos ou objetos concretos (ALMEIDA; SOUZA; URENDA, 2004, p. 5).

Para fins de uma análise quantitativa dos mapas, atribuiu-se um peso a cada categoria conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Pontuação dos mapas conceituais de acordo com Novak e Gowin

Crítérios Classificatórios	Pontos
Proposições: cada ligação entre conceitos, se for válida e significativa	1
Hierarquia: cada nível válido	5
Ligações Transversais: cada ligação se for:	
- válida e significativa	10
- somente válida	2
- criativa ou peculiar	1
Exemplos: cada exemplo válido	1
Equações	2
Unidades de medida	1

Fonte: Adaptado de Caldas (2006).

Os números representados no Quadro 2 representam um peso atribuído a categoria a eles associada. Por exemplo, para cada equação que o mapa apresentar, são dados dois pontos, e estes multiplicados pelo número de equações presentes no mapa conceitual. Ao final, somam-se os pontos de cada categoria, obtendo então, uma pontuação final para o mapa conceitual. Essa pontuação final é comparada a uma pontuação média (ou padrão) com base em um mapa conceitual elaborado pelo autor para esta pesquisa. A partir disso, tem-se um percentual de ‘acertos’ em cada mapa desenvolvido.

Utilizou-se ainda, como instrumento de coleta de dados, um questionário elaborado com o auxílio do *Formulários do Google*, que consiste em uma “ferramenta que permite planejar eventos, enviar pesquisas, aplicar testes para alunos e colher informações, de forma direta” (GOOGLE, 2015). Tal questionário pode auxiliar na análise dos dados, por permitir a construção de gráficos e outros recursos estatísticos facilitadores.

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

4.1 Roteiro do Produto

O produto educacional elaborado é constituído por uma UEPS para o professor e a versão do aluno, idealizadas como uma alternativa eficaz para a construção do conhecimento acerca do Eletromagnetismo. A unidade da presente pesquisa funcionará como afirma Moreira (2011), como estratégias facilitadoras da aprendizagem por meio da utilização de experimentos, simulações computacionais, mapas conceituais, uso da história da ciência, etc. Diferente de abordagens anteriores, a UEPS é iniciada com um caso na perspectiva da estratégia de Estudo de Caso⁵ proposto por Queiroz e Cabral (2016).

Os objetivos esperados estão relacionados a seguir no Quadro 3.

Quadro 3 - Objetivos esperados para com o ensino por meio da UEPS

- 1) Reconhecer a corrente elétrica como o movimento ordenado de elétrons;
- 2) Diferenciar corrente elétrica contínua de corrente elétrica alternada;
- 3) Reconhecer os efeitos da corrente elétrica;
- 4) Reconhecer a resistência elétrica como elemento inerente a todo e qualquer circuito elétrico;
- 5) Representar resistores elétricos em circuitos elétricos;
- 6) Relacionar resistência e resistividade elétrica;
- 7) Identificar fatores de risco que podem causar choques elétricos;
- 8) Reconhecer os efeitos de um choque elétrico no corpo humano e os fatores que aumentam e diminuem esses efeitos;
- 9) Reconhecer o efeito Joule no cotidiano e a explicação do fenômeno;
- 10) Calcular o consumo elétrico com base na potência elétrica e estimar o custo associado.

Fonte: O autor (2017).

Tais objetivos são os principais esperados no ensino da Eletrodinâmica em nível médio. Para auxiliar a o alcance desses objetivos, experimentos de baixo custo e o uso de

⁵ “Narrativas sobre dilemas vivenciados por pessoas que necessitam tomar decisões a respeito de determinados assuntos” (SÁ; QUEIROZ, 2010 apud QUEIROZ; CABRAL, 2016, p. 11). Ressalta-se aqui, que o caso foi utilizado para fim de problematização e contextualização.

recursos midiáticos, tais como imagens, vídeos, simulações computacionais, constituem os estágios centrais do desenvolvimento da temática nas UEPS, de modo a fornecer para o aluno uma dimensão prática e menos abstrata ao relacionar a temática ao cotidiano do aluno.

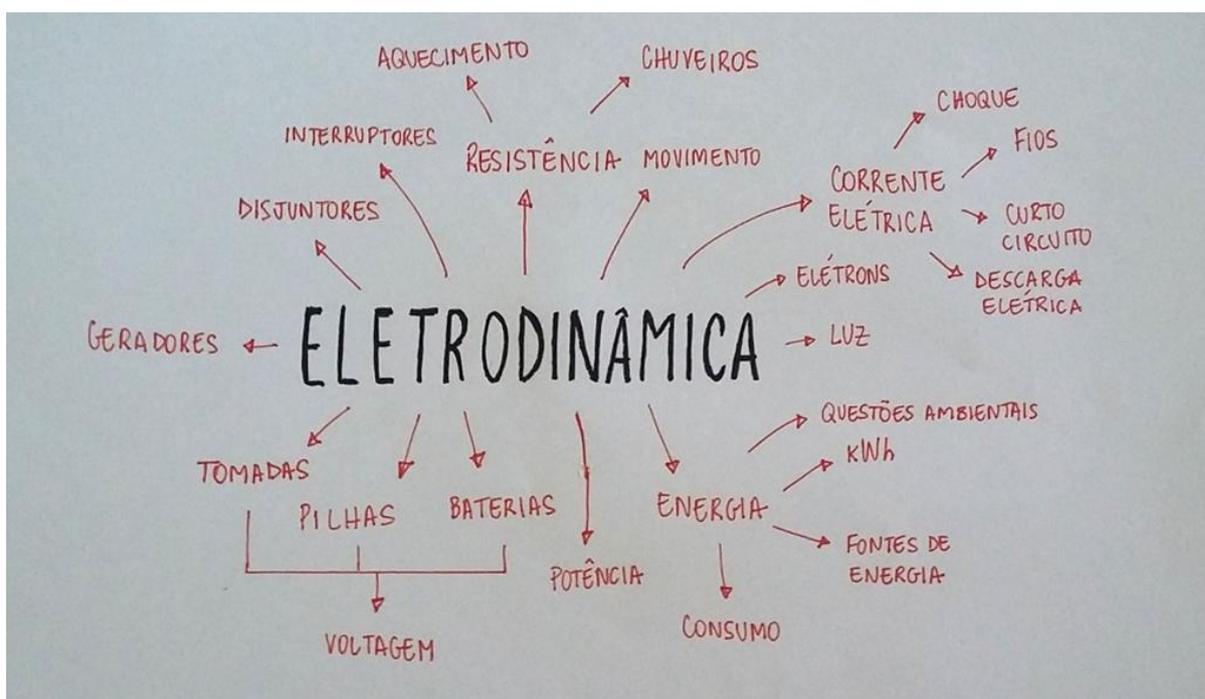
Por último o uso de mapas conceituais como recurso integrador dos conceitos e também como instrumento avaliativo, vem como proposta para encerrar as UEPS.

A diante, tem-se a descrição das partes do Produto Educacional desenvolvido, bem como a estratégia de ensino utilizada em cada um das etapas e suas finalidades.

1. Situação inicial: nesta etapa, em grupo, os alunos são incentivados a elaborarem um mapa mental sobre a Eletrodinâmica.

A Figura 10 traz um mapa mental elaborado pelo autor, com a finalidade de exemplificar.

Figura 10 - Exemplo de mapa mental



Fonte: O autor (2017).

No mapa mental o sujeito tem total liberdade para fazer associações entre seus conhecimentos, suas representações, suas cognições, a partir de uma palavra-chave ou uma imagem central. Assim, os alunos ficam à vontade para fazer relações da Eletrodinâmica com outros ramos da Física e/ou com o seu cotidiano, suas representações sociais.

Ao fim da atividade, os mapas mentais devem ser apresentados por um integrante do grupo a toda turma e por fim, entregues ao professor.

O mapa mental pode servir de instrumento de avaliação, pois neles é possível identificar a percepção individual ou até mesmo de um grupo acerca de um dado conhecimento. Em outras palavras, em um mapa é possível identificar a visibilidade dos processos cognitivos empreendidos pelo aprendiz para a assimilação dos conceitos formando um simples instrumento que pode possibilitar ao professor o reconhecimento de ‘onde está o aluno’ (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993, p. 58 *apud* SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010, p. 188).

2. Situações-problema iniciais: neste momento, deve ser realizada a leitura e a discussão do estudo de caso desenvolvido pelo autor intitulado “Um dia de altas tensões”, disposto a seguir, nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Estudo de caso (parte 1)

Um dia de altas tensões

No feriado da semana passada, Júlia e sua família se mudaram para Campos, chegando na cidade numa noite fria. Em seu primeiro dia na nova casa uma série de problemas aconteceu. A começar pela instalação dos eletrodomésticos. Ao tentar ligar a TV na tomada, Marta, mãe de Júlia, constatou que a tomada de sua TV possuía três pinos e a entrada da tomada apenas dois.

– *E agora, mãe, como vamos assistir a final do jogo do Flamengo?* Questionou Jonas, irmão de Júlia.

– *Jonas, na nossa antiga casa não tínhamos esse problema, e não temos nenhum adaptador, vamos ter que providenciar isso amanhã, pois é feriado e acredito que não encontraremos nenhum lugar aberto na cidade para comprar.*

– *Mãe, é fácil resolver isso! Basta cortar o pino do meio com algum alicate ou serra, esse pino é inútil mesmo.* Disparou Júlia, confiante.

– *Mas Júlia, então pra quê os novos aparelhos vem com essa tomada? Não tem sentido fabricarem algo que não tenha utilidade.* Rebateu, Jonas.

– *Ah, isso é pura jogada de marketing! Só para venderem novas tomadas.* Disse Júlia.

– *De qualquer modo, não iremos fazer isso Júlia, pois se algo acontecer com a TV, podemos perder a garantia dela.* Respondeu sua mãe.

Indignada, Júlia contesta:

– *Aff! Vocês são muito teimosos! Vou pesquisar na net e mostrar que vocês estão errados.*

Ao pegar o celular para pesquisar, Júlia notou que o mesmo estava descarregado.

– *Mas que droga! Meu cel descarregou!* Diz Júlia furiosa.

Quando Júlia ia conectar o carregador na tomada, verificou um adesivo acima da tomada indicando “220 V”:

– *Gente, não acredito! Essa tomada é 220, ainda bem que a TV é de três pinos senão já teria dado ruim. O pior que não poderei nem carregar meu celular.*

– *Liga seu carregador, Júlia, é puro marketing! Você não acabou de dizer?* Diz Jonas em tom sarcástico.

– *É diferente Jonas! Uma coisa é o pino inútil das tomadas novas, outra coisa é ligar os aparelhos no 220, é muita energia e queima o aparelho!*

Fonte: O autor (2017).

Figura 12 - Estudo de caso (parte 2)

– *Vamos fazer o seguinte: vamos tomar banho e sair pra comer algo, assim conhecemos um pouco a cidade e vemos o jogo num restaurante ou barzinho.* (Marta)

– *Não temos muito tempo! Vou ser o primeiro, porque vocês demoram muito pra se arrumar.* Diz Jonas.

– *Não Jonas! Prometo não demorar.* Disse Júlia enquanto se dirigia ao banheiro.

Ao mudar a chave do chuveiro para a posição “inverno”, e observar que nada acontecia,

– *Ahhhhhh! Gente não é possível!!!!!!!!!!!!!! Hoje é nosso dia de azar, pelo amor de Deus!*

Grita Júlia do banheiro.

– *O que aconteceu Júlia?* Pergunta Dona Marta.

– *Levei um choque ao abrir o registro para ligar o chuveiro.*

Dona Marta se dirige até o banheiro para tentar ajudar e liga o chuveiro sem tomar choque:

– *Pronto, Júlia! Pra quê esse desespero, todo?*

Contudo, para surpresa da família...

– *Desisto! Tá um frio danado e não sai água quente desse chuveiro.* Reclama Júlia.

– *Ah, deve estar com a resistência queimada.* Afirma Jonas.

– *Além das tomadas de 220, tem mais essa, precisamos de um eletricista pra ontem, mãe!* Diz Júlia em tom de irritação.

– *Filha, só poderemos resolver isso amanhã. Vou aquecer uma água e o jeito vai ser tomar banho de balde hoje.* Rebate Dona Marta calmamente.



Fonte: O autor (2017).

Esta atividade funciona como um pseudo-organizador prévio, isto é, um material instrutivo e introdutório que deve ser apresentado antes do conteúdo propriamente dito. Seu principal objetivo é o de “servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber a fim de que o novo conhecimento pudesse ser aprendido significativamente”. (AUSUBEL, 1968 *apud* MOREIRA, 2011, p. 10).

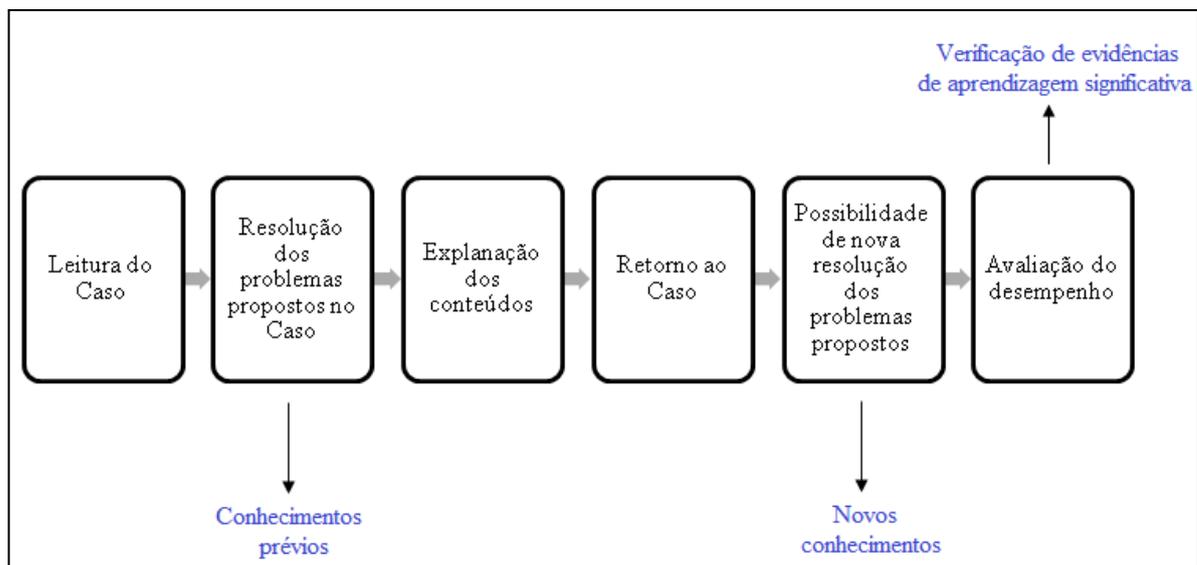
O Caso relata a história de uma família que se muda para uma nova casa e se depara com uma série de problemas relacionados de forma direta ou indireta com a Eletrodinâmica. Sua principal função é levar à aproximação da Física ao cotidiano dos alunos. O professor pode realizar a leitura do caso, ou escolher alguns alunos para fazê-la. Após a leitura, os alunos, em grupo deverão discutir e responder as seguintes questões:

- a) *Ao cortar o terceiro pino da tomada da TV, a mesma funcionará? Você concorda com Júlia que esse pino não possui utilidade? Em caso negativo, por que os fabricantes de produtos elétricos passaram a fabricar produtos com tomadas com três pinos?*
- b) *Ao ligar a TV e o carregador do celular em uma tomada de 220 V, há algum risco? Que danos podem ocorrer com cada aparelho?*
- c) *Ao ligar o chuveiro, Júlia levou choque e sua mãe não. Você poderia dar uma explicação provável para isso?*
- d) *Que efeitos biológicos um choque elétrico pode causar?*
- e) *Ao mudar a chave de um chuveiro, da posição verão para inverno, por exemplo, o que acontece internamente para a água sair mais aquecida?*
- f) *O que é a resistência de um chuveiro? Pra que ela serve?*

g) *Você concorda com a afirmação de Júlia “220 é muita energia e queima o aparelho”? Justifique.*

A avaliação desta atividade se dará futuramente, quando o Caso for retomado, após a explanação dos conteúdos, onde os alunos terão uma nova oportunidade de resolver as questões, como uma espécie de pré-teste e pós-teste. A Figura 13 esquematiza como o Caso será avaliado.

Figura 13 - Esquema de avaliação do Caso



Fonte: O autor (2017).

Num primeiro momento, é feita a leitura do Caso e em seguida, os alunos reunidos em grupos, devem responder as questões-problema, na etapa denominada por ‘Resolução dos problemas propostos no Caso’, neste momento são levantados os conhecimentos prévios dos alunos. Após isso, inicia-se o processo de ensino através da ‘Explanação dos conteúdos’ e em algum momento futuro, o Caso é retomado, ou seja, uma reaplicação da atividade, dando assim, a ‘Possibilidade de nova resolução dos problemas propostos’, e com isso realiza-se a ‘Avaliação do desempenho’ dos alunos por meio da comparação das respostas iniciais e finais.

3. Aprofundando conhecimentos: esta etapa ocorre em várias aulas e nestas, devem ser trabalhados os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial, resistência, potência e energia elétrica, juntamente com toda parte algébrica dos mesmos. Foram planejadas e ministradas ao todo seis aulas com esse enfoque.

Para esta etapa devem ser levadas em consideração a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora* em todos os momentos. Além disso, a recursividade deve existir, isto é, “a possibilidade de refazer as tarefas de aprendizagem; é o aproveitamento do erro como recurso de aprendizagem” (MOREIRA, 2011, p. 11).

Experimentos podem ser utilizados para uma melhor visualização e compreensão de determinados fenômenos. Foram montados três experimentos de baixo-custo a serem utilizados em determinadas aulas, cujos roteiros de construção e montagem encontram-se no Produto disposto no Apêndice A desta dissertação.

Os experimentos aqui não tem por objetivo a avaliação da aprendizagem. Os mesmos são utilizados para fins de demonstração nas aulas expositivas, além disso, o professor é quem irá executá-lo.

Os experimentos desenvolvidos visam observar o experimento Joule, ou seja, observar o surgimento de um campo magnético devido a uma passagem de corrente elétrica e discutir o brilho de lâmpadas, este último, pode ser observado na Figura 14, disposta a seguir, onde retrata dois circuitos elétricos simples (em série e em paralelo) construídos com material de baixo custo.

Figura 14 - Protótipo experimental para demonstração do brilho de lâmpadas



Fonte: O autor (2017).

Esse material é de fácil reprodução e no Produto Educacional têm-se as instruções com o material necessário para o professor construí-lo e de como aplicá-lo.

4. Diferenciação progressiva: será aplicada nesta etapa a atividade desenvolvida ‘Dimensionando Circuitos’ com a utilização de um *software* computacional do *Phet*⁶ que permite construir circuitos e realizar medidas elétricas.

A atividade apresenta progressividade em sua sequência e possibilita a recursividade, uma vez que o *software* auxilia aos alunos na resolução dos problemas propostos. As instruções de aplicação da atividade encontra-se disponível no Produto no Apêndice A. A Figura 15 traz uma captura de tela que mostra as principais ferramentas contidas na simulação.

Figura 15 - Captura de tela da Simulação *Kit de Construção de Circuito (DC)*



Fonte: O autor (2017).

Cada problema tem um tempo estabelecido para ser solucionado. As atividades foram categorizadas em duas modalidades:

a) *Responda e comprove*: nesta categoria, os alunos deveriam responder às questões propostas; após a resolução analítica, os sujeitos utilizam o *software* para verificar suas respostas e têm a possibilidade de refazê-las, se necessário ao final de cada tarefa.

b) *Comprove e responda*: nesta categoria, os alunos executariam primeiramente a construção do circuito na simulação, e em seguida deveriam responder a questões obtida a partir de tal construção.

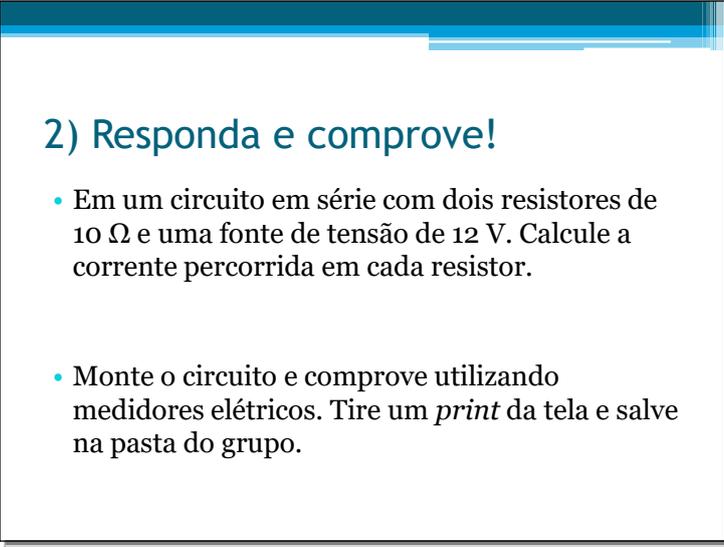
⁶ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc>. Acesso em: 27 de junho de 2017.

As tarefas desta atividade estão em ordem crescente de complexidade possibilitando assim, uma diferenciação progressiva como propõe Moreira (2011).

A Tarefa I consiste em demonstrar a importância da utilização de resistores em circuitos. Para isso, os alunos deverão construir um circuito simples contendo apenas condutores e uma fonte de tensão. Ao rodar a simulação, o circuito entrará em curto, provocando a queima do condutor devido ao superaquecimento causado pela ausência do resistor. Sendo assim, esta atividade inicial tem por finalidade mostrar a importância do resistor em um circuito elétrico.

A Tarefa II tem por um dos objetivos, realizar medidas elétricas com a utilização de amperímetros e compará-las com os valores calculados teoricamente. Além disso, outro objetivo é realizar corretamente a associação do amperímetro junto ao circuito. Para isso, os alunos em um primeiro momento desta atividade deverão calcular a corrente elétrica a partir dos dados que serão fornecidos pelo professor e que também se encontram disponíveis na lista de tarefas da atividade que deve ter sido entregue aos alunos ao início. Após a realização do cálculo, os alunos deverão construir um circuito no Simulador com os valores especificados e realizar a medida com a associação do amperímetro ao circuito. De maneira a exemplificar, tem-se a Figura 16 que mostra resumidamente a Tarefa II da atividade *Dimensionando Circuitos*.

Figura 16 - Exemplo de uma das tarefas da atividade Dimensionando Circuitos



2) Responda e comprove!

- Em um circuito em série com dois resistores de $10\ \Omega$ e uma fonte de tensão de 12 V. Calcule a corrente percorrida em cada resistor.
- Monte o circuito e comprove utilizando medidores elétricos. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

Fonte: O autor (2017).

Após a comprovação do valor, os alunos têm a possibilidade de retornar aos cálculos para realizar ajustes, correções, se necessários. Entende-se que esta etapa possibilita a recursividade, por permitir o aproveitamento do erro como um recurso de aprendizagem.

A Tarefa III tem finalidade semelhante à Tarefa II. Contudo, agora os alunos deverão responder sem a realização de cálculos o que acontece com o valor da corrente da Tarefa II, isto é, se aumenta ou se diminui, ao dispor os resistores em paralelo. Após responderem, os alunos deverão comprovar através da construção de um circuito em paralelo no simulador.

A Tarefa IV tem por finalidade a verificação do brilho de uma lâmpada em uma associação em série. Para tal, os alunos deverão construir no Simulador um circuito específico, que estará presente na lista de tarefas da atividade. Após isso, é solicitado aos alunos realizar alterações no valor da resistência do resistor, o professor deverá instruir aos grupos como proceder, as instruções constam no Produto Educacional desenvolvido.

A Tarefa V é conceitual e visa verificar o brilho de lâmpadas em uma associação em paralelo. Para isso, os alunos deverão construir um circuito proposto na lista de tarefas. As especificações dos valores de tensão e resistências também estão dispostas na lista. Os alunos deverão responder o que ocorre fisicamente ao ligar/desligar a chave. Ao executar a simulação, os alunos deverão testar o circuito com a chave aberta e com a chave fechada para comprovar suas respostas.

A Tarefa VI possui relação com a Tarefa V, entretanto nesta, os alunos deverão calcular e medir valores de tensão e corrente elétrica em situações em que a chave se encontra aberta e em casos em que a mesma está fechada.

A última tarefa consiste num desafio. Dispondo de duas pilhas e quatro resistores com especificações dadas, os alunos deverão construir um circuito que gere uma corrente elétrica de 1,5 A. Para isso, eles farão associações mistas dos resistores de forma livre. É uma tarefa que estimulará a criatividade, bem como o raciocínio lógico para a construção dos circuitos.

A estimativa de tempo para a execução de cada tarefa encontra-se relacionada na Tabela 1.

Tabela 1 - Tempo atribuído a cada tarefa da atividade Dimensionando Circuitos

Tarefa	Tempo
Tarefa I	5 min
Tarefa II	8 min
Tarefa III	8 min
Tarefa IV	8 min
Tarefa V	8 min
Tarefa VI	8 min
Desafio	15 min

Fonte: O autor (2017).

Os valores foram estimados e testados, e tratam-se de valores médios, é facultativo ao professor que aplicar a atividade fazer modificações e ajustes necessários, de acordo com o ritmo de sua turma.

5. *Novas situações-problema:* será utilizado o jogo desenvolvido intitulado ‘Mitos e Verdades na Eletricidade’.

O jogo consiste em apresentar aos alunos assertivas acerca de situações cotidianas que envolvem os fenômenos elétricos, no intuito de desmistificar algumas ideias existentes, discutindo e diferenciando o que é e o que não é conhecimento científico. Acredita-se que os jogos educativos apresentam-se como ferramentas alternativas para serem utilizadas nos ambientes de aprendizagem, a fim de tornar as aulas mais dinâmicas e/ou atrativas, e também, proporcionando uma motivação aos alunos.

Para esta atividade, recomenda-se que os alunos trabalhem individualmente, pois o coletivo se dará no momento de discussão.

Cada aluno deve receber uma placa, a ser confeccionada pelo professor com material de baixo custo, como ilustrada na Figura 17, contendo de um lado a palavra *Mito* e do outro, a palavra *Verdade*.

Figura 17 - Placas do jogo Mitos e Verdades na Eletricidade



Fonte: O autor (2017).

Após isso, o professor deve explicar as regras do jogo para a turma que são as seguintes: serão apresentadas a eles algumas afirmativas (o professor fará a leitura da afirmativa) e ao término da leitura, eles deverão instantaneamente levantar a placa *Verdade*, caso concordem com tal afirmativa ou *Mito* caso discordem. Então, o professor pode fazer uma contagem, caso deseje, para uma possível estatística das respostas, contudo é opcional. Uma vez que a finalidade desta atividade é apresentar assuntos do cotidiano, porém de forma lúdica.

O professor pode escolher um aluno aleatoriamente para que esse justifique o motivo da sua escolha. Recomenda-se escolher um que concordou e um que discordou, caso algum outro aluno queira argumentar, deve-se permitir, promovendo assim, uma discussão coletiva e colaborativa.

Após isso, o professor deve apresentar a resposta correta à turma, dispondo-se a tirar dúvidas e, se necessário, esclarecer melhor a explicação.

Em seguida, inicia-se a nova afirmativa e repetem-se todos os passos relatados aqui anteriormente.

No Quadro 4, é possível encontrar uma listagem com sugestões de algumas assertivas (verdades e mitos) elaboradas para a aplicação do jogo.

Quadro 4 - Fichas do jogo Mitos e Verdades na Eletricidade

Forno de micro-ondas, máquina de lavar louças, aquecedor, ar condicionado, chuveiro e torneira elétrica são equipamentos de potência elevada.
Deixar o carregador de celular sozinho na tomada não gasta energia.
Deixar o aparelho carregando depois que a bateria está cheia, não consome energia.
Detector de mentiras existe e funciona.
Colocar uma garrafa PET com água em cima do relógio medidor faz economizar energia.
O uso de benjamins é seguro.
Uma residência projetada com entradas de 220 volts gasta mais energia elétrica.
Um corte no dedo contribui para uma pessoa levar um choque elétrico.
Dar a mão a uma pessoa que se encontra levando um choque, este pode ser transmitido.
Remover o pino do meio de tomadas não causa danos.
Existe uma lei que determina que todas as novas edificações precisam ter o aterramento da rede elétrica.

Fonte: O autor (2017).

A avaliação desta atividade deve se dar principalmente pela participação dos alunos durante a mesma e também com as explicações dadas por eles para justificar se tal fato é um mito ou verdade. Acredita-se que essa explicação pode conter relatos de experiência e até mesmo associações a determinado conteúdo ou aula abordados anteriormente.

6. Reconciliação integrativa: retorno ao estudo de caso.

Nesta etapa, após o conteúdo ter sido trabalhado, de forma expositiva, experimental, por meio da atividade computacional e do jogo, as questões do caso apresentado no início da aplicação devem ser retomadas.

Os alunos, neste momento tem a possibilidade de refazê-las, alterando o que achar necessário. As questões devem ser respondidas e entregues ao professor, e caberá a este fazer uma análise das respostas iniciais e finais a fim de verificar evidências de aprendizagem.

Na comparação, sugere-se comparar a linguagem utilizada antes e depois, a verificação da utilização de conceitos físicos corretos e construção de frases coerentes. Além disso, questões que em um primeiro momento, os alunos não sabiam responder e que na segunda oportunidade, desenvolveram alguma resposta.

7. Avaliação somativa individual: esta atividade, que ocupará uma aula, deverá ter sido já anunciada para os alunos; não deverá ser de surpresa e recomenda-se que seja aplicada de forma individual.

A mesma consiste em questões voltadas para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) na forma de simulado, ou seja, com tempo de resolução definido, cartão-resposta e questões objetivas.

O Produto Educacional traz em suas partes finais, o simulado elaborado, com questões extraídas e/ou adaptadas do ENEM entre os anos de 2010 e 2017. Dentre as habilidades e competências desejadas nas questões tem-se organizados no Quadro 5.

Quadro 5 - Habilidades e Competências requeridas no Simulado Em(frente) ao ENEM

Competências	Habilidades
C2: Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas as Ciências Naturais em diferentes contextos.	H5: Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.
	H6: Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum.
C6: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los a diferentes contextos.	H17: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.
C7: Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.	H21: Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e (ou) do eletromagnetismo.

Adaptado de INEP. Disponível em:

<http://download.inep.gov.br/educacao_basica/encceja/matriz_competencia/Mat_Cien_Nat_EM.pdf>. Acesso em 15 jan. 2018.

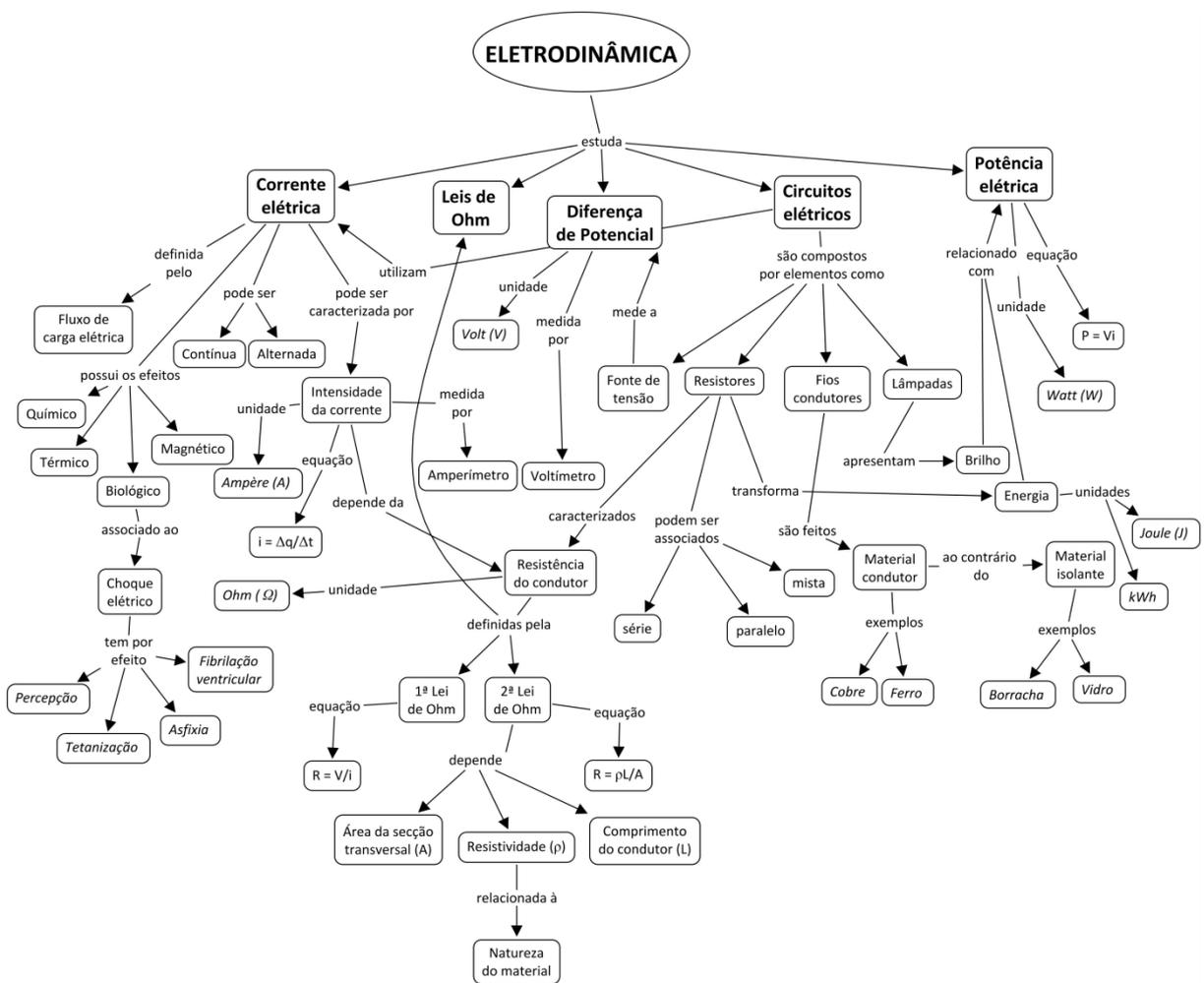
8. Encontro final integrador: construção de mapas conceituais.

Neste momento, os alunos, em grupo, devem confeccionar um mapa, desta vez conceitual, isto é, conter palavras de ligação bem como uma relação mais hierárquica dos conceitos.

É necessário que na aula anterior ou em um momento antes da aplicação desta etapa, o professor explique para os alunos o que consiste um mapa conceitual, apresentando modelos para exemplificar.

Na Figura 18 tem-se um Mapa Conceitual com os principais conceitos da Eletrodinâmica a serem trabalhados. Nele, observam-se os aspectos necessários em um mapa como as palavras de ligação, a hierarquia dos conceitos bem como a diferenciação dos mesmos e a recursividade.

Figura 18 - Mapa Conceitual dos principais conceitos da Eletrodinâmica



Fonte: O autor (2017).

Esta etapa pode ser realizada em sala de aula, de forma manual ou caso haja disponibilidade e tempo, utilizando computadores com o auxílio do *software* gratuito *Cmap Tools*⁷.

⁷ Disponível em: <<https://cmap.ihmc.us/>>. Acesso em: 27 ago. 2017.

Sugere-se que em um momento posterior a construção dos mapas ou numa aula seguinte, caso haja tempo, os alunos apresentem os mapas conceituais para a turma. Essa apresentação ajudará os mesmos a se dar conta de seus erros.

9. Avaliação da própria UEPS: sugere-se ser realizada em função das evidências de aprendizagem obtidas.

Reformular algumas atividades, se necessário. Neste momento deve ser utilizado o questionário elaborado, como já discutido no Capítulo 3. Tal questionário está disponível no Produto Educacional disposto no Apêndice A.

Total de horas-aula: 20 a 24.

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão relatadas as etapas de aplicação do produto bem como, as observações realizadas. Além disso, discussões serão feitas com bases nas observações, na tentativa de refletir acerca da aprendizagem da Física.

A aplicação do produto deu-se em oito semanas totalizando vinte e quatro aulas (três tempos por semana, cada tempo de duração de 50 minutos) no período compreendido entre 19 de julho de 2017 e 06 de setembro de 2017.

5.1 Encontro inicial: Construção de mapas mentais e Estudo de Caso

Situação Inicial. O primeiro encontro teve por objetivo principal, o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. Esta é uma das principais etapas da aplicação, pois é a partir do subsunçor (ou ideia âncora) que o novo conhecimento poderá vir a se inserir na estrutura cognitiva do sujeito, e sucessivamente a possibilidade de ocorrer uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2012, p. 30).

Inicialmente, houve uma conversa, na qual, os alunos foram comunicados que estariam sendo submetidos ao ensino por meio de uma sequência didática de atividades ao longo do bimestre, e que esta era uma etapa de uma pesquisa realizada no mestrado do professor/pesquisador.

Sendo assim, comunicou-lhes que a presença e a participação ao longo das semanas seriam essenciais tanto para o seu desempenho, pelo fato das atividades estarem relacionadas de maneira sequencial, quanto para o pesquisador, na busca por resultados. Além disso, ressaltou que a avaliação se daria em todas as etapas do processo, ou seja, uma avaliação formativa e em termos de buscas de evidências de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011, p. 44).

A partir disso, deu-se início à aplicação da UEPS. Foi solicitado à turma que se dividissem em grupos de três a quatro alunos, em média, para a realização de duas atividades neste dia. Contudo, ressaltou a importância de que os grupos se mantivessem fixos em toda a aplicação da UEPS, para que assim, o progresso do grupo fosse verificado.

Para fins de categorização e classificação, nomearam-se os grupos por letras do alfabeto, Grupo A, Grupo B, e assim por diante. Ao todo foram montados dez grupos. Desses dez, escolheram-se cinco para realizar análises mais minuciosas. O critério utilizado para a escolha foi buscar grupos que se mantiveram assíduos ao longo de toda aplicação da UEPS.

A primeira atividade consistia na elaboração de mapas livres (mapas mentais), que como já definido anteriormente, consistem em diagramas nos quais o conhecimento é organizado de forma a encadear o pensamento (MOREIRA, 2011, p. 50).

Perguntou-se aos alunos se os mesmos conheciam a ferramenta, visto que alguns alunos estudam e fazem resumos com a utilização de mapas mentais. Contudo, na turma poucos conheciam tal estratégia. Sendo assim, fez uma breve explicação do que consistia um mapa mental e um exemplo genérico do mesmo foi construído no quadro, pelo professor com o auxílio dos alunos.

Após isso, já com os grupos formados e organizados, os alunos foram comunicados que deveriam elaborar um mapa livre cujo tema era ‘Eletrodinâmica’. Houve questionamentos por parte de alguns por não saberem o que colocar no mapa e a preocupação em saber se o que colocariam estaria correto pelo fato de não terem estudado tal conteúdo. Diante disso, foi reforçado para os grupos que a ideia era verificar o que eles já sabiam, independentemente de estar correto.

Dentre os principais questionamentos estão as seguintes falas de alguns alunos:

“É para explicar os conceitos?”, questiona um aluno X, ao duvidar se bastava citar conceitos e palavras fazendo ligações ou se era necessário explicitar as definições dos mesmos;

“A organização do mapa conta ponto?”, indaga um aluno Y, preocupado com a forma em que os mapas seriam avaliados e pontuados, depreende-se aqui que os alunos estão acostumados com avaliações quantitativas, onde são avaliados por seus acertos e erros, sem levar em consideração a participação e o empenho na realização de determinada atividade.

“Dentro de um conceito pode relacionar outro?”; *“Pode colocar exemplos?”*, verifica-se nesta fala, que em certos casos o conhecimento prévio do aluno se dá na forma de exemplos.

Às vezes, o aprendiz apresenta dificuldade em conceitos fundamentais da Física Básica (FERREIRA et al., 2009). O questionamento seguinte está entrelaçado ao anterior, ao indagar:

“Pode inserir fórmulas?”, depreende-se que há casos em que o aluno conceitua por meio de equação matemática.

Por experiência própria, como docente de física, é muito comum ao se perguntar aos alunos, por exemplo, o que é velocidade média, se obter como resposta “velocidade é delta S sobre delta T”. Outros questionamentos foram mais específicos, como por exemplo:

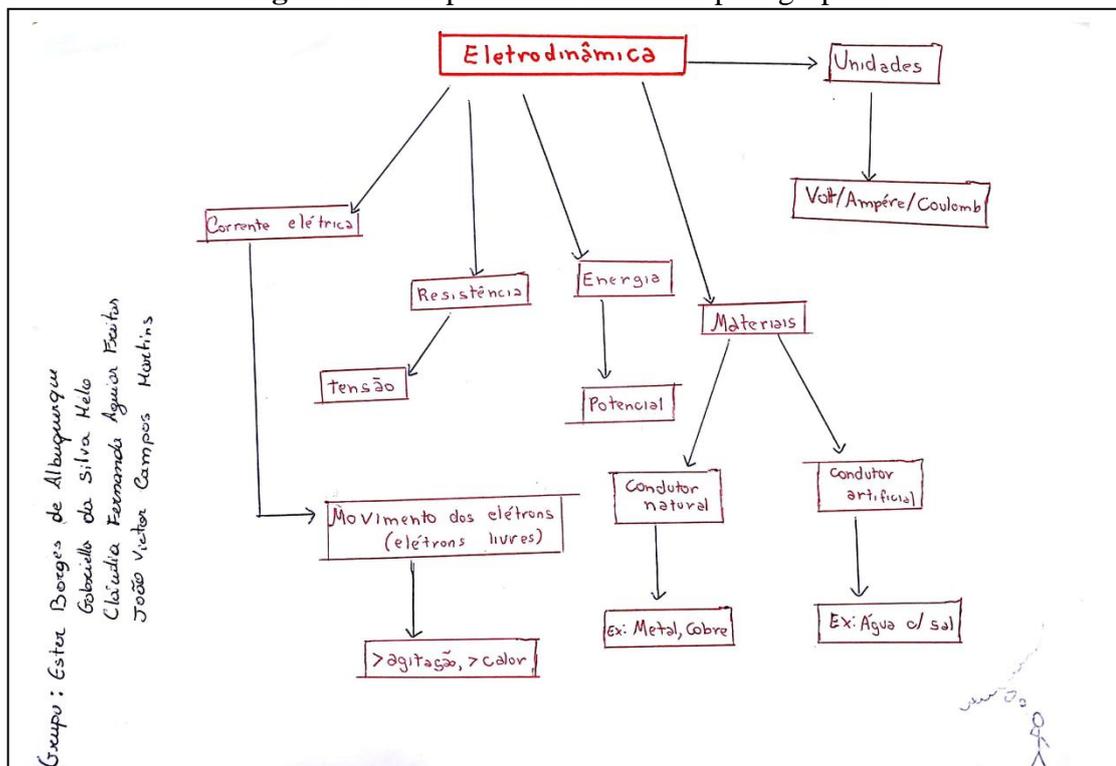
“Qual é a fórmula da Energia Elétrica?”.

Tentou-se auxiliar os alunos nos questionamentos listados anteriormente, sem comprometer o conhecimento prévio dos mesmos. Muitas perguntas foram repassadas a eles, avisando-os que naquele momento não seria possível sanar dúvidas específicas do conteúdo e que isso fazia parte do processo.

Nas Figuras seguintes apresentam-se cinco dos nove mapas mentais elaborados por cada grupo.

A Figura 19 traz o mapa mental elaborado pelo Grupo A.

Figura 19 - Mapa mental elaborado pelo grupo A



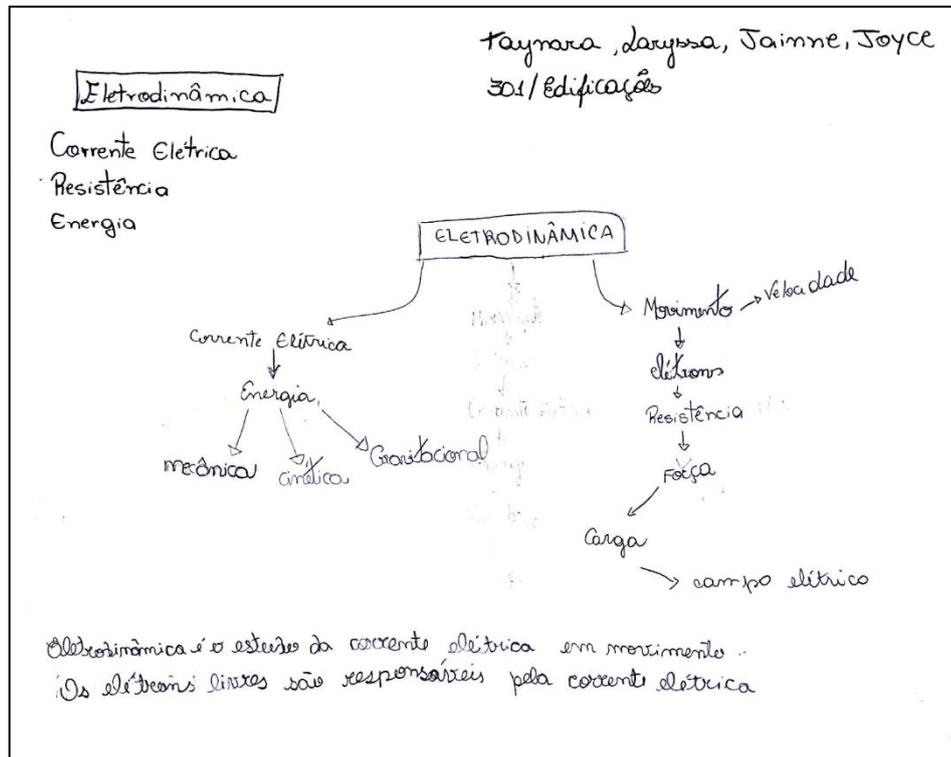
Fonte: O autor (2017).

Nota-se no mapa confeccionado por este grupo, uma boa organização. Alguns dos principais conceitos da Eletrodinâmica (Corrente elétrica, Resistência e Tensão, por exemplo) foram abordados por eles. Além disso, tem-se uma relação da resistência com a tensão,

embora não evidenciando a Primeira Lei de Ohm que relaciona tais conceitos. Outro aspecto que se destaca neste mapa, foram algumas unidades de medidas que o grupo fez questão de explicitar: volt, ampère, Coulomb.

A Figura 20 tem a ilustração do mapa mental elaborado pelo grupo B.

Figura 20 - Mapa mental elaborado pelo grupo B

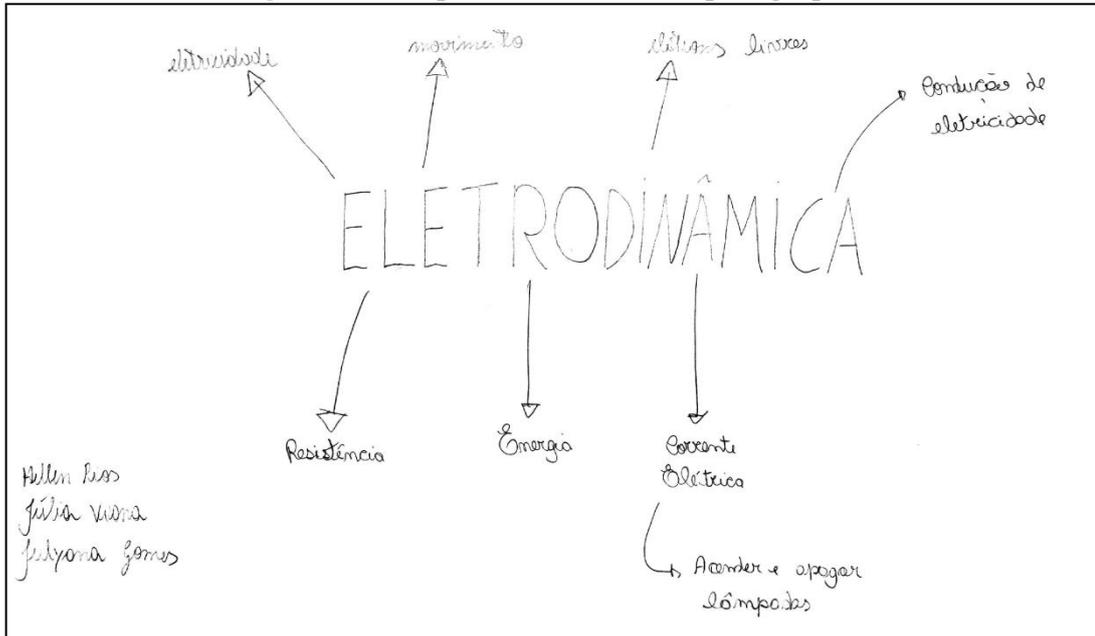


Fonte: O autor (2017).

Observa-se neste mapa, uma escassez de conceitos relacionados. Ao conceito de corrente elétrica foi associado o conceito de energia, e a este, algumas formas de energia, a mecânica, a cinética e a gravitacional. Essas formas de energia foram estudadas no ano anterior pelos alunos, e entende-se que o grupo acreditou ter alguma relação direta com a energia elétrica. Um fator de destaque é o conceito de movimento, uma vez que o sufixo ‘dinâmica’ significa isso, o grupo fez associação ao movimento de elétrons, acredita-se que devido à morfologia da palavra.

O mapa do grupo C pode ser observado na Figura 21.

Figura 21 - Mapa mental elaborado pelo grupo C

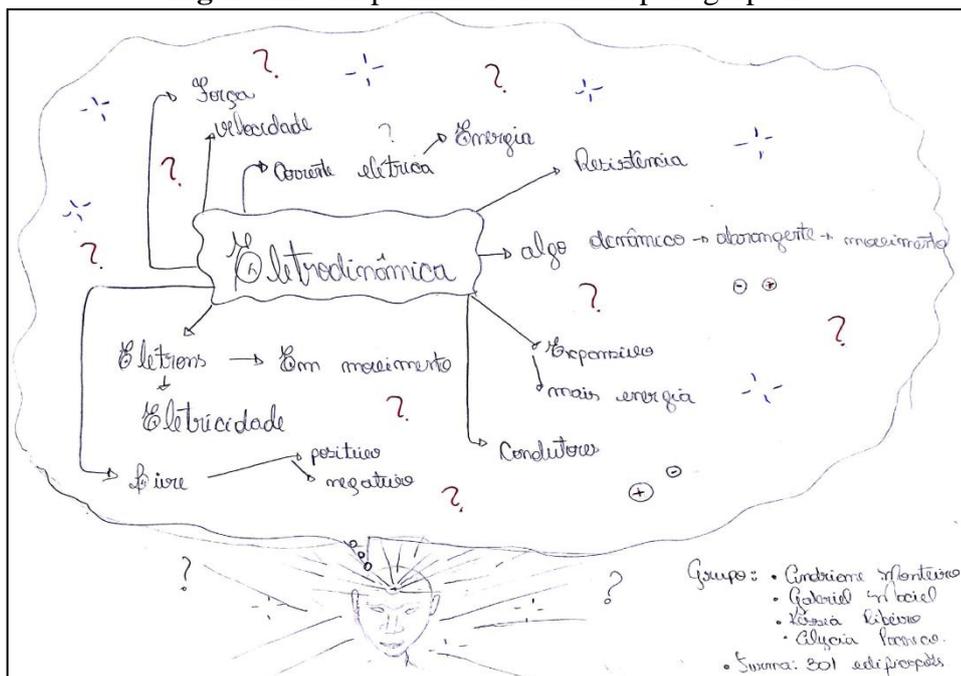


Fonte: O autor (2017).

O grupo C construiu um mapa mental com poucos conceitos e sem muitas relações, contudo condizentes ao tema. Simplesmente listaram alguns conceitos que possuem do tema. Ao conceito de corrente elétrica associou ‘acender e apagar lâmpadas’, acredita-se que de forma a exemplificar.

Na próxima figura (Figura 22) tem-se o mapa mental construído pelo grupo D.

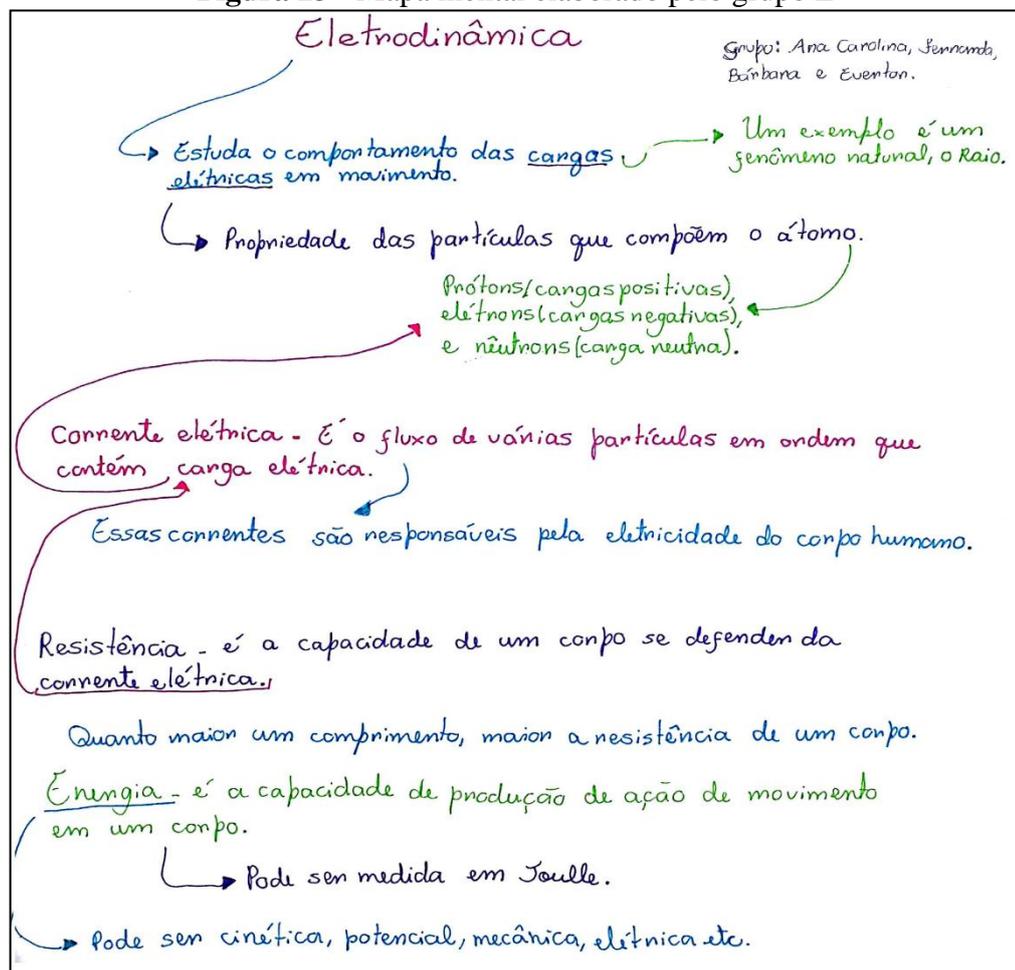
Figura 22 - Mapa mental elaborado pelo grupo D



Fonte: O autor (2017).

Esse grupo também apresentou conceitos condizentes ao tema. Chamou atenção no mapa desse grupo a presença de vários pontos de interrogação. Outro aspecto que se pode evidenciar é associação ‘algo dinâmico - abrangente - em movimento’ à Eletrodinâmica. Isso leva a crer que o grupo não tem certeza do que se move, embora tenham descrito também ‘elétrons - em movimento’. Acredita-se que o grupo não tinha certeza se são os elétrons que se movem, ou se outras partículas também desempenham esse papel na Eletrodinâmica.

Figura 23 - Mapa mental elaborado pelo grupo E



Fonte: O autor (2017).

De todos os grupos, o grupo E fez a construção de forma diferente. O grupo não associou apenas conceitos no mapa mental, em vez disso, realizou explicações dos mesmos, porém, destacando os conceitos. Sobretudo, diferentemente dos mapas anteriores, possui relações recursivas de conceitos mais específicos associados aos gerais também. Nota-se também no mapa, a exemplificação em associar ao conceito ‘cargas elétricas’.

Como nesta etapa não há certo e errado, todos os mapas são considerados válidos, pois como já mencionado, o objetivo de tal atividade era de verificação dos conhecimentos prévios dos alunos.

Em uma análise conjunta dos mapas elaborados, nota-se em todos, a presença de conceitos em comum, destacando-se: *Corrente elétrica - Resistência – Energia - Elétrons – movimento*. Acredita-se que isso pode estar relacionado a dois fatores. O primeiro é que a turma é de um Curso Técnico integrado ao Ensino Médio, sendo assim, pode ser provável que os alunos já tenham estudado algo relacionado em alguma disciplina técnica. Ou talvez, tenham estudado no Ensino Fundamental, onde a Eletrodinâmica compõe o currículo de Ciências, geralmente nos anos finais.

Ao final da elaboração dos mapas pelos alunos, foi solicitado aos mesmos que realizassem a troca entre os grupos e que fosse escolhido um membro de cada grupo para explicar o mapa trocado. Na hora de explicar o mapa do colega, alguns alunos discordaram de certas relações ou não entenderam o porquê delas, gerando um conflito na turma e conseqüentemente despertando o interesse a investigar e conhecer sobre o tema.

Essa experiência serviu também para mostrar aos alunos que os mapas não são autoexplicativos. Que cada mente armazena e organiza informações de maneiras diferentes.

Situação-problema inicial. No segundo momento deste encontro, utilizou-se como recurso, a adaptação da estratégia Estudo de Caso, a partir da narrativa elaborada intitulada *Um dia de altas tensões*, que pode ser encontrada no produto educacional da pesquisa disposto no Apêndice A.

O primeiro passo da aplicação consiste na leitura do caso. A princípio a leitura seria realizada pelo professor. Contudo, houve o envolvimento de muitos alunos durante esta atividade. Observou-se que os alunos gostaram de tal atividade, demonstrando bastante interesse em participar. Optaram por fazer a leitura do caso em voz alta. O caso conta com três personagens, além de um narrador, então seriam necessários, no máximo quatro alunos para realização da leitura. No entanto, vários alunos apresentaram interesse em ler, e então foi preciso definir quatro deles, e desses quatro, quem seria o narrador e os personagens da narrativa. Os alunos chegaram a um comum acordo de maneira breve e fizeram essas definições. Isso motivou bastante ao professor, pois não estava no planejamento. Contudo, foi autorizado, uma vez que a leitura se tornaria mais dinâmica e atrativa, além de envolver os alunos.

Acredita-se que o fato ocorrido pode ser bastante relevante para a aprendizagem significativa. Uma vez de acordo com Moreira (2012, p. 24) e ainda que já afirmado anteriormente, são duas as condições para a aprendizagem significativa. Uma delas é que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo. A outra, é que seja necessário que o sujeito apresente uma predisposição para aprender. Acredita-se que a estratégia do Estudo de Caso vá ao encontro dessas duas condições. Por ser uma estratégia diferenciada, problematizadora e que permite a contextualização, acredita-se que ela pode ser considerada um material potencialmente significativo, proposto por Moreira (2012). E ao mesmo tempo, por essa empolgação apresentada pelos alunos para lerem o texto e participar, acredita-se também que se pode considerar uma predisposição em aprender.

No segundo passo, após a leitura do Caso, os alunos, reunidos nos mesmos grupos dos mapas mentais, deveriam responder de forma escrita às questões propostas juntas à narrativa. Na Figura 24 tem-se uma imagem dos alunos em grupo discutindo as respostas dos questionamentos.

Figura 24 - Alunos em grupos, resolvendo a questões propostas no Estudo de Caso



Fonte: O autor (2017).

Neste momento de discussão em grupos, houve algumas dúvidas levantadas por alguns alunos e tem-se a diante algumas das falas

“É no 220 que a pessoa fica agarrada?”, pergunta um aluno na tentativa de auxiliar na resolução de uma das questões do Caso. Observa-se nesta fala, que através da linguagem utilizada, muitas vezes, o aluno identifica o fenômeno, mas apresenta dificuldades em explicá-lo.

“Se a gente não souber, coloca que não sabe?”. Para o caso de não saberem responder às perguntas propostas, se deixariam em branco ou não.

Das respostas coletadas, foram selecionadas algumas para breve discussão. A seguir, serão listadas as questões do Caso e subsequentemente, as respostas de cinco dos grupos, e ao fim das respostas, análises, discussões e comentários acerca das mesmas.

Questão 1: “Ao cortar o terceiro pino da tomada da TV, a mesma funcionará? Você concorda com Júlia que esse pino não possui utilidade? Em caso negativo, por que os fabricantes de produtos elétricos passaram a fabricar produtos com tomadas com três pinos?”

“Sim. Não. O terceiro pino foi feito para não sobrecarregar os outros pinos, ele seria um pino-terra, ajudando a dissipar as cargas.” (Grupo A)

“Sim. Não, porque ele possui utilidade como fio terra para descarregar a energia e não dar choque. Para não dar choque e não estragar o aparelho, descarregando a carga elétrica na terra.” (Grupo B)

“Sim. Ele possui utilidade. O terceiro pino leva a energia excedente para o solo, o que impede que ocorra algum dano ao aparelho.” (Grupo C)

“Sim funcionará, pois nele se encontra o fio terra, que no caso da TV não possuirá muita utilidade. Porém o terceiro pino será útil para outros aparelhos, como o ar-condicionado por exemplo, que tem uma voltagem maior e precisa de mais lugares para dissipar seus elétrons.” (Grupo D)

“Sim. Sim.” (Grupo E)

Nota-se que todos os grupos responderam corretamente a primeira pergunta da questão, que sem o terceiro pino (pino do meio) a TV continuaria a funcionar. Acredita-se que é uma solução prática que muitas pessoas tem feito atualmente quando adquirem novos aparelhos que possuem três saídas, enquanto suas tomadas antigas apresentam duas entradas.

Na segunda pergunta o Grupo E foi o único que respondeu incorretamente, concordando com a inutilidade do pino do meio.

O Grupo D, apresentou justificativa que o pino só possui utilidade para outros aparelhos, por acreditarem que a TV consome menos carga do que outros aparelhos como o ar-condicionado, citado no exemplo. Sendo assim, a TV não sofreria acúmulo de carga

elétrica, de modo a ter a necessidade de ter um fio extra (terra) para escoar essas cargas para o solo.

Já os grupos A, B e C, responderam corretamente a questão 1, embora alguns careciam de uma linguagem física. Ainda assim,

A linguagem científica tem características próprias que a distinguem da linguagem comum. Essas características não foram inventadas em algum momento determinado. Ao contrário, foram sendo estabelecidas ao longo do desenvolvimento científico, como forma de registrar e ampliar o conhecimento. Essas características, muitas vezes, tornam a linguagem científica estranha e difícil para os alunos. Reconhecer essas diferenças implica em admitir que a aprendizagem da ciência é inseparável da aprendizagem da linguagem científica. (MORTIMER; CHAGAS; ALVARENGA, 1998, p. 8).

Questão 2: “Ao ligar a TV e o carregador do celular em uma tomada de 220 V, há algum risco? Que danos podem ocorrer com cada aparelho?”

“Não, pois tanto os carregadores de celular quanto os de computadores possuem um ‘conversor’, estes aparelhos são bivoltantes (suportam 120 V e 220 V).” (Grupo A)

“Sim, pode queimar o aparelho mais rápido, porque vai ser muita tensão elétrica.” (Grupo B)

“A TV queimará pois ela receberia carga demais. O celular não queimaria pois no carregador ocorre a conversão de energia.” (Grupo C)

“Para o celular não, pois no carregador existe como se fosse um conversor de voltagem, que pega esses 220 V e converterá para 110 V, se o carregador não tiver a caixa ele poderá explodir. Na TV terá danos, pois no seu cabo não existe essa caixa de conversão, o que resultará em uma sobrecarga de energia queimando o aparelho.” (Grupo D)

“Há com a TV, pois ela não possui transformador. A TV poderá queimar e o celular não terá danos, pois possui transformador.” (Grupo E)

Para a segunda questão, acredita-se que todos os grupos atenderam a expectativa nas respostas, ainda mais uma vez com falhas conceituais.

O Caso não menciona as especificações da TV e do aparelho celular. Se considerarmos, aparelhos mais antigos, os quais eram projetados para funcionar sob uma tensão específica, a fala do Grupo B responde corretamente.

Considerando a TV com tensão nominal de 110 V, se esta for submetida a uma diferença de potencial de 220 V, receberia um excesso de cargas elétricas, podendo vir a queimar ou sofrer algum dano. Destaca-se na resposta do Grupo B, o conceito de tensão sendo utilizado corretamente.

Ao considerar os aparelhos atuais, os celulares fabricados atualmente, bem como a maioria das TVs, possui um transformador para que a tensão externa venha a se adequar à tensão nominal do aparelho.

Desse modo, as respostas dos Grupos A, C, D e E também são condizentes. Chamando a atenção a resposta do grupo C, que afirma que ocorre uma conversão de energia. Fisicamente, converter energia se refere à outra coisa, ao processo de transformar uma forma de energia em outra, como a conversão de energia potencial em energias cinética e térmica, por exemplo, no caso de uma alpinista descendo a encosta de uma montanha (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014, p. 189).

Questão 3: “Ao ligar o chuveiro Júlia levou choque e sua mãe não. Você poderia dar uma explicação provável para isso?”

“Isso pode ter ocorrido pois Júlia estava descalça, ou molhada, transformando-a em um fio terra.” (Grupo A)

“Ela poderia estar sem sandália, então ela serviu como condutora e a carga descarregou nela porque ela estava em contato com o chão. Já se estivesse com sandália, ela serviria como isolante.” (Grupo B)

“Provavelmente Júlia estava descalço e sua mãe não. O corpo humano é um condutor de eletricidade e a sandália serve como isolante, impedindo que a pessoa leve choque.” (Grupo C)

“Júlia levou um choque porque provavelmente ela estava descalça ou com algum machucado na mão, o choque ocorre porque nosso corpo é um bom condutor de energia, sem o chinelo (que é um isolante) a energia passará pelo corpo até chegar no solo descarregando a energia para o solo dando um choque, já a mãe de Júlia estava seca e de sapatos ou seja ela estava com isolantes evitando o choque.” (Grupo D)

“Provavelmente a mãe de Júlia estava calçando chinelos de borracha, que é um material isolante”. (Grupo E)

A essa questão todos os grupos associaram em suas respostas, os conceitos de condutores e isolantes, estudados no bimestre anterior no estudo da Eletrostática. Todos os grupos apresentaram respostas plausíveis. Ainda que existam outras respostas para essa pergunta, como uma provável má instalação ou que o chuveiro não tenha aterramento. Outra explicação provável é que Aline tenha uma baixa resistência em relação à sua mãe. Ou ainda que Aline possua algum corte ou ferimento nos dedos. A pele (tecido) possui, em geral, alta resistência elétrica, um corte atrapalha a resistência.

Questão 4: “Que efeitos biológicos um choque elétrico pode causar?”

“Dependendo do nível do choque, você pode só sentir uma leve dor local (onde levou o choque) ou atingir, a eletricidade passar por órgãos importantes levando a morte.”

(Grupo A)

“Pode causar queimaduras de vários graus, e se for muito alta a tensão, pode causar a morte.” (Grupo B)

“Dormência na superfície da pele, aceleração dos batimentos cardíacos, retração dos músculos, perda dos sentidos e até a morte.” (Grupo C)

“Morte, para cardíaca, queimaduras, sequelas e danos no cérebro.” (Grupo D)

“Queimaduras de pele, ou em alta tensão, pode causar até a morte.” (Grupo E)

Sabe-se que o choque elétrico é um dos efeitos da corrente elétrica (conhecido como efeito biológico ou fisiológico), “resulta da passagem do fluxo elétrico por organismos vivos, podendo agir diretamente no sistema nervoso muscular e cardíaco.” (GUYTON; HALL, 2002 apud LOURENÇO; SILVA; SILVA FILHO, 2007, p. 136).

Essa questão apresentou respostas variadas, contudo, complementares. Contudo, buscava-se com ela, ir além do conhecimento da física, devido ao caráter interdisciplinar da questão.

Vários são os danos que um choque elétrico pode causar em um organismo vivo, depende da intensidade de corrente elétrica, sendo os principais mostrados na Figura 25.

Figura 25 - A intensidade da corrente elétrica e os efeitos fisiológicos provocados por ela

INTENSIDADE	EFEITO	CAUSAS	
1 a 3 mA	Percepção	A passagem da corrente provoca formigamento. Não existe perigo.	
3 a 10 mA	Elettrizção	A passagem da corrente provoca movimentos.	
10 mA	Tetanização	A passagem da corrente provoca contrações musculares, agarramento ou repulsão.	
25 mA	Parada Respiratória	A corrente atravessa o cérebro.	
25 a 30 mA	Asfixia	A corrente atravessa o tórax.	
60 a 75 mA	Fibrilação Ventricular	A corrente atravessa o coração.	

Fonte: <<https://goo.gl/images/HdZaCr>>.

Acesso em 17 out. 2017.

A *tetanização*, isto é, o resultado da contração muscular na sua capacidade máxima, de maneira que qualquer aumento adicional na frequência de estimulação não cause novos efeitos; a *fibrilação ventricular*, um tipo de arritmia cardíaca que se não for interrompida em um poucos minutos, tem a chance de tornar-se irreversível, podendo levar à morte; a *parada cardiorrespiratória*, que em outras palavras, significa que o coração para de bombear sangue; e também, as *queimaduras* de variados graus (LOURENÇO; SILVA; SILVA FILHO, 2007, p. 137-139).

Questão 5: “Ao mudar a chave de um chuveiro, da posição verão para inverno, por exemplo, o que acontece internamente para a água sair mais aquecida?”

“Os elétrons livres começam a se movimentar, gerando energia térmica e por consequência aquecendo a água.” (Grupo A)

“O chuveiro necessita de eletricidade para transformar água fria em aquecida. Essa energia conduzida internamente muda a temperatura da água.” (Grupo B)

“Mudando a posição da chave, aumenta ou diminui o espaço de circulação dos elétrons, mais quente é a temperatura da água (inverno).” (Grupo C)

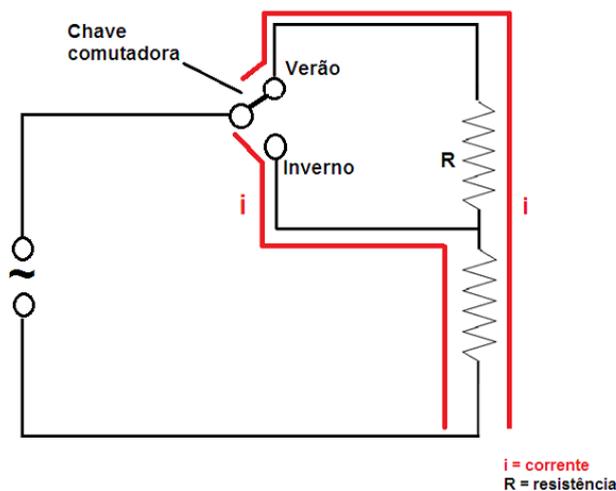
“Ocorre a movimentação dos elétrons na resistência transformando essa energia potencial em energia térmica esquentando a água.” (Grupo D)

“A corrente elétrica percorre a resistência e quando fica no modo verão, toda a resistência é ativada, com mais espaço para os elétrons circularem e acabam

esquentando menos. Já no inverno é ao contrário, uma pequena parte da resistência é ativada, deixando pouco espaço para os elétrons circularem.” (Grupo E)

Os grupos C e E responderam, ainda que com outras palavras, corretamente. Pois, a quinta questão, tem como resposta: varia-se a resistência elétrica, pois ocorre variação no comprimento do fio, e conseqüentemente a temperatura da água é variada, quanto maior for a resistência, maior o aquecimento. A resistência é proporcional ao comprimento do fio. Esquemáticamente, o que ocorre é mostrado na Figura 26, a seguir.

Figura 26 - Esquema da variação da resistência em um chuveiro elétrico



Fonte: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/wp-content/uploads/2016/02/resistencia.png>>. Acesso em: 17 out. 2017.

Já os grupos A, B e D não conseguiram atender a expectativa de resposta neste primeiro momento de resolução das questões do Caso.

Questão 6: “O que é a resistência de um chuveiro? Pra que ela serve?”

“É um equipamento feito de metal cuja função é aquecer a água do chuveiro.” (Grupo A)

“É tipo uma molinha que fica dentro chuveiro. Essa molinha irá impedir que o chuveiro queime.” (Grupo B)

“É um mecanismo instalado no chuveiro que aquece a água.” (Grupo C)

“A resistência de um chuveiro é uma peça que serve para a variação de temperatura do chuveiro, sem ela é impossível o aquecimento da água. Ela também serve para possibilitar a movimentação dos elétrons.” (Grupo D)

“Resistência é uma peça metálica que se localiza dentro do chuveiro que esquentar os elétrons passam por ela e serve para ajustar a temperatura da água.” (Grupo E)

Nessa questão, esperava-se que os alunos associassem o termo *resistência* ao valor da medida da grandeza, e *resistor*, ao dispositivo que compõe o chuveiro, cuja função é transformar energia elétrica em energia térmica, por se opor a passagem de corrente elétrica, fazendo com que os elétrons colidam devido à dificuldade causada pelo resistor, com isso gera-se um aquecimento. Essa diferença de conceitos pode ser expressa também como “Um condutor cuja função em um circuito é introduzir uma resistência é chamado de resistor.” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014, p. 140).

No entanto, é corriqueiro utilizar o termo resistência no cotidiano associando ao resistor. O uso da palavra em uma das falas do Caso se deu exatamente, pelo motivo em questão, já que uma das condições para se ter um bom Caso é que o mesmo “seja capaz de fazer o leitor criar empatias com os personagens centrais” (HERREID, 1998, p. 163). Além disso, uma intenção futura era a de provocar conflitos e uma possível mudança conceitual.

Questão 7: “Você concorda com a afirmação de Júlia “220 é muita energia e queima o aparelho”? Justifique”.

“Não, pois 220 V é a voltagem e não a quantidade de energia.” (Grupo A)

“Depende. Se o aparelho precisar de 110 V para ligar e tiver uma tomada de 220 V para conectar, vai ser muitos V e o aparelho poderá ficar muito sobrecarregado e queimar. Já se o aparelho exigir 220 V e a tomada for de 220 V, não queima, porque é o ideal para ela.” (Grupo B)

“Depende do aparelho. Aparelhos como celulares e notebooks por exemplo não queimariam pelos mesmos mecanismos presentes no carregador, ao contrário da TV.” (Grupo C)

“Não, pois 220 não é energia e sim a voltagem que é a ddp da movimentação de elétrons.” (Grupo D)

“Em partes. Se a voltagem da cidade é especificada em 220 V e o aparelho for de 110 V, será necessário o uso de um transformador para que não haja problemas com o aparelho e a instalação elétrica.” (Grupo E)

Na última questão, também se esperava algo similar à questão anterior. Propositalmente conceituou-se 220 V como sendo uma medida da energia, e esperava-se que os alunos contestassem se referindo à tensão elétrica. Somente os Grupos A e D conseguiram perceber essa diferença, respondendo corretamente a questão. Os demais grupos responderam de forma parcialmente correta, com justificativas similares às dadas na segunda questão.

Em uma análise mais ampla, das questões como um todo, observa-se em várias respostas, a presença de conceitos não científicos na linguagem. No entanto, não podemos definir como conceitos errados ou equivocados. Esses conceitos podem ser conhecidos como concepções alternativas, isto é, “concepções apresentadas pelos estudantes, que diferem das concepções aceitas pela comunidade científica.” (GRAVINA; BUCHWEITZ, 1994, p. 110).

Devido a não priorização do enfoque conceitual da física, até mesmo o da química, muitas vezes e em muitas escolas, seja por partes dos professores ou dos livros didáticos, acredita-se que a aprendizagem dos conceitos científicos não ocorre de maneira eficaz.

Conceitos e suas relações exercem um papel essencial em uma ciência como a Física. Ênfase da importância de conceitos no processo de aprendizagem é compartilhada por Gowin (1981) ao clamar que “as pessoas pensam com conceitos”, por Gagné (1977, p. 185) em destacar que “a aquisição de conceitos é o que torna a aprendizagem possível”, e por Ausubel (1978, p. 88) ao afirmar que “nós vivemos em um mundo de conceitos em vez de em um mundo de objetos, eventos e situações” (GRAVINA; BUCHWEITZ, 1994, p. 111).

5.2 Aulas expositivo-dialogadas

Nestas aulas (seis aulas), parte do conteúdo foi apresentado de forma expositiva e dialogada, levando-se em conta os princípios da TAS, *diferenciação progressiva* e *reconciliação integrativa*.

Aprofundando o conhecimento. Na segunda semana, inicialmente, discutiu-se o conceito de fluxo na Física, mostrando aos alunos que a ideia de fluxo está presente em várias áreas da Física. Deste modo, ao conceituar fluxo, lembrou-se a primeira noção deste conceito ensinada no Ensino Médio, que em geral, é a velocidade média. A seguir, definiu-se o conceito de corrente elétrica com o uso de analogias com fluxo de calor e fluxo de água no interior de um cano (vazão). O objetivo era mostrar aos alunos que fluxo é a quantidade de uma grandeza que atravessa uma superfície por unidade de tempo. Deste modo, esperou-se que os alunos compreendessem que a corrente elétrica é definida como o fluxo de cargas elétricas.

Discutiu-se a unidade de medida da corrente elétrica. Em seguida dois exemplos de exercícios foram propostos com o intuito de fixar o conceito. Com isso, trabalhar de forma quantitativa com a determinação da intensidade de corrente elétrica. Bem como também, a análise gráfica, obtida a partir da área sob a curva em um gráfico que relaciona a intensidade da corrente elétrica em função do tempo.

Por conseguinte, discutiram-se conceitualmente quatro efeitos da corrente elétrica: o efeito térmico, o fisiológico, o químico e o magnético. Neste momento, utilizou-se da interdisciplinaridade, ou seja, a interação entre áreas do saber, para discutir os efeitos biológico e químico, por meio de textos. Os efeitos térmico e magnético foram elucidados com a utilização de um experimento demonstrativo e de baixo custo, que tinham por objetivo demonstrar tais efeitos.

Em seguida, foram diferenciados os tipos de corrente elétrica (contínua e alternada) e exemplos foram discutidos, para mostrar onde é possível encontrar corrente contínua e corrente alternada.

Ao final da aula, os alunos foram avaliados, ao responderem um Estudo Dirigido com algumas questões. Neste Estudo, as questões apresentavam diferentes graus de complexidade. E as maiores dificuldades encontradas pelos alunos estão listadas no quadro a seguir (Quadro 6).

Quadro 6 - Dificuldades encontradas na resolução do Estudo Dirigido 1

D1	Utilização de prefixos como <i>mili</i> , <i>micro</i> , <i>nano</i> , etc.
D2	Identificação dos efeitos da corrente elétrica.
D3	Resolução de determinada questão que era necessário recorrer ao conceito da velocidade média

Fonte: O autor (2017).

A atividade foi respondida de forma individual, contudo os alunos tinham a permissão de tirar dúvidas com colegas que faziam parte dos seus grupos. A Figura 27 mostra os alunos respondendo aos exercícios.

Figura 27 - Alunos respondendo às questões do Estudo Dirigido

Fonte: O autor (2017).

O Estudo Dirigido foi recolhido pelo professor e corrigido, atribuindo notas numéricas às questões. Como cada aluno respondeu individualmente nas folhas, a nota atribuída ao grupo, foi a média aritmética das notas dos alunos presentes que integravam o grupo. As notas desta atividade estão na Tabela 2.

Tabela 2 - Notas do Estudo Dirigido 1

Grupo	Grau
Grupo A	9,9
Grupo B	8,9
Grupo C	9,2
Grupo D	8,5
Grupo E	10,0
Média	9,3

Fonte: O autor (2017).

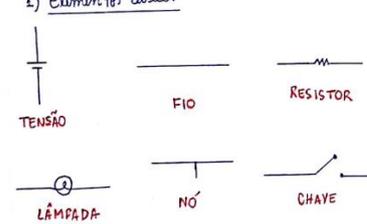
Na terceira semana, antes de dar continuidade aos *slides* das aulas, foram retomados e revisados os *slides* da aula anterior. Como já afirmado, é de extrema importância essa revisão dos conteúdos e fazem parte dos passos da UEPS como propõe Moreira (2011).

Na quarta semana, utilizou-se o quadro branco para revisar os conteúdos conforme o modelo de quadro sugerido a seguir (Figura 28).

Figura 28 - Exemplo de quadro utilizado para iniciar a aula

CIRCUITOS ELÉTRICOS

1) Elementos básicos



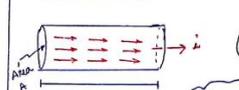
2) Corrente elétrica

Taxa de variação do fluxo de carga que atravessa uma seção reta transversal.

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

unid.: Ampères (A)
 $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
 $\Delta q = ne$
 n : nº de elétrons

3) Lei de Ohm



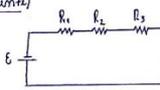
$$V = R \cdot i \quad \text{unid.: Volt (V)}$$

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad \text{unid.: Ohm (\Omega)}$$

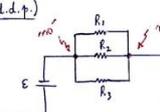
R → Resistência
 $[\Omega] = \text{V/A}$
 ρ → Resistividade
 $[\rho] = \Omega \cdot \text{m}$

4) Resistores

• Em série (mesma corrente)

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3$$


• Em paralelo (mesma d.d.p.)

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


• Em série: $R_{\text{eq}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

5) Potência e Energia

A potência dissipada num segmento de fio com corrente i é dada por:

$$P = V \cdot i \rightarrow P = R \cdot i^2$$

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

unid.: Watt (W)

A energia E :

$$E = P \cdot \Delta t$$

unid.: Joule (J) = W · s ou kWh = kW · h

Relação: 1 kWh = $3,6 \times 10^6 \text{ J}$

6) Brilho de lâmpadas

• Em série: mesma corrente → $\uparrow P = \uparrow R$

• Em paralelo: mesma d.d.p. → $\downarrow P = \uparrow R$

Quanto maior for a potência, maior será o brilho.

Fonte: O autor (2017).

O quadro-resumo foi estabelecido junto aos alunos, os mesmos foram recordando os tópicos tratados na aula anterior e com isso, sugerindo e dando ideias, e a partir disso, o quadro foi se constituindo.

5.3 Atividade “Dimensionando Circuitos”

Aprofundando o conhecimento. Este encontro se deu no laboratório de informática. Pelo fato da turma possuir bastantes alunos, dividiu-se em dois grupos e a atividade foi aplicada duas vezes. Como se tratavam de três tempos seguidos de aula (150 minutos), o tempo de execução foi de cerca de 1h10min por grupo. A Figura 29 mostra alguns dos alunos resolvendo as tarefas propostas na atividade.

Figura 29 - Alunos durante a atividade Dimensionando Circuitos



Fonte: O autor (2017).

Como já mencionado, a atividade conta com sete tarefas, sendo elas, com graus de complexidade diferentes, as primeiras questões, mais amplas e gerais, progressivamente sendo diferenciadas, a partir das demais. A seguir têm-se alguns comentários de cada tarefa executada nessa atividade. Cabe ressaltar que nesta atividade, os alunos podem fazer uso da recursividade, refazer, se necessário às tarefas, com o auxílio do *software*. Portanto, as respostas listadas a seguir são as respostas finais.

As três primeiras tarefas eram do tipo “Responda e comprove!”. Nelas, os alunos deveriam primeiramente responder a pergunta apresentada na questão e em seguida, com o auxílio do simulador, esboçar ou construir o circuito, com a finalidade de comprovar a resposta dada. Na Figura 30 tem-se a resposta de um grupo a primeira tarefa da atividade.

Figura 30 - Resposta de um grupo à Tarefa I do Dimensionando Circuitos

1) *Responda e comprove!*
 Qual a importância de um resistor em um circuito? A ausência de um resistor pode gerar o quê em um circuito?

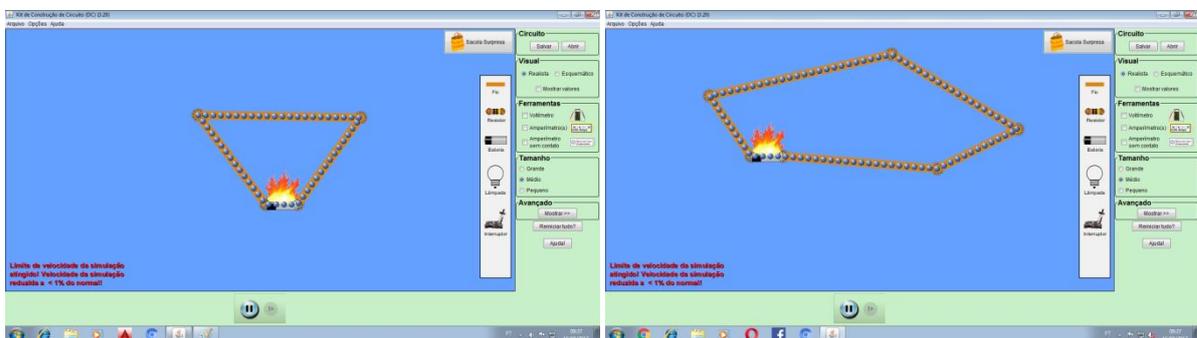
O resistor impede que a corrente elétrica passe totalmente e que o circuito aqueça! A ausência de um resistor pode queimar o circuito.

Construa um circuito sem resistor e comprove. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

Fonte: O autor (2017).

Após a resposta escrita, os grupos construíram um circuito no Simulador. Na Figura 31 têm-se algumas capturas de tela dos circuitos construídos pelos alunos.

Figura 31 - Circuitos da Tarefa I do Dimensionando Circuitos



Fonte: O autor (2017).

O ocorrido comprova a resposta dada pelo grupo. Pois, de fato, o resistor limita a corrente elétrica em um circuito (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014, p. 140) e

ausência de um resistor ($R = 0$), tenderia a corrente à valores infinitos, pois, pela Primeira Lei de Ohm

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

Na equação anterior, fazendo $R \rightarrow 0$, tem-se:

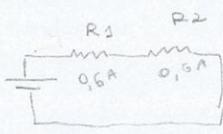
$$\lim_{R \rightarrow 0} i = \infty .$$

Para responder à segunda tarefa, alguns dos grupos, desenharam um circuito no papel, realizaram os cálculos da resistência equivalente e utilizaram a Primeira Lei de Ohm para determinar o valor da corrente elétrica percorrida nos resistores, como ilustra a Figura 32.

Figura 32 - Resposta de um grupo à Tarefa II do Dimensionando Circuitos

2) Responda e comprove!

Em um circuito em série com dois resistores de 10Ω e uma fonte de tensão de 12 V . Calcule a corrente percorrida em cada resistor.



$$V = R \cdot i$$

$$12 = 20 i$$

$$i = 0,6 \text{ A}$$

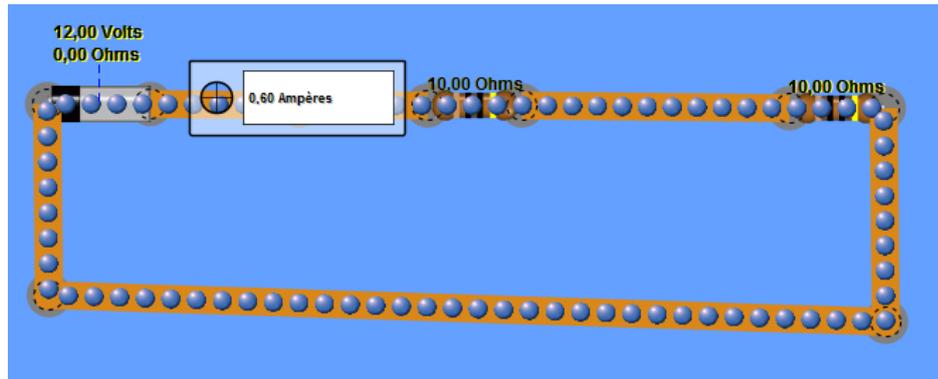
$$R_{eq} = 10 + 10 = 20 \Omega$$

Monte o circuito e comprove utilizando medidores elétricos. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

Fonte: O autor (2017).

No momento de comprovação da resposta, os alunos deveriam utilizar medidores elétricos (amperímetros e voltmímetro), para isso, deveriam fazer a associação dos mesmos, de forma correta, ao circuito. A Figura 33 mostra o circuito construído por um grupo, onde pode ser observado o valor de corrente elétrica igual ao calculado algebricamente, $0,60$ ampères.

Figura 33 - Um circuito da Tarefa II do Dimensionando Circuitos



Fonte: O autor (2017).

A terceira questão exigia dos alunos a interpretação e o raciocínio lógico. Os alunos deveriam imaginar uma situação análoga à tarefa anterior, só que desta vez, os resistores deveriam estar associados em paralelo. Assim, deveriam responder, se a corrente elétrica aumentaria, diminuiria ou não se alteraria, na nova situação. Era recomendado que os alunos não realizassem cálculos para responder a essa questão. Dos nove grupos que participaram da atividade, oito responderam corretamente, estando uma das respostas disposta na Figura 34 a seguir.

Figura 34 - Resposta de um grupo à Tarefa III do Dimensionando Circuitos

3) Responda e comprove!

Dispondo dos mesmos dados da questão anterior. Sem cálculos, responda o que ocorre com o valor da corrente elétrica se os resistores forem dispostos em paralelo.

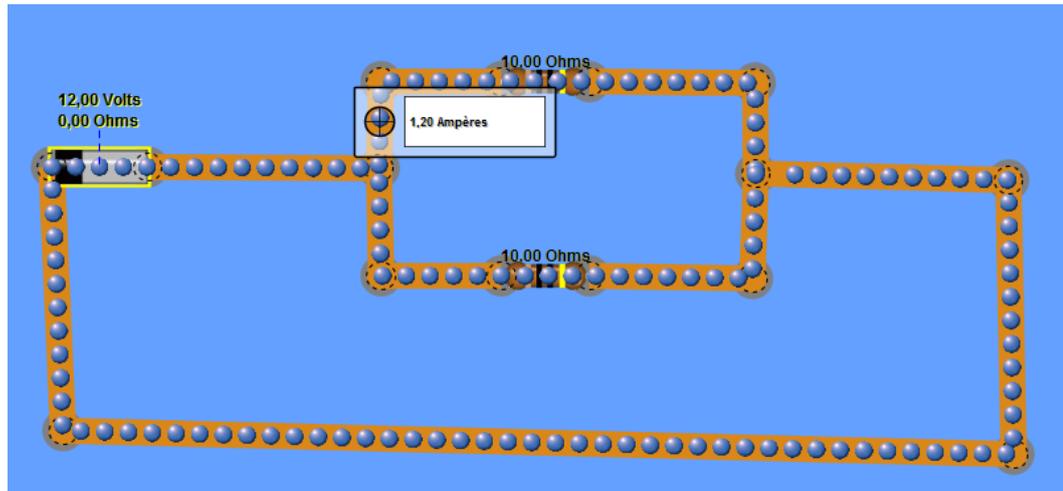
O valor da corrente vai aumentar, e a resistência equivalente fica menor.

Monte o circuito e comprove utilizando medidores elétricos. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

Fonte: O autor (2017).

E a Figura 35 apresenta o circuito da Tarefa III construído no *software* por um dos grupos.

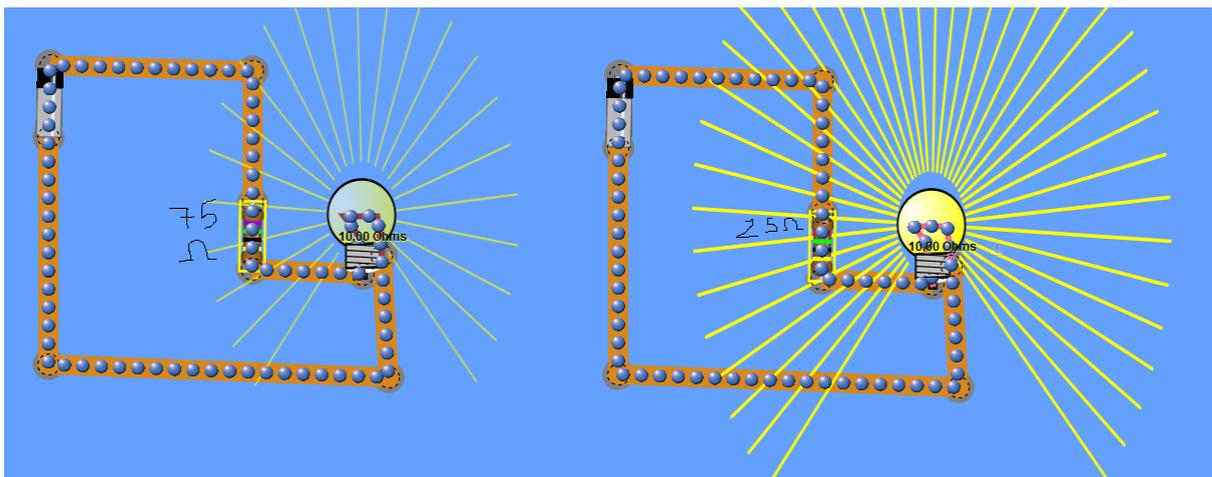
Figura 35 - Circuito da Tarefa III do Dimensionando Circuitos



Fonte: O autor (2017).

Para resolução da Tarefa IV, diferentemente das demais, era necessário, em primeiro lugar, construir o circuito no Simulador observando o ocorrido e subsequentemente responder à questão apresentada. Consistia em construir um circuito de uma associação em série de uma lâmpada e um resistor. Em seguida, deviam-se fazer alterações nos valores da resistência do resistor, diminuindo e aumentando. Feito isso, a lâmpada apresentava brilhos com intensidades diferentes. A Figura 36 mostra o circuito construído por um dos grupos, tendo à esquerda, a lâmpada e um resistor de 75Ω , e à direita, a lâmpada junta a um resistor de 25Ω .

Figura 36 - Circuito da Tarefa IV do Dimensionando Circuitos



Fonte: O autor (2017).

Os brilhos eram diferentes, pois as resistências equivalentes eram diferentes, fazendo com que, consequentemente, a corrente elétrica do circuito fosse também diferente.

Adotando para a lâmpada a resistência de 10Ω como indicava a questão, obtinham-se os seguintes valores para corrente elétrica,

Situação I:

$$R_{eq} = 25 + 10 = 35 \Omega$$

$$i = \frac{100}{35} = 2,86 \text{ A.}$$

Situação II:

$$R_{eq} = 75 + 10 = 85 \Omega$$

$$i = \frac{100}{85} = 1,18 \text{ A.}$$

O brilho da lâmpada está associado à potência dissipada por ela, e através da equação seguinte

$$P = i^2 R.$$

As grandezas potência (P) e intensidade da corrente (i) são diretamente proporcionais, em outras palavras, quanto maior o valor da corrente, maior será a potência dissipada, e conseqüentemente o brilho da lâmpada.

A Figura 37 traz a resposta de um dos grupos frente a essa questão.

Figura 37 - Resposta de um grupo à Tarefa IV do Dimensionando Circuitos

4) *Comprove e responda!*
 Construa o circuito abaixo:

• Agora altere a resistência do resistor para 25Ω ;
 • Em seguida, altere novamente resistência, agora para 75Ω .

Qual explicação para o fenômeno ocorrido?

Quanto menor o valor da Resistência, maior a corrente elétrica no circuito, fazendo a lâmpada brilhar mais e vice-versa.

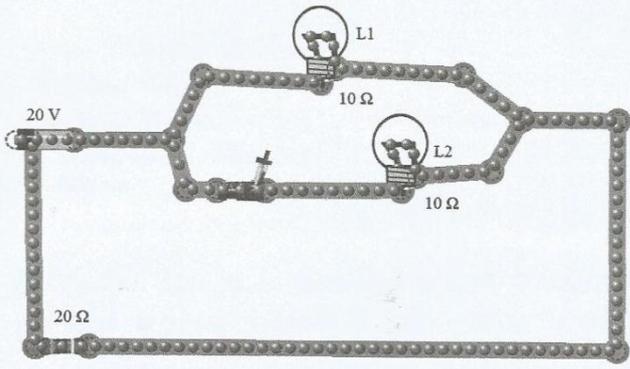
Fonte: O autor (2017).

A Tarefa V possuía relação com o experimento das lâmpadas mostrado ao longo das aulas expositivas. Esperava-se que os alunos respondessem que ao dispor de duas lâmpadas em paralelo em um circuito, ao fechar a passagem de corrente por uma delas, o brilho da outra aumenta.

Ainda, acredita-se que uma resposta quase que intuitiva é afirmar que a intensidade do brilho dobra de valor, que antes o brilho era dividido para as duas lâmpadas e após abrir a chave todo esse brilho está presente em uma lâmpada. No entanto, não é o que ocorre, e que foi discutido na aula em que o experimento foi utilizado. Ocorre que ao remover a segunda lâmpada, a resistência equivalente do circuito varia (aumentando, no caso da questão) e com isso a corrente elétrica também varia (diminui) e o brilho sofre uma pequena alteração. A Figura 38 traz a questão seguida de uma resposta.

Figura 38 - Resposta de um grupo à Tarefa V do Dimensionando Circuitos

5) Responda e comprove!
No circuito a seguir, o que ocorre ao ligar/desligar a chave.



Com a chave ligada a lâmpada 2 acende e com a chave desligada a lâmpada 2 apaga.
Com a lâmpada 2 apagada, passa mais corrente pela lâmpada 1, fazendo com que ela brilhe mais.

Comprove na simulação. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

Fonte: O autor (2017).

Essa resposta intuitiva não este presente por escrito em nenhuma das respostas entregues pelos alunos. No entanto, um dos grupos apresentou dúvida quanto a isso. E na tentativa de sanar tal dúvida, utilizou-se do próprio simulador, em vez de dar as explicações. Para que assim, os alunos concluíssem a partir da observação. Pediu-se para que o grupo utilizasse um amperímetro ou voltímetro nas duas situações e comparassem os valores e recorressem às equações de potência elétrica. As Figuras 39 e 40 mostram os circuitos construídos pelo grupo em questão.

$$V_2 \neq 2V_1.$$

A Tarefa VI possuía relação com a Tarefa V, de modo que os alunos deveriam realizar a medida da diferença de potencial de cada lâmpada no Simulador, e em seguida, determinar os mesmos valores por meio de cálculos algébricos (Figura 41).

Figura 41 - Resposta de um grupo à Tarefa VI do Dimensionando Circuitos (parte I)

6) *Comprove e responda!*

No circuito anterior, utilize medidores elétricos para determinar quais os valores de tensão em cada lâmpada e no resistor:

a) com a chave fechada; $L_1 = 4V$ $L_2 = 4V$ Resistor = 16V

b) com a chave aberta. $L_1 = 6,66V$ $L_2 = 0$ Resistor = 13,33V

Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

Fonte: O autor (2017).

Os valores de resposta estão na Tabela 3 a seguir.

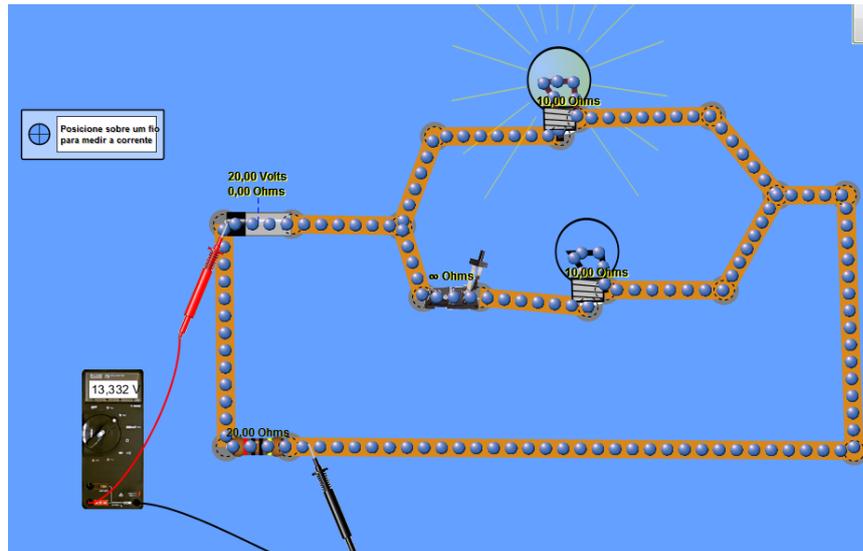
Tabela 3 - Gabarito da Tarefa VI do Dimensionando Circuitos

	Chave fechada	Chave aberta
Resistor	16 V	13,333 V
Lâmpada L1	4 V	6,666 V
Lâmpada L2	4 V	0 V

Fonte: O autor (2017).

A seguir tem uma captura de tela da resposta de um dos grupos para a medida da tensão do resistor (Figura 42).

Figura 42 - Circuito da Tarefa VI do Dimensionando Circuitos (medida da resistência)



Fonte: O autor (2017).

Na segunda parte da Tarefa, de responder por meio de cálculos, notou-se que dois dos nove grupos não conseguiram responder, deixando em branco. Outros dois, não efetuaram os cálculos, simplesmente copiaram os dados do Simulador. Já, os cinco grupos demais responderam algebricamente, sendo três deles, corretamente e de forma completa. Na Figura 43 tem-se a resposta algébrica de um grupo.

Figura 43 - Resposta de um grupo à Tarefa VI do Dimensionando Circuitos (parte II)

Utilizando a lei de Ohm, determine os valores medidos por meio de cálculos:

a) com a chave fechada;

$$R_{eq} = 25 \Omega$$

$$V = R \cdot i$$

$$20 = 25 \cdot i$$

$$i = 0,8$$

$$U_1 = 0,4 \times 10 = 4$$

$$U_2 = 0,4 \times 20 = 8$$

$$R = 20 \times 0,8 = 16 V$$

b) com a chave aberta.

$$R_{eq} = 20 + 10 = 30$$

$$U_0 = 30 \cdot i$$

$$i = 0,666$$

$$U_1 = 0,666 \times 10 = 6,66$$

$$U_2 = 0$$

$$R = 20 \times 0,666 = 13,33 V$$

Fonte: O autor (2017).

A Tarefa VII não foi executada, devido ao tempo não ser suficiente. Alguns alunos atrasaram neste dia, fazendo com que a atividade começasse minutos depois do previsto.

De modo geral, acredita-se que atividade foi exitosa. Independentemente do percentual de acertos e erros, a atividade tirou os alunos de sala de aula levando-os ao laboratório de informática. Além disso, a atividade dava autonomia e liberdade aos alunos, que ocupavam o papel central na aula. A seguir tem-se a Tabela 4 com as notas alcançadas pelo grupo nesta atividade em uma escala de 0 a 10.

Tabela 4 - Notas da Atividade Dimensionando Circuitos

Grupo	Grau
Grupo A	8,1
Grupo B	7,8
Grupo C	7,5
Grupo D	7,0
Grupo E	9,0
Média	7,9

Fonte: O autor (2017).

5.4 Retorno ao Estudo Dirigido e Jogo Mitos e Verdades na Eletricidade

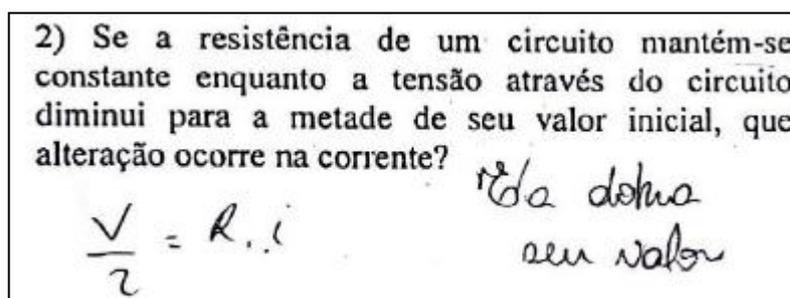
Novas situações-problema. Este encontro foi iniciado com a correção dos Estudos Dirigidos trabalhados anteriormente. Distribuíram-se aos alunos os Estudos de cada um. Diante da análise prévia realizada pelo professor, foi feita uma lista dos erros mais comuns cometidos pelos alunos na resolução das questões. Buscou-se evidenciar esses erros no momento de correção no quadro, sem explicitar o aluno que errou. Assim, os alunos poderiam fazer as correções necessárias em suas folhas próprias. Tais dificuldades estão listadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Dificuldades encontradas na resolução do Estudo Dirigido 2

D1	Análise das proporcionalidades das grandezas na lei de Ohm.
D2	Utilização de prefixos como <i>mili</i> , <i>micro</i> , <i>nano</i> , etc.
D3	Compreensão do conceito de tensão elétrica.
D4	Identificação de resistores em série/paralelo.
D5	Identificação das divisões de corrente elétrica em um circuito.
D6	Determinação de resistências equivalentes sem utilização de valores numéricos.

Fonte: O autor (2017).

Em D1, alguns alunos responderam que, mantendo-se a resistência constante, quando a diferença de potencial é reduzida à metade, a intensidade da corrente elétrica dobraria de valor, como ilustra a Figura 44 que traz uma resposta dada por um aluno.

Figura 44 - Resposta de um aluno a uma questão do Estudo Dirigido 2

Fonte: O autor (2017).

Diante do erro, acredita-se que esse aluno não compreendeu corretamente o conceito de tensão elétrica (D3). Pois, tal compreensão poderia auxiliar na resolução da referida questão. Com isso, tentou resolver matematicamente o problema, porém sem adotar valores para as grandezas. Assim, realizou a divisão de V por 2 e provavelmente levou esse 2 para o outro lado da igualdade e no numerador, e com isso, acreditou que i dobraria de valor.

Na tentativa de auxiliar o aluno nessa questão, o professor aproveitou a resposta de outro aluno que utilizou do raciocínio de atribuir valores às grandezas (Figura 45).

Figura 45 - Resposta de um aluno a uma questão do Estudo Dirigido 2

2) Se a resistência de um circuito mantém-se constante enquanto a tensão através do circuito diminui para a metade de seu valor inicial, que alteração ocorre na corrente?

$R = \frac{V}{j}$ $\frac{30}{1} = \frac{30}{j}$ $\frac{30}{1} = \frac{15}{j}$ Se a tensão diminui a corrente também diminui.

$j = 1$ $30j = 15$ $j = 0,5$

Fonte: O autor (2017).

A partir disso, alguns dos alunos que relataram não ter compreendido, afirmaram compreender diante da utilização de exemplos numéricos. A partir desse exemplo, fez-se uma nova explicação e generalização de grandezas diretamente proporcionais e inversamente proporcionais. Neste momento, utilizou-se novamente (já havia sido utilizada em uma aula expositiva) uma simulação do *Phet* (Figura 46) para discutir a relação dessas grandezas.

Figura 46 - Captura de tela da simulação Lei de Ohm do Phet

The screenshot shows the Phet simulation interface for 'Lei de Ohm'. At the top, the equation $V = IR$ is displayed in large blue letters. Below it, a circuit diagram features three 1.5V batteries in series, a resistor, and a digital display showing 'corrente = 9.0 mA'. To the right, there are two vertical sliders: 'V tensão' set to 4.5 V and 'R resistência' set to 500 Ω. The PhET logo is visible in the bottom right corner of the simulation window.

Fonte: O autor (2017).

A Figura 47 mostra a resposta de outro aluno que faz menção à dificuldade D2. Percebeu-se que os alunos faziam bastante confusão e cometiam alguns erros associados aos prefixos (mili, micro, quilo, etc.) muito utilizados em grandezas elétricas.

Figura 47 - Resposta de um aluno a uma questão do Estudo Dirigido

5) (UERJ) Num detector de mentiras, uma tensão de 6 V é aplicada entre os dedos de uma pessoa. Ao responder uma pergunta, a resistência entre seus dedos caiu de 400 k Ω para 300 k Ω . Neste caso, a corrente no detector de mentiras apresentou uma variação em μ A de?

$$i = V/R \quad 400 - 300 \text{ tensão} = 6 \text{ V}$$

$$i = \frac{6}{400}$$

$$i' = \frac{6}{300}$$

$$i - i' = \frac{6}{400} - \frac{6}{300} \quad i - i' = \frac{600 - 800}{120.000}$$

$$i - i' = \frac{1}{200} \quad i - i' = 0,005 \mu\text{A}$$

Fonte: O autor (2017).

Além dessas, a maior dificuldade encontrada pelos alunos, observada pelo professor estava presente na análise dos circuitos elétricos, D4 e D5. Sobretudo, na visualização e/ou identificação de resistores em série e em paralelo.

Diante das observações, pôde-se concluir que alguns alunos compreendem por resistores em paralelo, aqueles que estão representados paralelamente (sob a mesma inclinação). E também, acredita-se que para os alunos os circuitos em série estão associados em uma ‘mesma linha’. Inclusive, a fala de uma aluna bastante assídua e participativa chamou a atenção ao dizer

“Porque nos livros didáticos os circuitos em paralelo são sempre apresentados assim, formando um retângulo, por isso eu pensava que dois resistores só estariam em paralelo se estivessem desse jeito, e os em série sempre na mesma linha.” (Aluna X)

Com base na fala desta aluna, buscou-se na teoria de alguns livros didáticos de Ensino Médio e comprovou-se que de fato, na maioria da literatura existente, os circuitos são apresentados do modo relatado.

Abre-se um espaço aqui, para discutir melhor tal questão. No Quadro 8 tem a relação dos livros consultados. Cabe ressaltar que não é pretensão desta pesquisa analisar livros didáticos.

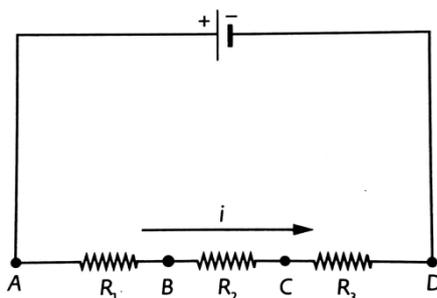
Quadro 8 - Alguns livros didáticos do Ensino Médio

Livro	Autor(es)	Editora	Ano/Edição
Física contexto & aplicações	Antônio Máximo Beatriz Alvarenga	Scipione	2014/1 ed.
Conexões com a Física	Gloria Martini Walter Spinelli Hugo Carneiro Reis Blaidi Sant'anna	Moderna	2013/2 ed.
Ser Protagonista	Org.: Angelo Stefanovits	SM	2013/2 ed.
Os Fundamentos da Física	Ramalho Nicolau Toledo	Moderna	2009/10 ed.

Fonte: O autor (2017).

Em Máximo e Alvarenga (2014), o tema é apresentado da seguinte maneira “Muitas vezes, nos circuitos elétricos, aparecem resistores ligados um em seguida do outro [...] Quando isso acontece, dizemos que os resistores estão **associados em série.**” (MÁXIMO; ALVARENGA, 2014, p. 112). A figura apresentada é a seguinte (Figura 48).

Figura 48 - Resistores em série do livro Física contexto & aplicações

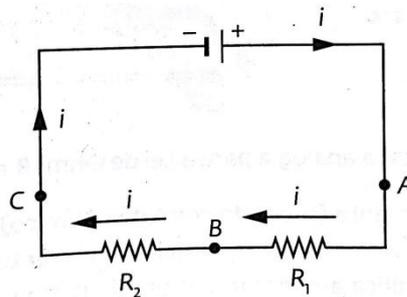


Fonte: MÁXIMO; ALVARENGA, 2014, p. 112.

Acredita-se que por meio da ilustração e o uso da expressão ‘um em seguida do outro’ pode causar no aluno uma compreensão equivocada, e levá-lo a generalizar que resistores em série devem estar em uma mesma linha.

Além disso, na mesma página tem-se outra ilustração de representação esquemática de um circuito em série e a disposição dos resistores é similar à primeira mostrada pelos autores, como se observa na Figura 49.

Figura 49 - Outros resistores em série do livro Física contexto & aplicações



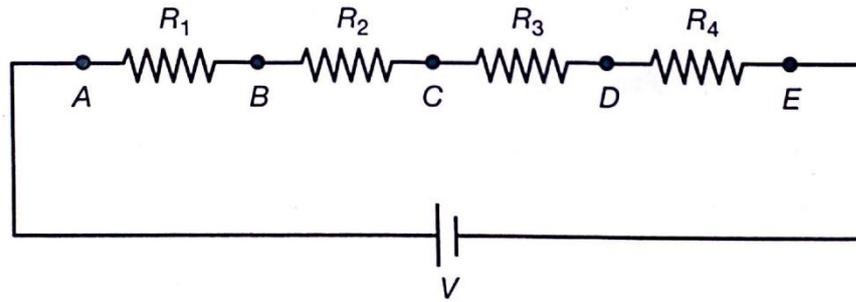
Fonte: MÁXIMO; ALVARENGA, 2014, p. 112.

No entanto, os autores apresentam o seguinte exemplo, mas que ainda, acredita-se não ser suficiente para a compreensão em questão: “As lâmpadas usadas na decoração das árvores de natal, por exemplo, geralmente são associadas dessa maneira” (MÁXIMO; ALVARENGA, 2014, p. 112). Além do mais, pode ser uma informação desatualizada, uma vez que os atuais circuitos natalinos são fabricados em paralelo para evitar que todo o circuito se ‘desarme’ quando uma lâmpada se queima.

Em Martini et al. (2013), o tema é disposto da seguinte maneira “Nos circuitos elétricos mais comuns encontramos, em geral, mais de um equipamento elétrico. Nesses casos, quando a corrente elétrica que percorre todos os equipamentos é única, dizemos que estamos diante de um circuito com ligações em série [...]” (MARTINI et al., 2013, p. 101). “Dois ou mais resistores estão associados em série quando são ligados um em seguida do outro por uma das extremidades” (MARTINI et al., 2013, p. 102). Novamente, utiliza-se a expressão “um em seguida do outro”, como no primeiro livro.

As ilustrações apresentadas por Martini et al. (2013) podem, equivocadamente, levar as mesmas compreensões geradas por Máximo e Alvarenga (2014). A Figura 50 traz a ilustração apresentada por Martini et al. (2013).

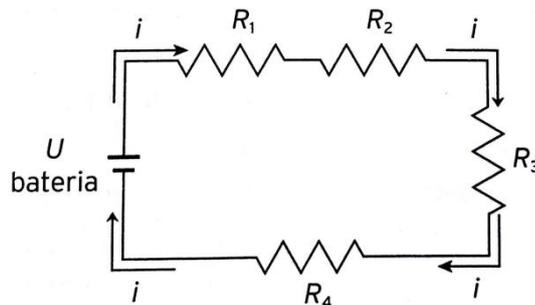
Figura 50 - Resistores em série do livro Conexões com a Física



Fonte: MARTINI et al., 2013, p. 102.

Stefanovits (2013) traz uma ideia similar “Quando vários elementos de um circuito elétrico estão ligados um em seguida ao outro, diz-se que estão ligados **em série**” (STEFANOVITS, 2013, p. 86). No entanto, difere-se dos demais por apresentar uma figura que, acredita-se ser mais significativa para a compreensão.

Figura 51 - Resistores em série do livro Ser Protagonista

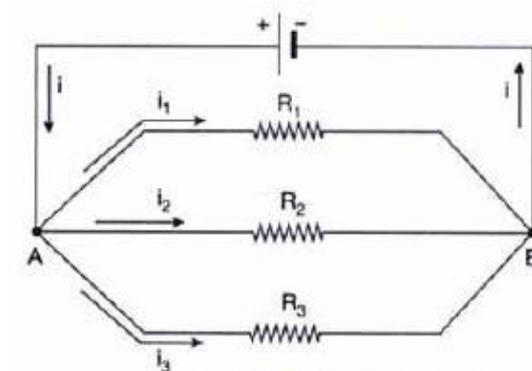


Fonte: STEFANOVITS, 2013, p. 86.

Ramalho, Nicolau e Toledo (2009) apresentam definições e figuras semelhantes a Máximo e Alvarenga (2014) e a Martini et al. (2013).

Quando se trata dos circuitos em paralelo, Máximo e Alvarenga (2014) definem por meio de ilustração “Os resistores elétricos podem também ser ligados, em um circuito, da maneira mostrada na fig. 20-25. Neste tipo de ligação, dizemos que os resistores estão associados em paralelo.” (MÁXIMO; ALVARENGA, 2014, p. 113). A figura 52 traz a ilustração contida no livro.

Figura 52 - Resistores em paralelo do livro Física & contextos

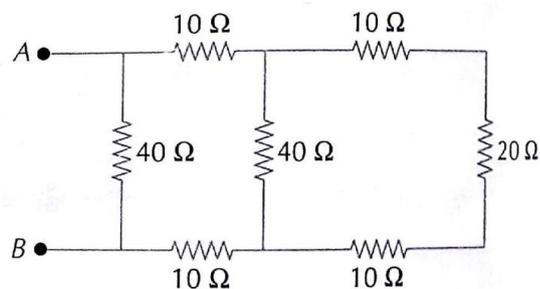


Fonte: MÁXIMO; ALVARENGA, 2014, p. 113.

Os autores ilustram por meio de exemplos que apresentam um paralelismo entre os resistores, o que não deixa de estar correto. Contudo, o aluno acaba generalizando e em muitas associações mistas de resistores, fazendo confusão.

O circuito da Figura 53 está presente em uma das questões do Estudo Dirigido 2 e foi extraído de Ramalho, Nicolau e Toledo (2009). Nele se fará uma análise dos equívocos identificados que os alunos cometeram.

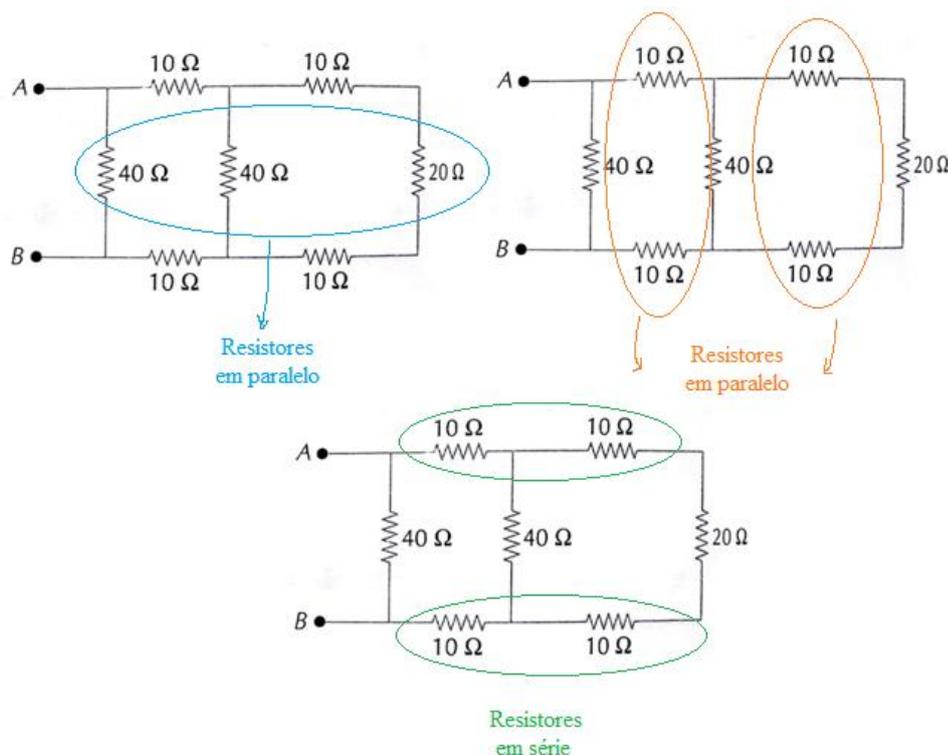
Figura 53 - Resistores em uma associação mista no livro Os Fundamentos da Física



Fonte: RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2009, p. 152.

Para vários dos alunos, e se tomarmos por base definições e figuras apresentadas nos livros, as associações equivocadas deste circuito estão marcadas na Figura 54.

Figura 54 - Uma possível associação de resistores de maneira equivocada



Fonte: RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2009, p. 152 (Adaptado).

Entende-se que seja difícil utilizar de outras palavras e termos para explicar uma ligação em série e em paralelo, contudo, acredita-se que as figuras podem demonstrar-se como facilitadoras de uma melhor compreensão da associação.

Percebeu-se que o que ocorre em muitas literaturas é a apresentação de associações de resistores em série e paralelo das maneiras mostradas nas figuras anteriores e em muitos casos, esses mesmos livros, cobram exercícios com associações mistas complexas, nas quais seria necessário um reordenamento dos resistores para a visualização por parte dos alunos.

A partir dessa análise e desse levantamento, buscou-se no Produto Educacional desenvolvido, apresentar as associações de resistores de uma maneira mais clara inserindo figuras e comentários para que os alunos identifiquem com facilidade, o tipo de associação.

Ainda que essas dificuldades se dessem por vários alunos, a média aritmética das notas do Estudo Dirigido 2 foi de 8,7 como se observa na Tabela 5.

Tabela 5 - Notas do Estudo Dirigido 2

Grupo	Grau
Grupo A	9,3
Grupo B	8,0
Grupo C	8,6
Grupo D	8,4
Grupo E	9,4
Média	8,7

Fonte: O autor (2017).

Novas situações-problema. No segundo momento desse encontro, aplicou-se o jogo *Mitos e Verdades na Eletricidade*. Inicialmente, foram explicadas as regras do jogo para os alunos. Ao ler uma afirmativa, os alunos deveriam ao final, levantar a placa informando se tal afirmativa era uma verdade ou um mito. Após isso, caso houvesse discordância de respostas, o professor escolhia aleatoriamente um aluno que escolheu verdade e outro que escolheu mito para justificar suas escolhas.

E em seguida, distribuíram-se as placas aos alunos. E neste momento muitos evidenciaram emoção e entusiasmo simplesmente ao receberem a placa. “*Ah que fofo!*” disse uma aluna X, “*Nossa, que legal!*” disse um aluno Y. Acredita que o simples fato de evadir do tradicional, do ‘quadro e giz’, do ‘caderno e caneta’ possa ser algo motivador para os alunos. Eles demonstraram essa alegria,

Observou-se que de todas as atividades desenvolvidas e aplicadas nesta pesquisa, o jogo *Mitos e Verdades na Eletricidade* foi a que mais gerou a participação e o envolvimento dos alunos. Muitos alunos que não demonstraram muita participação ao longo dos encontros, neste dia tiveram oportunidades de falar, comentar, e assim, participar mais ativamente da aula.

O intuito deste jogo, bem como da pesquisa como um todo, não é de analisar quantitativamente os dados obtidos. Portanto, no jogo não se preocupou em categorizar um percentual de acertos e erros. O objetivo principal do jogo era promover a interação, a participação e apresentar o conteúdo de maneira mais lúdica.

Na Figura 55 tem uma foto da turma antes do jogo iniciar.

Figura 55 - Alunos no jogo Mitos e Verdades na Eletricidade



Fonte: O autor (2017).

Das assertivas utilizadas no jogo, escolheram-se algumas para discutir e evidenciar os comentários e discussões gerados em sala durante a aplicação.

Assertiva 1: Deixar o carregador de celular sozinho na tomada não gasta energia.

A maioria acertou afirmando que se tratava de um mito. E nas justificativas apresentadas, uma aluna X, que discordava, afirmando ser verdade explicou que

“é o mesmo que ocorre quando remove a lâmpada do circuito então quando o carregador está sozinho na tomada, ele funciona como um circuito aberto.” (Aluna X).

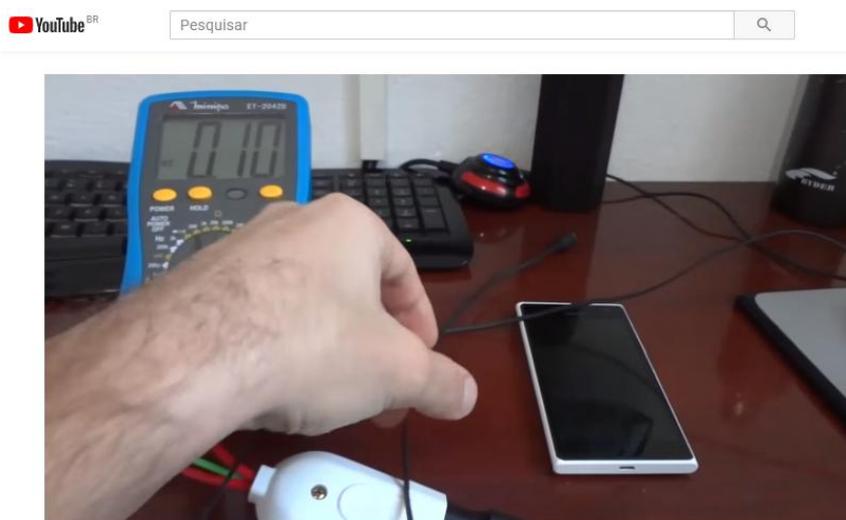
Ela estava associando ao exemplo mostrado em encontros anteriores, quando se utilizou a placa experimental do circuito, demonstrando que no circuito em série, ao remover uma lâmpada, a corrente era cessada pelo fato de estar abrindo o circuito.

No entanto, uma aluna Y argumenta que se tratava de situações diferentes:

“O fio é um indo e um vindo, então tem circulação de elétrons, ainda que seja pouca, mas tem.” (Aluna Y).

Utilizou-se um vídeo da *internet* (Figura 56) que respondia a questão, por meio de um experimento construído utilizando um multímetro e o carregador de celular ligado a uma fonte de tensão. O mesmo pode ser reproduzido em sala de aula, de modo fácil.

Figura 56 - Vídeo para o jogo Mitos e Verdades na Eletricidade



Carregador do celular na tomada sem estar carregando gasta energia? (leia descrição)

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Zhq81zo3tWk>.

Acesso em: 14 dez. 2017.

Assertiva 2: Deixar o aparelho celular carregando depois que a bateria já está completa não consome energia.

Nesta, foi unânime o número de alunos que responderam corretamente. Pode-se afirmar que essa assertiva estava diretamente vinculada a anterior, uma forma de se utilizar a reconciliação integrativa. Como argumentação tem-se:

“Ah professor, pelos mesmos motivos do anterior, é mito também, consome sim.” (Aluna X).

“Bom, se não for pegadinha, é mito sim.” (Aluna Y).

Alguns dos alunos estavam pensando que no jogo poderia ter uma espécie de ‘parece fácil, mas não é’.

Nas duas assertivas supracitadas, gerou-se discussão e questionamentos para outras situações também do cotidiano. As proposições serviram para que alguns alunos questionassem acerca da questão da explosão das baterias, dos perigos ali causados e outros problemas relacionados.

Assertiva 3: Colocar uma garrafa PET com água em cima do relógio medidor faz economizar energia.

Essa questão se tratava de um caso que era muito comum ser observado na região, sobretudo no passado, a Figura 57 ilustra a cena em questão.

Figura 57 - Garrafa PET sobre o relógio medidor de energia



Fonte: http://www.pedroepiter.xpg.com.br/img/Garrafa_pet.jpg.
Acesso em: 14 dez. 2017.

Nela, a maior parte dos alunos afirmou ser mito. Apenas um aluno afirmou ser verdade, no entanto não sabia explicar o motivo. Muitos deles, nunca haviam visto uma garrafa sobre o medidor. No entanto, uma aluna que disse morar numa cidade vizinha (numa região mais interiorana), relatou que é muito comum de se notar.

“Quando eu ver, vou tirar uma foto e trazer pra vocês, lá tem muito, só que eu acho que é mito.”. (Aluna Z)

Assertiva 4: Uma residência com 220 volts gasta mais energia elétrica.

Notou-se, nesta, certa dificuldade de alguns dos alunos na compreensão e interpretação conceitual, principalmente no conceito de tensão elétrica. Diante disso, pensou-se em no próximo encontro, na revisão final, evidenciar melhor os conceitos de potência e tensão elétrica.

Assertiva 5: Um corte no dedo contribui para uma pessoa levar um choque elétrico.

Esta assertiva também foi unânime o número de respostas corretas. Buscava-se nela, a compreensão dos motivos pelos quais, um corte na pele favorece ao choque.

De modo geral, pode-se perceber que o jogo possibilitou debates gerados a partir da sua execução. Em muitas vezes, o professor não procurava intervir, permitindo que os alunos aprendessem uns com os outros, de forma colaborativa.

Além disso, o jogo permitiu que os alunos relatassem experiências já vividas, e notou-se que em alguns casos, eles não sabiam explicar corretamente a causa ou circunstância de determinada situação ocorrer e que após o jogo algumas ideias foram desmistificadas.

5.5 Avaliação somativa individual

Esta etapa não ocorreu conforme o planejado. Esperava-se neste momento que os alunos fossem submetidos ao Simulado *Em(frente) ao ENEM*. Contudo, pelo fato das aulas ocorrerem em um único dia da semana, os alunos tinham prova de Matemática e de uma disciplina do Ensino Técnico no dia planejado para realização desta atividade.

Sendo assim, fez-se necessário inverter a ordem das atividades, realizando neste momento, o encontro final integrador. E na última semana do bimestre, os alunos seriam submetidos à outra avaliação somativa e individual.

5.6 Encontro final integrador

Este encontro, denominado encontro final integrador, teve como principal objetivo o fechamento da UEPS.

Para isso, foram retomadas às questões do estudo de caso, realizada uma revisão integradora do conteúdo por meio do resumo (Figura 58) que foi lido junto aos alunos e comentado. No final, os alunos construíram mapas conceituais sobre o conteúdo estudado.

Figura 58 - Resumo do Encontro final integrador



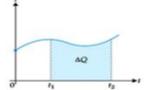
REVISÃO DE FÍSICA - ELETRODINÂMICA

Corrente elétrica: razão entre a quantidade de carga elétrica e o tempo.

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

Unidade: A (ampère)

No gráfico $i \times t$, a carga elétrica (Δq) é dada, numericamente, pela **área** sob a curva entre os instantes t_1 e t_2 :



* $\Delta q = ne$; $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C (carga elementar)

Tipos de corrente:

- **contínua:** o sentido das cargas é o mesmo.
- **alternada:** o sentido das cargas é alternado em dado um intervalo de tempo.

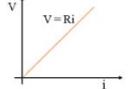
Efeitos da corrente:

- biológico
- magnético
- térmico
- químico

Primeira Lei de Ohm:
"Tensão e corrente elétrica são diretamente proporcionais para determinados condutores".

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

Unidade: Ω (ohm)



Mantendo a resistência constante:
 se a tensão (V) **umenta**, a corrente (i) **umenta**.
 se a tensão (V) **diminui**, a corrente (i) **diminui**.

Mantendo a tensão constante:
 se a resistência (R) **umenta**, a corrente (i) **diminui**.
 se a resistência (R) **diminui**, a corrente (i) **umenta**.

Segunda Lei de Ohm:
"A resistência elétrica de um material é diretamente proporcional ao seu comprimento L e inversamente proporcional à área de sua seção transversal".

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

Ao **dobrar** o comprimento do fio (L), a resistência (R) também **dobra**.



Ao **dobrar** a área da seção transversal do fio (A), a resistência (R) **se reduz à metade**.



Potência elétrica: é a medida da taxa de transformação de energia em determinado intervalo de tempo.

Potência dissipada:

$$P = Ri^2$$

ou

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

*Relação entre potência, tensão e corrente:

$$P = Vi$$

Unidade: W (watt)

Cálculo da energia elétrica:

$$E = P \Delta t$$

Unidades: kWh ou J (joule). (1 kWh = $3,6 \times 10^6$ J)

Resistores em série: percorridos pela mesma corrente.

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Resistores em paralelo: possuem a mesma d.d.p.

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

(dois a dois)

Para n resistores, em paralelo:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Relações entre alguns prefixos do SI:

símbolo	prefixo	relação
n	nano	10^{-9}
μ	Micro	10^{-6}
m	mili	10^{-3}
k	quilo	10^3

Fonte: O autor (2017).

Retorno ao Caso.

A seguir serão comentadas algumas das respostas finais dos alunos às questões levantadas no Estudo de Caso intitulado *Um dia de altas tensões* comparadas às respostas iniciais, buscando evidenciar se houve (ou não) progressividade no conhecimento.

Questão 1: *“Ao cortar o terceiro pino da tomada da TV, a mesma funcionará? Você concorda com Júlia que esse pino não possui utilidade? Em caso negativo, por que os fabricantes de produtos elétricos passaram a fabricar produtos com tomadas com três pinos?”.*

Resposta do Grupo A (início):

“Sim. Não. O terceiro pino foi feito para não sobrecarregar os outros pinos, ele seria um pino-terra, ajudando a dissipar as cargas.” (Grupo A)

Resposta do Grupo A (final):

“Sim. Não concordamos, o terceiro pino é responsável pelo aterramento e gera maior segurança para o aparelho, ele leva a energia excedente para o solo.” (Grupo A)

Apesar de ambas as respostas serem consideradas corretas, observa-se na resposta final uma complementação com uma nova informação, afirmando acerca da segurança gerada pela presença do pino.

Resposta do Grupo D (início):

“Sim funcionará, pois nele se encontra o fio terra, que no caso da TV não possuirá muita utilidade. Porém o terceiro pino será útil para outros aparelhos, como o ar-condicionado por exemplo, que tem uma voltagem maior e precisa de mais lugares para dissipar seus elétrons.” (Grupo D)

Resposta do Grupo D (final):

“Sim, não o terceiro pino representa o fio terra do aparelho, é um pino de aterramento que serve pra dissipar uma sobrecarga na rede elétrica que poderia danificar os circuitos do aparelho ou provocar um choque.” (Grupo D)

O grupo no primeiro momento respondeu que para a TV o pino não possuía qualquer utilidade. No ato final, a resposta foi alterada, adicionando a informação sobre o aterramento e também dos danos para o ser humano, o choque elétrico que pode ser provocado.

Questão 2: “Ao ligar a TV e o carregador do celular em uma tomada de 220 V, há algum risco? Que danos podem ocorrer com cada aparelho?”

Resposta do Grupo C (início):

“A TV queimará pois ela receberia carga demais. O celular não queimaria pois no carregador ocorre a conversão de energia.” (Grupo C)

Resposta do Grupo C (final):

“Pode sobrecarregar a TV, pois o carregador de celular possui um mecanismo que consegue converter a voltagem mas a TV não, sendo assim a carga vai para a TV com muita intensidade, podendo queimá-la.” (Grupo C)

Nota-se que no primeiro momento, o grupo utilizou o conceito energia, em vez de tensão, diferença de potencial ou voltagem, como afirmaram no segundo momento.

Observou-se que um erro bastante comum que alguns alunos cometem em Física, sobretudo no Eletromagnetismo. Acredita-se que devido ao grau de abstração dos conceitos, acabam gerando equívocos e erros conceituais que são cometidos corriqueiramente.

Questão 3: “Ao ligar o chuveiro Júlia levou choque e sua mãe não. Você poderia dar uma explicação provável para isso?”

Resposta do Grupo C (início):

“Provavelmente Júlia estava descalço e sua mãe não. O corpo humano é um condutor de eletricidade e a sandália serve como isolante, impedindo que a pessoa leve choque.” (Grupo C)

Resposta do Grupo C (final):

“Porque provavelmente a mãe de Júlia estava de calçado e ela não, sendo assim o calçado impediu a passagem da corrente para a terra, porém Júlia serviu de condutor para a carga. Júlia podia estar com algum machucado na mão também.” (Grupo C)

Nessa questão, os grupos apresentaram uma possível resposta correta, no primeiro momento. Destacou-se a resposta final do grupo C, onde foi abordada outra possível resposta para a pergunta, que foi discutido ao longo das aulas: estar com alguma ferida na mão e a relação com o choque elétrico.

Questão 4: “Que efeitos biológicos um choque elétrico pode causar?”

Resposta do Grupo C (início):

“Dormência na superfície da pele, aceleração dos batimentos cardíacos, retração dos músculos, perda dos sentidos e até a morte.” (Grupo C)

Resposta do Grupo C (final):

“Varia de formigamento, contração do músculo, repulsão até efeitos mais graves como parada respiratória, asfixia e fibrilação ventricular.” (Grupo C)

Resposta do Grupo D (início):

“Morte, para cardíaca, queimaduras, sequelas e danos no cérebro.” (Grupo D)

Resposta do Grupo D (final):

“Pode afetar o sistema nervoso, muscular e cardíaco, podendo causar parada respiratória e até levar a morte.” (Grupo D)

Notam-se nessa questão, respostas mais completas e a utilização de alguns conceitos que foram discutidos em sala de aula, como por exemplo, a fibrilação ventricular. Nas respostas iniciais, os alunos apresentaram danos biológicos mais simples e de modo mais amplo.

Questão 5: “Ao mudar a chave de um chuveiro, da posição verão para inverno, por exemplo, o que acontece internamente para a água sair mais aquecida?”

Resposta do Grupo A (início):

“Os elétrons livres começam a se movimentar, gerando energia térmica e por consequência aquecendo a água.” (Grupo A)

Resposta do Grupo A (final):

“Os elétrons livres começam a se movimentar e geram uma energia térmica que aquece a água.” (Grupo A)

O Grupo A contestou igualmente à questão durante a primeira e a segunda resposta. Não respondendo ao que foi indagado na questão.

Resposta do Grupo B (início):

“O chuveiro necessita de eletricidade para transformar água fria em aquecida. Essa energia conduzida internamente muda a temperatura da água.” (Grupo B)

Resposta do Grupo B (final):

“Circula mais ou menos corrente. Quando a chave está na posição em que a resistência é ‘mais curta’, o chuveiro aquece mais porque passa mais corrente pelo elemento de aquecimento.” (Grupo B)

O Grupo B, em contrapartida, apresentou resposta correta apenas no segundo momento.

Resposta do Grupo D (início):

“Ocorre a movimentação dos elétrons na resistência transformando essa energia potencial em energia térmica esquentando a água.” (Grupo D)

Resposta do Grupo D (final):

“A corrente elétrica faz a resistência superaquecer. Em contato com a resistência superaquecida a água fria que se acumula no chuveiro também esquentam.” (Grupo D)

Por fim, têm-se as respostas do Grupo D, que se acredita não ter compreendido a questão.

Acredita-se que as respostas dessa questão do Caso não foram satisfatórias, e acha-se que isso se deve à própria pergunta, que pode levar a mais de uma interpretação. Quis investigar nessa questão, como já relatado, a variação da resistência, como já mostrado e discutido na Figura 26.

Diante disso, no Produto Educacional buscou alternativas na forma de perguntar, e relatou esse problema para que em uma possível reaplicação, a pergunta seja compreendida corretamente.

Questão 6: “O que é a resistência de um chuveiro? Pra que ela serve?”

Resposta do Grupo B (início):

“É tipo uma molinha que fica dentro chuveiro. Essa molinha irá impedir que o chuveiro queime.” (Grupo B)

Resposta do Grupo B (final):

“Resistor é o aparelho utilizado para limitar a corrente em um circuito elétrico, já a resistência é a medida do resistor. Serve para impedir que o chuveiro queime.”

(Grupo B)

Resposta do Grupo C (início):

“É um mecanismo instalado no chuveiro que aquece a água.” (Grupo C)

Resposta do Grupo C (final):

“É a medida do resistor e o resistor limita a corrente em um circuito elétrico.”

(Grupo C)

Os Grupos B e C, em suas respostas finais da sexta questão, distinguiram os conceitos de resistor e de resistência, que era o que se esperava nessa questão. E progrediram grandiosamente nas respostas, que no primeiro momento, responderam ao que consistia o resistor.

Resposta do Grupo D (início):

“A resistência de um chuveiro é uma peça que serve para a variação de temperatura do chuveiro, sem ela é impossível o aquecimento da água. Ela também serve para possibilitar a movimentação dos elétrons.” (Grupo D)

Resposta do Grupo D (final):

“A resistência de um chuveiro é uma peça metálica que fica dentro do chuveiro e serve para esquentar a água.” (Grupo D)

No entanto, na resposta do Grupo D não se observou um progresso.

A ideia dessa questão era gerar propositalmente esse erro conceitual que acaba ocorrendo entre os conceitos *resistor* e *resistência*, que é cometido no cotidiano, e que já se observou até em livros didáticos renomados de Física.

Questão 7: “Você concorda com a afirmação de Júlia “220 é muita energia e queima o aparelho”? Justifique”.

Resposta do Grupo A (início):

“Não, pois 220 V é a voltagem e não a quantidade de energia.” (Grupo A)

Resposta do Grupo A (final):

“Não. Pois alguns aparelhos necessitam de maior corrente elétrica para funcionar, porém em outros pode queimar.” (Grupo A)

No primeiro momento o Grupo A respondeu corretamente e no segundo momento, não mencionou a questão da diferença de potencial que deveria ser perguntada em vez da energia.

Resposta do Grupo C (início):

“Depende do aparelho. Aparelhos como celulares e notebooks por exemplo não queimariam pelos mesmos mecanismos presentes no carregador, ao contrário da TV.”
(Grupo C)

Resposta do Grupo C (final):

“Depende do aparelho. Pois certos aparelhos possuem conversor de voltagem e não são danificados.” (Grupo C)

O Grupo C manteve sua resposta, e não mencionou o conceito de energia.

Notou-se que os alunos demonstraram certa apatia para responder às questões do Caso pela segunda vez. Alguns questionaram o porquê deles estarem respondendo a uma atividade já respondida na primeira aula. Diante disso, acredita-se que algumas respostas não foram fidedignas.

Mapas Conceituais. No segundo momento os alunos foram submetidos à construção de mapas conceituais. Inicialmente, foi dada uma breve explicação sobre o que consistia um mapa conceitual e como este, diferenciava-se do mapa mental. Frisou a importância das palavras de ligação, bem como a hierarquia requerida nesse tipo de mapa.

Após isso, os alunos reunidos em seus grupos construíram mapas, relacionando os conceitos dos conteúdos trabalhados ao longo da aplicação da UEPS.

No Capítulo 3 discutiu-se a ideia de uma análise quantitativa dos mapas conceituais. E no Capítulo 4 apresentou um mapa que foi elaborado a ser utilizado como uma espécie de Mapa-controle. Nas categorias apresentadas para analisar, o Mapa-controle pontuou 80 pontos como se observa na Tabela 6.

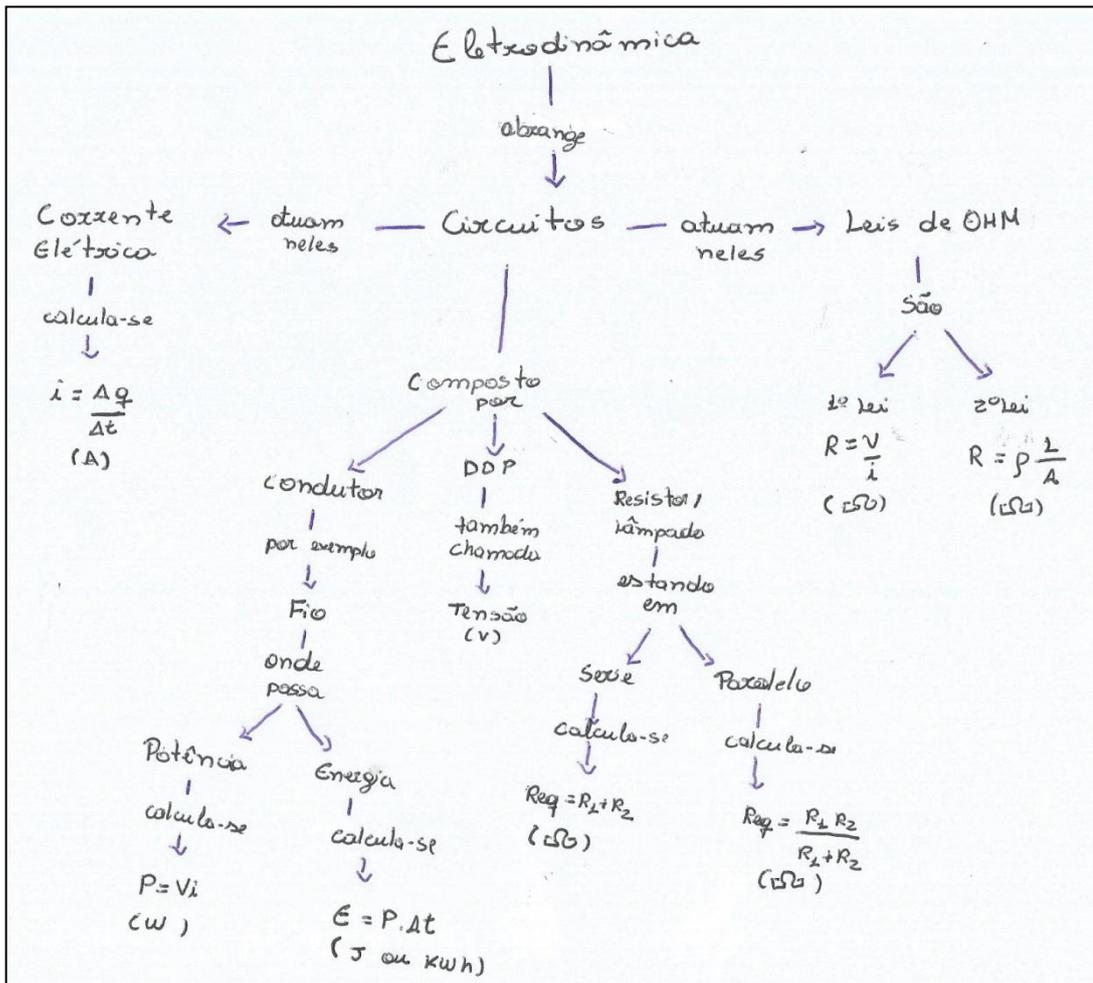
Tabela 6 - Pontuação do Mapa-controle

Critérios Classificatórios	Quantidade	Pontos
Proposições	12	12
Hierarquia: cada nível válido	1	5
Ligações Transversais	1	2
Exemplos: cada exemplo válido	1	1
Equações	7	14
Unidades de medida	5	5
Total de pontos		80

Fonte: O autor (2018).

A Figura 59 traz o Mapa Conceitual confeccionado pelo Grupo A.

Figura 59 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo A



Fonte: O autor (2017).

Dos cinco grupos analisados, o Grupo A foi o que elaborou um mapa mais organizado. Embora haja erros em níveis hierárquicos, o mapa contou com a presença de exemplos, equações e também unidades de medida.

A Tabela 7 traz a pontuação obtida pelo Grupo A se comparada ao mapa-controle.

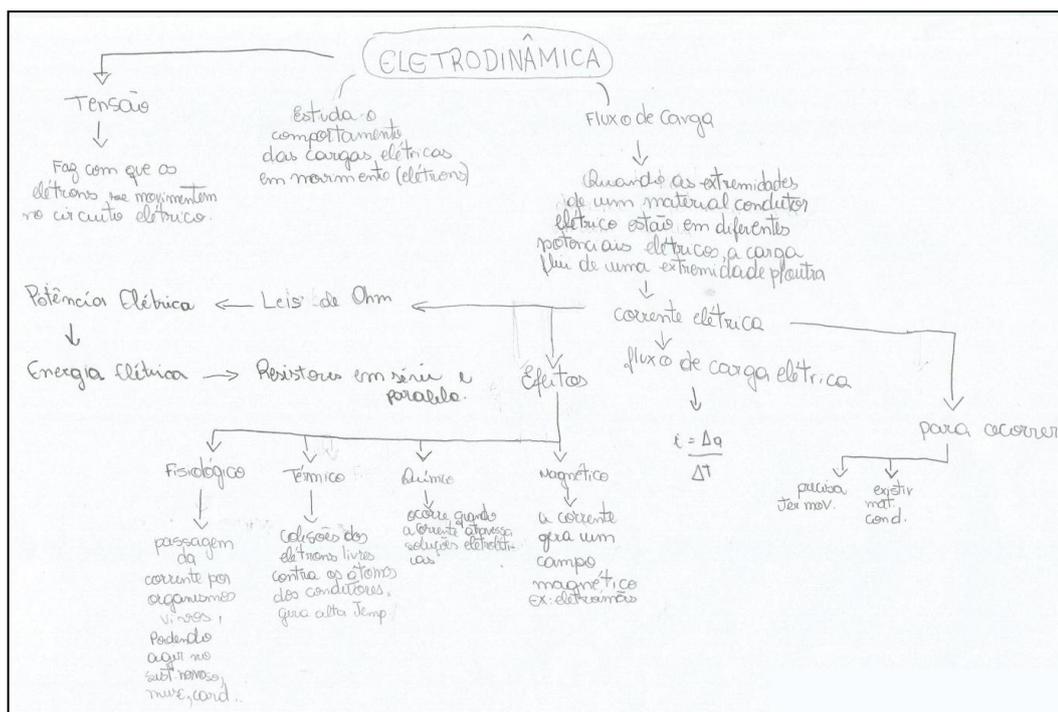
Tabela 7 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo A

Critérios Classificatórios	Quantidade	Pontos
Proposições	12	12
Hierarquia: cada nível válido	1	5
Ligações Transversais	0	0
Exemplos: cada exemplo válido	1	1
Equações	7	14
Unidades de medida	5	5
Total de pontos		37
Percentual em relação ao mapa-controle		46,3%

Fonte: O autor (2018).

A Figura 60 traz o Mapa Conceitual construído pelo Grupo B.

Figura 60 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo B



Fonte: O autor (2017).

O Grupo B foi o que menos pontuou. Seu mapa não apresenta qualquer organização em níveis e não apresenta palavras de ligação entre os conceitos.

A Tabela 8 traz a pontuação obtida pelo Grupo B, tomando por base o mapa-controle para comparação.

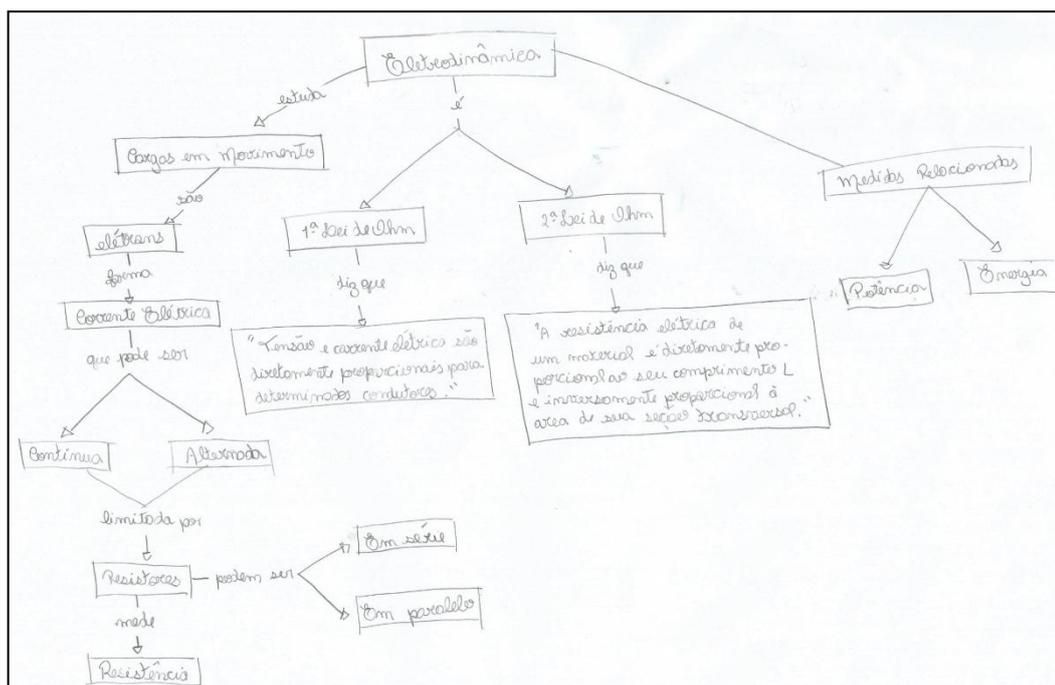
Tabela 8 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo B

CrITÉrios ClassificatÓrios	Quantidade	Pontos
Proposições	10	10
Hierarquia: cada nível valido	0	0
Ligações Transversais	0	0
Exemplos: cada exemplo valido	0	0
Equações	1	2
Unidades de medida	0	0
Total de pontos		12
Percentual em relaao ao mapa-controle		15%

Fonte: O autor (2018).

O Grupo C elaborou o mapa que se encontra apresentado na Figura 61.

Figura 61 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo C



Fonte: O autor (2017).

Neste, nota-se a escassez de muitos conceitos trabalhados ao longo do bimestre. A Tabela 9 traz a pontuação obtida pelo Grupo C se comparada ao mapa-controle.

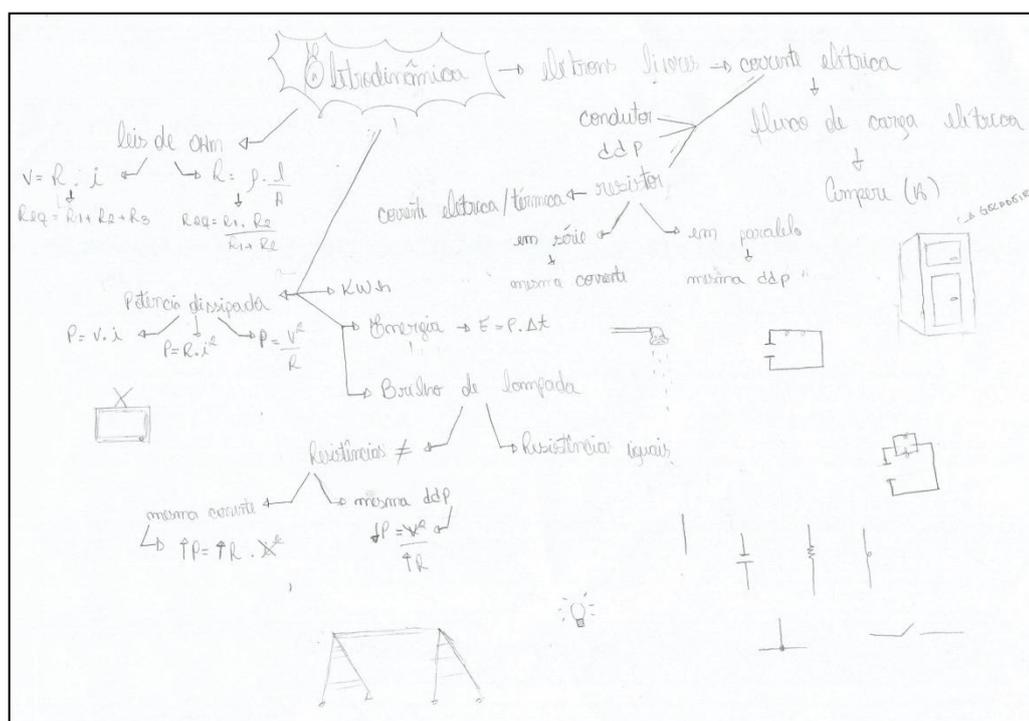
Tabela 9 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo C

Crítérios Classificatórios	Quantidade	Pontos
Proposições	13	13
Hierarquia: cada nível válido	1	5
Ligações Transversais	0	0
Exemplos: cada exemplo válido	0	0
Equações	0	0
Unidades de medida	0	0
Total de pontos		18
Percentual em relação ao mapa-controle		22,5%

Fonte: O autor (2018).

A Figura 62 traz o Mapa Conceitual confeccionado pelo Grupo D.

Figura 62 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo D



Fonte: O autor (2017).

A Tabela 10 traz a pontuação obtida pelo Grupo D se comparada ao mapa-controle.

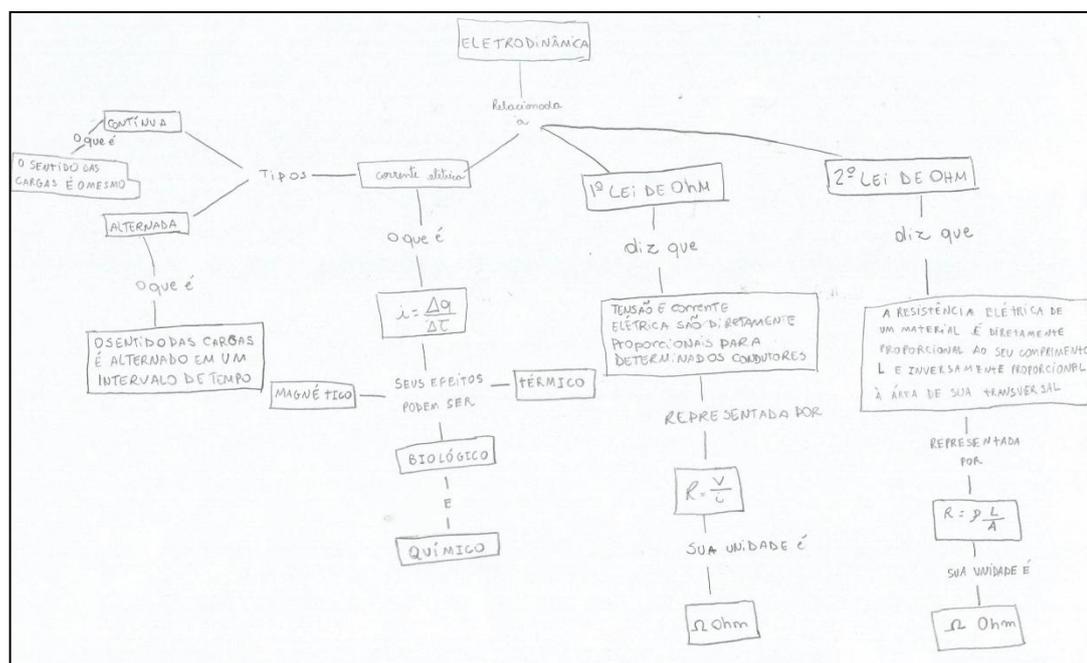
Tabela 10 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo D

Crítérios Classificatórios	Quantidade	Pontos
Proposições	14	14
Hierarquia: cada nível válido	0	0
Ligações Transversais	0	0
Exemplos: cada exemplo válido	0	0
Equações	8	16
Unidades de medida	1	1
Total de pontos		31
Percentual em relação ao mapa-controle		38,8%

Fonte: O autor (2018).

A Figura 63 traz o Mapa Conceitual confeccionado pelo Grupo E.

Figura 63 - Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo E



Fonte: O autor (2017).

Esse grupo apresentou um mapa razoável, mas que pecou em hierarquia. Por exemplo, observa-se o conceito ‘químico’ abaixo do ‘biológico’ quando relacionados aos efeitos da corrente elétrica. Sendo os dois conceitos de mesmo nível. O grupo apresentou também caixas repetidas, poderia ser feito uma ligação única das equações da resistência à sua unidade ‘Ω ohm’. Se comparado ao mapa mental desse mesmo grupo elaborado no início da aplicação da

UEPS, pode-se dizer que houve certa progressividade, uma vez que o primeiro não tinha um caráter de mapa e sim as explicações dos conceitos e termos (ver Figura 23).

A Tabela 11 traz a pontuação obtida pelo Grupo E se comparada ao mapa-controle.

Tabela 11 - Pontuação do Mapa Conceitual do Grupo E

Crítérios Classificatórios	Quantidade	Pontos
Proposições	8	8
Hierarquia: cada nível válido	1	5
Ligações Transversais	0	0
Exemplos: cada exemplo válido	0	0
Equações	3	6
Unidades de medida	1	1
Total de pontos		20
Percentual em relação ao mapa-controle		25%

Fonte: O autor (2018).

Acredita-se que os mapas conceituais são excelentes ferramentas e estratégias de ensino, e como já discutido, eles possuem várias funções nesse âmbito. Contudo, no contexto desta UEPS, os alunos não construíram bons mapas conceituais. Nenhum dos grupos apresentados mostrou ligações transversais entre conceitos, nem mesmo uma boa hierarquia dos mesmos. Isso pode estar associado ao tempo destinado a apresentação da estratégia aos alunos. Em outras aplicações, o ideal é que sejam destinadas duas ou três aulas, para que a estratégia seja apresentada à turma, com a utilização de *slides*, apostila, exemplos de mapas, etc. Agindo deste modo, pode ser que os alunos atinjam ao objetivo esperado na atividade em questão.

5.7 Avaliação da aceitação da UEPS

Para esta etapa, utilizou-se o recurso *Google Forms* (Formulários do Google). Disponibilizou-se aos alunos, o *link* de acesso ao formulário para que pudessem avaliar a UEPS, proporem críticas, sugestões, etc.

O formulário que pode ser observado no Produto Educacional (Apêndice A) consiste de perguntas abertas e outras que possuem uma escala de respostas. Acredita-se que uma vantagem da utilização desse recurso, é que os alunos não são identificados. Não foi

solicitado o e-mail ou qualquer identificação dos alunos no ato das respostas, além disso, a resposta em papel evidencia a letra do aluno, podendo gerar uma possível identificação. Então, eles tinham maior liberdade para responderem, sem a preocupação. Outra facilidade do *Google Forms*, é que os alunos podem responder utilizando o celular e até mesmo em casa.

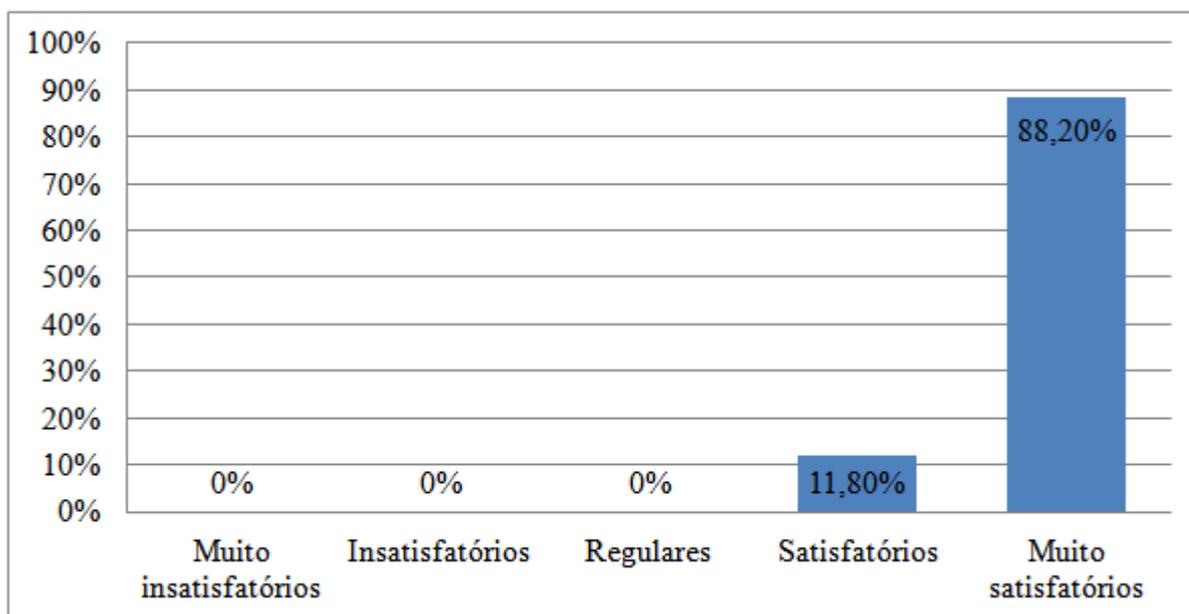
Fez-se então, uma análise das respostas dadas pelos alunos, de forma mais qualitativa, já que não é objetivo desta pesquisa analisar quantitativamente os dados.

A primeira questão tinha por objetivo avaliar de forma geral os encontros:

1) Como você avalia os encontros que tivemos para realizar estas atividades?

Para isso, uma escala de 1 a 5, onde 1 representava muito insatisfatórios e 5 muitos satisfatórios, os alunos deveriam marcar um número que representasse seu grau de satisfação para com as atividades. O Gráfico 1 traz o resultado desta pergunta.

Gráfico 1 – Avaliação geral dos encontros



Fonte: O autor (2017).

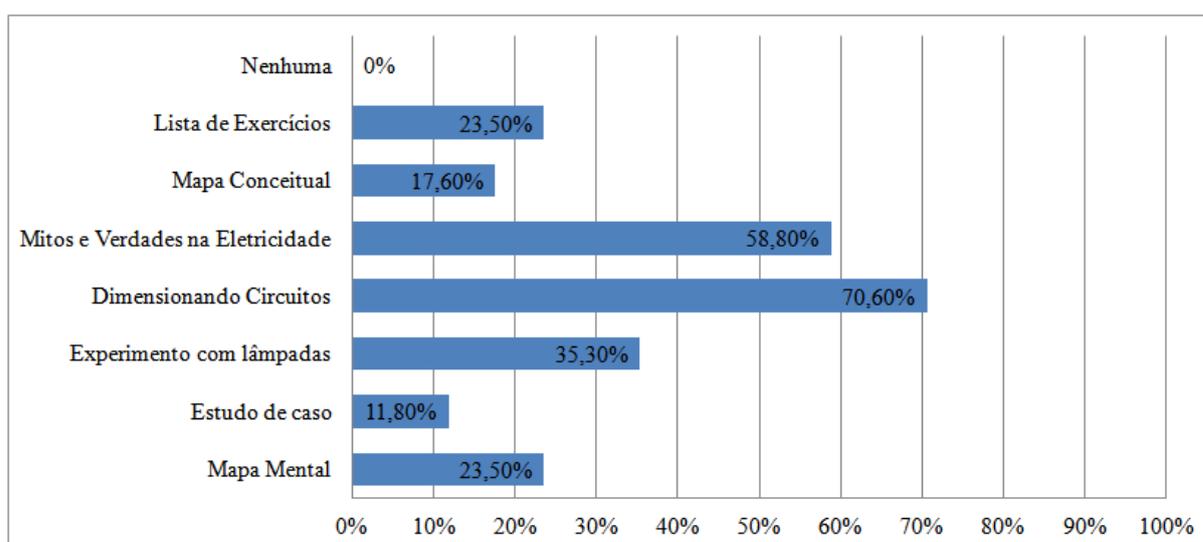
Observa-se que para quase 90% dos alunos, grande maioria, a UEPS foi considerada muito satisfatória.

A segunda questão investigava qual foi a atividade da UEPS que os alunos mais gostaram, foram listadas alternativas com todas as atividades utilizadas.

2) De qual(is) atividades você mais gostou?

Nessa, buscava conhecer as atividades que foram mais atrativas aos alunos. Os alunos podiam marcar mais de uma opção, caso desejassem. O Gráfico 2 traz o resultado desta questão.

Gráfico 2 - Atividades mais atrativas na opinião dos alunos



Fonte: O autor (2017).

A atividade computacional (Dimensionando Circuitos) e o jogo (Mitos e Verdades na Eletricidade) foram as que os alunos mais gostaram. No intuito de entender o motivo, para esta pergunta os alunos tinham a possibilidade de comentar, caso desejassem. Destacamos a seguir alguns dos comentários que justificam os motivos das escolhas dos alunos. O Estudo Dirigido no Questionário foi apresentado como Lista de Exercícios para facilitar aos alunos nas respostas.

Na Figura 64 tem justificativa de um aluno para a escolha da atividade *Dimensionando Circuitos* como a mais atrativa.

Figura 64 - Comentário de um aluno acerca da atividade que mais gostou na UEPS

<input checked="" type="checkbox"/> "Dimensionando circuitos" (Computacional)
Comente
O modo como o programa abrangeu a matéria fez com que saísse da mesmisse de sempre estar estudando com caneta e papel.

Fonte: O autor (2017).

Este comentário mostra que o simples fato de usar um recurso diferenciado em sala de aula, como o computador, pode ser instigante aos alunos. Acredita-se que abrir mão do tradicionalismo, do quadro e caneta, que os alunos vivenciam diariamente, utilizar um recurso computacional pode ser uma estratégia eficaz para o ensino.

Outro aluno justifica da mesma maneira, utilizando outras palavras conforme se vê na Figura 65.

Figura 65 - Comentário de um aluno acerca da atividade que mais gostou na UEPS

<input checked="" type="checkbox"/> "Dimensionando circuitos" (Computacional)
<input checked="" type="checkbox"/> "Mitos e Verdades na Eletricidade" (Jogo)
Comente
As formas mais dinâmicas atraem mais a atenção e criam uma maior interação

Fonte: O autor (2017).

Acredita-se que o dinamismo nas aulas faz do aluno o sujeito central do processo de ensino-aprendizagem. Além disso, o computador e o jogo são estratégias de ensino que possibilitam a interação entre os alunos.

O uso da informática como um recurso a mais, a ser utilizado pelo professor em sala de aula é a principal característica da Informática Educativa. Nesse sentido, o computador é inserido no processo ensino-aprendizagem dos conteúdos curriculares de determinada disciplina e é explorado pelo docente em toda sua potencialidade e capacidade tornando possível simular, praticar ou vivenciar situações, podendo até sugerir conjecturas abstratas, fundamentais a compreensão de um conhecimento ou modelo de conhecimento que se está construindo (MACÊDO, 2009, p. 17).

A Figura 66 tem um comentário bastante relevante também. Um aluno justifica que a atividade permite a visualização do fenômeno na prática. Como previsto, a utilização do *software* possibilita uma possível redução na abstração de determinados conceitos.

Figura 66 - Comentário de um aluno acerca da atividade que mais gostou na UEPS

"Dimensionando circuitos" (Computacional)

Comente

Porque podemos vê como funciona na pratica

Fonte: O autor (2017).

Já, um aluno que escolheu o mapa mental como atividade mais relevante para si, traz uma justificativa interessante, como nota-se na Figura 67.

Figura 67 - Comentário de um aluno acerca da atividade que mais gostou na UEPS

Mapa mental

Comente

Mostrou que todos sabemos algo mesmo que não seja tão concreto

Fonte: O autor (2017).

Este comentário remete ao conhecimento prévio, necessário e extremamente importante para uma possível aprendizagem significativa. É importante para o professor identificar o que o aprendiz já sabe. Que o aluno não chega à sala de aula como uma *tabula rasa* e sim com muitos conhecimentos adquiridos em anos escolares anteriores, ou mecanicamente com as vivências e situações práticas do dia a dia. E acredita-se que dar a chance do aluno apresentar esse conhecimento de alguma maneira, possa ser bastante relevante ao ensino e a aprendizagem.

A próxima questão vai um pouco mais afundo. Questiona o aluno sobre qual recurso utilizado mais o auxiliou no aprendizado.

3) Qual dos recursos utilizados, listados na questão anterior, você acredita que mais lhe auxiliou no aprendizado? Justifique.

A Figura 68 traz alguns dos comentários dados pelos alunos na resposta dessa questão.

Figura 68 - Algumas respostas de alunos acerca das estratégias que mais os auxiliaram na aprendizagem

Qual dos recursos utilizados, listados na questão anterior, você acredita que mais lhe auxiliou no aprendizado? Justifique.

Dimensionando circuitos, pois com a visualização fica melhor para entender

Dimensionando circuitos, pois eu pude entender melhor como funcionava, como se fosse "a prática".

Mitos e Verdades na Eletricidade, pois a dinâmica foi ótima e resultou em uma aprendizagem divertida e diferente.

As matérias da física são complicadas de entender pois muitas vezes são coisas que não conseguimos ver, com o dimensionamento de circuitos eu pude entender com precisão o funcionamento de um circuito pois eu pude ver como ele funcionava.

Dimensionando circuitos, porque consegui entender melhor como funciona um circuito

Na parte feita no computador, achei muito didáticos os modelos usados e a representação dos objetos e eletricidade. Acredito que me ajudou a compreender mais o assunto.

Fonte: O autor (2017).

Nota-se mais uma vez a relevância da atividade *Dimensionando Circuitos*. Vários comentários fizeram menção a essa atividade da UEPS como a mais eficaz para a aprendizagem.

No entanto, surpreende-se nesta questão que muitos alunos mencionaram os Estudos Dirigidos (Listas de Exercícios), como recurso que mais os auxiliaram no aprendizado, conforme mostra a Figura 69.

Figura 69 - Comentários de alguns alunos acerca das estratégias utilizadas

Qual dos recursos utilizados, listados na questão anterior, você acredita que mais lhe auxiliou no aprendizado? Justifique.

Lista de exercícios

além da dinâmica das aulas, as listas de exercícios.

As listas de exercícios pois por meio dela pude ter noção do que realmente tinha aprendido ou não

Lista de Exercícios. Ela ajudou muito a fixar o que havíamos aprendido nas outras aulas.

A lista de exercícios, por ser uma atividade prática que propõe um problema.

Fonte: O autor (2017).

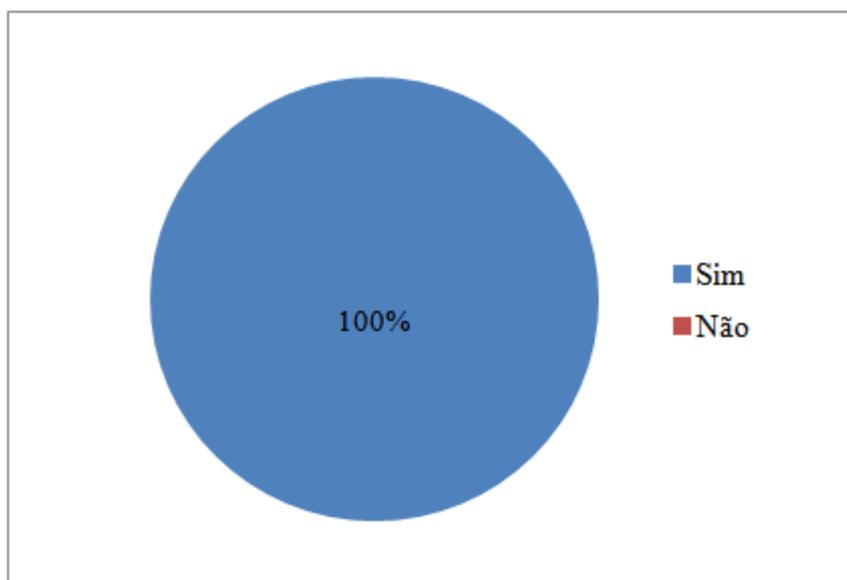
Diante disso, não se dispensa a utilização de listas de exercícios, diante de uma sequência didática diferenciada. Acredita-se que essas respostas se devem ao fato dos alunos pensarem na avaliação tradicional. Em Física, de modo geral, os alunos estão acostumados a serem avaliados por uma prova contendo questões, que quase sempre não fazem uma investigação conceitual. Na maior parte, são questões puramente matemáticas, onde os alunos são obrigados a calcular, por exemplo, a intensidade da corrente elétrica ou a resistência equivalente em um circuito elétrico. Acredita-se que a melhor maneira de se preparar para esse tipo de provas é exercitando. Contudo, é preciso ter cuidado, pois esse tipo de recurso pode levar a aprendizagens mecânicas e após as provas, os alunos podem esquecer completamente o conteúdo apreendido.

A próxima questão apresentou unanimidade nas respostas. Perguntou-se:

4) “Você percebeu que o conteúdo era retomado ao longo das aulas?”

Como mostra o Gráfico 3, todos os alunos que responderam ao questionário afirmaram perceber que o conteúdo era retomado ao longo das aulas.

Gráfico 3 - Percepção da retomada do conteúdo ao longo das aulas



Fonte: O autor (2017).

Diante disso, acredita-se que pelo menos nesse quesito, a UEPS não apresentou qualquer falha. Tentou-se ao máximo durante o planejamento e execução da UEPS fazer presente a reconciliação integrativa e também a recursividade.

5) *A partir das aulas e dos conteúdos estudados, você consegue fazer conexão com situações do dia a dia? Explique.*

A quinta questão apresentou como principais respostas, as listadas na Figura 70.

Figura 70 - Resposta de alguns alunos à Questão 5 do questionário final

<p>A partir das aulas e dos conteúdos estudados, você consegue fazer conexão com situações do dia a dia? Explique.</p> <p>Posso sim, pois a eletricidade em si já é parte do nosso dia a dia então quando aprendi melhor suas aplicações pude idealizar ela, principalmente por fazer um curso que envolve essa área também.</p> <p>Sim. Os exemplos do chuveiro</p> <p>Sim, principalmente a questão do resistor</p> <p>Mais ou menos, ainda tenho algumas dificuldades.</p> <p>Acender de lâmpadas, chuveiro quente, potência de tomadas e aparelhos.</p> <p>Sim. Como a luz chega até a lâmpada</p> <p>Algumas situações sim. Mas como eu tenho dificuldade em física nem todas .</p>

Fonte: O autor (2017).

A maioria dos alunos conseguiu fazer associações dos conteúdos abordados nas aulas com situações cotidianas que eles vivenciam, como mostram alguns comentários. Destaca-se o primeiro, que um aluno relata aplicar a Eletricidade à temas estudados em seu curso técnico (Edificações):

“Posso sim, pois a eletricidade em si já é parte do nosso dia a dia então quando aprendi melhor suas aplicações pude idealizar ela, principalmente por fazer um curso que envolve essa área também.”

6) *Você acha que a forma como as atividades foram apresentadas e trabalhadas facilitou a compreensão dos conteúdos? Comente.*

Todas as respostas foram positivas para essa questão. A Figura 71 traz algumas respostas dos alunos frente a essa questão.

Figura 71 - Resposta de alguns alunos à Questão 6 do questionário final

Você acha que a forma como as atividades foram apresentadas e trabalhadas facilitou a compreensão dos conteúdos? Comente.

Sim, pois foi apresentada de uma maneira dinâmica

Sim, as atividades foram bem dinâmicas.

Sim. Foram formas que despertaram a curiosidade dos alunos e de fácil compreensão.

Sim, dinâmica sempre é um bom método de aprendizado

Sem dúvida. As interação com a matéria faz com que o assunto abordado seja de fácil compreensão, as atividades trabalhadas em aula ajudou bastante a compreensão da matéria.

Sim, foram mais dinâmicas

Ajudou a quebrar a monotomia clássica da escola, ao mesmo tempo que não abandonou completamente o modelo antigo. Acredito que isso beneficiou os alunos simpatizantes com os mais diversos métodos de ensino, inclusive eu.

Fonte: O autor (2017).

Várias das respostas, como se observa mais uma vez a evidência do dinamismo presente nas atividades. Destaca-se a última resposta listada:

“Ajudou a quebrar a monotomia clássica da escola, ao mesmo tempo que não abandonou completamente o modelo antigo. Acredito que isso beneficiou os alunos simpatizantes com os mais diversos métodos de ensino, inclusive eu.”

O aluno ressalta a diversidade de atividades presentes na UEPS, e que essa diversificação contribuiu para a compreensão dos conteúdos. Desde os Estudos Dirigidos e as aulas expositivas, quando o aluno escreve “ao mesmo tempo que não abandonou completamente o modelo antigo” até a atividade *Dimensionando Circuitos* e o Jogo *Mitos e Verdades na Eletricidade* ao relatar que “ajudou a quebrar a monotonia clássica da escola”. Ou seja, para esse aluno, as atividades da UEPS podem ser consideradas essenciais, complementares e facilitadoras da aprendizagem.

7) Você acha que os conteúdos aprendidos durante as aulas foram importantes para a sua formação? Comente.

A Figura 72 traz os comentários deixados nessa pergunta.

Figura 72 - Resposta de alguns alunos à Questão 7 do questionário final

Você acha que os conteúdos aprendidos durante as aulas foram importantes para a sua formação? Comente.

Sim, pois envolve mais do que apenas a matéria do ensino médio ela envolve também o campo de trabalho que eu desejo

Sim. Para melhor entender as coisas do dia a dia

Sim, certamente me ajudará em diversas situações na minha formação

Sim, além de ser uma matéria que cai em vestibulares, foi importante para a formação em edificações, usaremos na área de instalações elétricas.

Sim. Além do conhecimento da matéria, quebrou alguns mitos que eu tinha na cabeça em relação a algumas coisas.

Sim , ajudou bastante no aprendizado da materia para o enem

Como estudante de edificações e, talvez, futuro arquiteto, conhecimentos sobre eletrodinâmica devem ser vir a ser úteis. Mas além disso, conhecimento é sempre bem-vindo.

Fonte: O autor (2017).

Também foi unânime as respostas positivas. Muitos alunos dessa turma tinham perspectiva de cursar Arquitetura ou Engenharia Civil na faculdade, e eles acreditaram que os conteúdos de Física estudados dariam subsídios a sua formação a nível futuro.

A Questão 8 buscava saber dos alunos se eles reconheciam qualquer mudança ocorrida em algum subsunçor que ele traziam, após o estudo da UEPS. Perguntou-se:

8) *Você notou mudança em algum conhecimento que você já possuía acerca de algum tema? Se possível explique e exemplifique.*

A Figura 73 traz algumas considerações dadas pelos alunos para essa pergunta.

Figura 73 - Resposta de alguns alunos à Questão 8 do questionário final

Você notou mudança em algum conhecimento que você já possuía acerca de algum tema? Se possível explique e exemplifique.

Sim. Sobre o uso da tensão.

De forma cômica, aprendi que garrafa d'água não faz com a conta de luz venha barata . Haahahahahaha

Sim, alguns mitos que foram esclarecidos e algumas dúvidas e curiosidades que foram melhor explicadas

Nao

Consegui entender melhor alguns conceitos que já haviam me passado mas que não havia entendido

Não pois eu nunca tinha parado para pensar sobre nada que envolvia a matéria antes.

Não tinha conhecimento ainda nesse tema

No início eu nem sabia o que era a resistência de um chuveiro. Agora sei bem mais do que imaginava que saberia.

Não sei..

Sim. Exemplo o carregador sem o celular gasta energia, ainda que seja pouca.

Fonte: O autor (2017).

Parte dos alunos responderam negativamente, alguns afirmando que não tinham qualquer conhecimento acerca do tema. Acredita-se que esses alunos não levaram os conhecimentos cotidianos para responderem desse modo. Já, outra parte da turma afirmou que percebeu mudança, exemplificando em algumas respostas. Na segunda resposta da lista apresentada na Figura 73, o aluno faz relação a uma assertiva do jogo *Mitos e Verdades na Eletricidade* em que ele acreditava ser verdade, uma garrafa PET em cima do relógio medidor de energia elétrica gerar uma economia da mesma.

A Questão 9 investigava em uma escala quais temas os alunos mais compreenderam e mais apresentaram dificuldade.

9) Em uma escala de 1 a 5, onde 1 quer dizer muita dificuldade e 5, muita facilidade, dentre os assuntos abordados nas aulas, classifique de acordo com o que você sentiu ao estudar e compreender cada item abaixo.

Foram listados na Tabela 12, os conceitos e classificação do grau de facilidade/dificuldade dada pelos alunos, em porcentagem.

Tabela 12 - Grau dado pelos alunos aos assuntos da UEPS

	MD	D	R	F	MF
Conceito de corrente elétrica	-	5,9%	23,5%	29,4%	41,2%
Cálculo da intensidade da corrente elétrica	-	5,9%	29,4%	41,2%	23,5%
Efeitos da corrente elétrica	-	5,9%	17,6%	29,4%	47,1%
Tipos de corrente elétrica (CC e CA)	-	17,6%	11,8%	29,4%	41,2%
Conceito de tensão elétrica	-	5,9%	29,4%	17,6%	47,1%
Conceito de resistência elétrica	5,9%	5,9%	11,8%	41,2%	35,3%
Primeira Lei de Ohm	5,9%	-	29,4%	35,3%	29,4%
Segunda Lei de Ohm	5,9%	-	35,3%	52,9%	5,9%
Gráficos	-	-	17,6%	41,2%	41,2%
Resolução de circuitos elétricos	11,8%	5,9%	11,8%	52,9%	17,6%
Potência elétrica	-	5,9%	11,8%	70,6%	11,8%
Energia elétrica	-	-	17,6%	58,8%	23,5%
Brilho de lâmpadas	-	5,9%	-	58,8%	35,3%

Legenda: MD = Muito Difícil; D = Difícil; R = Razoável; F = Fácil; MF = Muito Fácil.

Fonte: O autor (2017).

Muitos alunos afirmaram ter facilidade ou muita facilidade na maioria dos assuntos trabalhados após a aplicação da UEPS. Os conceitos que uma pequena parte dos alunos afirmou ter muita dificuldade, mesmo após o estudo da UEPS foram: o conceito de resistência elétrica; as Leis de Ohm; e em uma maior escala, a resolução de problemas com circuitos elétricos mistos.

Solicitou-se nas próximas questões sugestões, críticas e comentários acerca das atividades e também sobre o professor.

10) O que poderia melhorar nas atividades desenvolvidas? Deixe alguma sugestão ou comentário sobre as aulas de Eletrodinâmica.

Figura 74 - Resposta de alguns alunos à Questão 10 do questionário final

O que poderia melhorar nas atividades desenvolvidas? Deixe alguma sugestão ou comentário sobre as aulas de Eletrodinâmica.
As atividades foram bem feitas, bem elaboradas, e fazia com que tivéssemos uma grande participação. A sugestão é: Não deixa de fazer todo processo dinâmico.
Poderia ter mais dinâmicas, mais aulas laboratoriais e jogos pois acho que isso facilita a aprendizagem
As aulas em si foram muito boas
Acho que as dinâmicas ajudam muito o entendimento
Um trabalho para apresentar, isso poderia aumentar nosso conhecimento sobre o assunto.
Como já disse anteriormente, foram aulas que despertaram o interesse dos alunos, aulas que trazem uma didática diferente das que estamos acostumados. Sinceramente não consigo encontrar algo que poderia ter sido melhor.
Uma boa proposta seria um maior número de aulas práticas, se possível, em laboratórios.
Pra mim, todas foram ótimas e dinâmicas.
Não mudaria nada
Não consigo pensar em nada pois adorei as aulas.

Fonte: O autor (2017).

Muitos alunos não deixaram qualquer sugestão, elogiando e avaliando positivamente toda a UEPS. Destaca-se a fala de um aluno que sugere apresentação de trabalho por parte dos alunos ao longo da UEPS.

No mais, alguns sugeriram ter mais atividades dinâmicas, como jogos, mais atividades no laboratório, etc. Acredita-se que em meio a aulas expositivas, que os alunos já vivenciam diariamente, as atividades diferenciadas com recursos audiovisuais e com um caráter lúdico se tornam mais atrativas à aprendizagem, e podendo gerar a pré-disposição em aprender que Ausubel propõe em sua Teoria da Aprendizagem Significativa. Sendo assim, acredita-se também que as estratégias utilizadas apresentam-se como um material potencialmente significativo.

Por fim, como forma de uma avaliação mais pessoal, pediu-se aos alunos comentários e críticas para o professor. Fica facultativa esta pergunta, mas acredita-se que um *feedback* e críticas construtivas são necessárias e aceitas, na tentativa de melhorar o ensino e conseqüentemente o cenário atual da educação.

11) Deixe um comentário sobre o professor, dicas, críticas, sugestões, etc.

A Figura 75 traz os comentários deixados nessa última questão do questionário de avaliação da UEPS.

Figura 75 - Resposta de alguns alunos à Questão 10 do questionário final

Deixe um comentário sobre o professor, dicas, críticas, sugestões, etc.
O professor utilizou uma didática muito boa para explicar cada tema, isso tornava as aulas divertidas e bem proveitosas.
Ótimo professor nota 10
Eu acredito que o professor foi muito bem. Ele teve paciência com a turma e explicou e reexplicou a matéria tantas vezes quanto necessárias. Interagiu e trouxe experiências para fazer conosco o que é essencial. Pena que essa não é a realidade de todos os professores.
Ótimo professor
Professor Nicolas, tem somente elogios de toda turma. Como disse, possui uma sensibilidade educacional incrível, ao ponto de perceber dificuldades do aluno, da turma em si, tendo total paciência para idas e voltas nas suas explicações. Sugestão: passe para o iff logooo, para ser professor fixoooo! Dica: aposte nas dinâmicas, e seja sempre atencioso com as suas turmas. (coisa que já faz)
Gosto muito das aulas dele, pois a forma como ele esmiúça a matéria me faz entender melhor o conteúdo
O professor é muito bom, passou a matéria de uma forma bem criativa
Consegui absorver tudo que o professor nos passou, ele tem sempre muita paciência e boa vontade na hora de explicar. Além das dinâmicas que ele trouxe que ajudaram bastante.

Fonte: O autor (2017).

Com base nas atividades aplicadas, na análise dos dados, e nas respostas deixadas no questionário, pode-se admitir que a UEPS foi considerada exitosa. Ainda que os resultados de algumas atividades como, por exemplo, os mapas conceituais, não foram satisfatórios, a sequência didática como um todo atendeu à expectativa tanto dos alunos quanto do professor. As falhas obtidas podem ser repensadas e algumas etapas reestruturadas na tentativa de se alcançar melhores resultados em outras possíveis aplicações.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na perspectiva proposta pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) criado pela Sociedade Brasileira de Física (2015, p. 1), tendo como um de seus objetivos “a melhoria da qualificação profissional de professores de Física em exercício na Educação Básica, visando tanto ao desempenho do professor no exercício de sua profissão como ao desenvolvimento de técnicas e produtos para a aprendizagem de Física”, esta pesquisa idealiza novas abordagens para o ensino da Física. Surge na tentativa de minimizar problemas e despertar o interesse dos alunos e também de mudar a visão distorcida que os mesmos possuem acerca da Física (MOREIRA, 2011, p. 2).

Destaca-se o ensino da temática Eletrodinâmica por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), com ênfase na aproximação de conteúdos ao dia a dia dos alunos, fazendo o uso da contextualização dos mesmos. Defende-se a ideia de que sequências didáticas com atividades diferenciadas e facilitadoras da aprendizagem como experimentos, simulações computacionais, mapas conceituais, uso da história da ciência, etc., podem ser alternativas para a construção do conhecimento acerca do tema.

Entendendo que as situações-problema do dia a dia podem ser criadas e trabalhadas pelo uso de estudos de casos (QUEIROZ *et al.*, 2007, p. 731), os quais dão sentido a novos conhecimentos e despertam o aluno para a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011, p. 44), integram a unidade elaborada.

Nesse contexto, o presente trabalho apresentou uma proposta diferenciada para a aprendizagem com a utilização de UEPS, sequências didáticas baseadas na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que resultou em um produto educacional.

Com o objetivo de investigar as potencialidades da UEPS para facilitar a aprendizagem de Eletrodinâmica, a UEPS foi previamente apresentada e aplicada de forma adaptada a professores da Rede Municipal durante um minicurso e finalmente, em uma turma de EM do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense em Campos dos Goytacazes/RJ. Cujas atividades foram elaboradas com foco no compartilhamento de significados, proposto na relação triádica aluno-professor-material educativo da Teoria de Gowin, e nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.

O material produzido foi avaliado por meio de questionário aplicado aos alunos da turma no qual o mesmo foi aplicado, que consideraram a abordagem dos tópicos dinâmica, atrativa e motivadora.

Além disso, as atividades que foram desenvolvidas no contexto da UEPS desempenharam certa motivação do aluno em aprender de maneira satisfatória. Os comentários deixados pelos alunos, o interesse demonstrado pela maioria deles e o empenho na realização das atividades, são justificativas plausíveis para o fato em questão. Acredita-se que se reflete também no prazer do professor em ensinar, por superar as expectativas do pesquisador no âmbito da aplicação.

Diante desses fatos, o material pode ser considerado potencialmente significativo, por demonstrar fortes indícios de boa receptividade dos alunos promovendo uma predisposição para aprender os conteúdos, condição que favorece a aprendizagem significativa, segundo Ausubel.

Sendo assim, espera-se que o material possa ser reproduzido, reaplicado, se necessário adaptado e que sirva de exemplo para o desenvolvimento de outras UEPS, enriquecendo assim, o banco de materiais potencialmente significativos no Ensino de Física e no Ensino de Ciências.

Por fim, pode-se dizer que os resultados são encorajadores e reforçam a hipótese de que a utilização de UEPS no estudo da Eletrodinâmica em nível médio facilita o ensino do professor, bem como contribui para que o aluno sinta-se parte integrante do processo de aquisição do conhecimento, pois a diversidade de estratégias contribui para que a busca pelo conhecimento seja mais atrativa para o aluno.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. C. P. de; SOUZA, R. de; URENDA, P. A. V. Mapas conceituais: avaliando a compreensão dos alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 4., 2004, Bauru. *Atas...* Bauru: UNESP, 2004.
- BARROS, P. M. *Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre conceitos de Eletrodinâmica*. 2015. 141f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- BESSA, V. H. *Teorias da Aprendizagem*. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2008.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais*. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias*. V. 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *PCN+: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Física. Brasília: MEC/SEF, 2007.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*. 2. ed. Brasília: MEC/SEB, 2016.
- CALDAS, R. L. *A utilização de mapas conceituais no estudo de física no ensino médio: uma proposta de implementação*. 2006. 188f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Universidade de Brasília, 2006.
- FERREIRA, F. C. et al. Diagnóstico de dificuldades conceituais em física apresentadas por acadêmicos ingressantes em cursos da UFGD. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. *Atas...* Florianópolis, UFSC, 2009.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GLEISER, M. Por que ensinar Física?. *Revista Física na Escola*, São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2000. ISSN 1983-6430. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo1.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2016.
- GOBARA, S. T.; GARCIA, J. R. B. As licenciaturas em física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo: SciELO, v. 29, n. 4, p. 519-525, 2007. ISSN 1806-9126. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n4/a09v29n4>>. Acesso em: 15 maio. 2018.
- GOOGLE. Visão geral do Google Sites. Disponível em: https://support.google.com/a/answer/90915?hl=ptBR&ref_topic=25684 Acesso em: 30 out. 2015.

GRAVINA, M. H.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas Concepções Alternativas de Estudantes Relacionadas com Eletricidade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo: SciELO, v. 16, n. 1-4, 1994. ISSN 1806-9126. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Além da detecção de Modelos Mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre: UFRGS, v. 7, n. 1, p. 31-53, 2002. ISSN 1518-8795. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/568/360>>. Acesso em: 03 set. 2016.

GRIFFITHS, D. J. *Eletrodinâmica*. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física, volume 1: mecânica*. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo*. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

HERNANDES, J. S.; MARTINS, M. I. Categorização de questões de Física do Novo ENEM. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis: UFSC, v. 30, n. 1, p. 58-83, abr. 2013. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n1p58>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

HERREID, C. F. What Makes a Good Case? Some Basic Rules of Good Storytelling Help Teachers Generate Student Excitement in the Classroom. *Journal of College Science Teaching*, Arlington-VA: National Science Teachers Association v. 27, n. 3, p. 163-165, 1998. Disponível em: <<http://www.ecsb.org/wp-content/uploads/2016/09/What-Makes-a-Good-Case.pdf>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2017.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

LOURENÇO, S. R.; SILVA, T. A. F.; SILVA FILHO, S. C. Um estudo sobre os efeitos da eletricidade no corpo humano sob a égide da saúde e segurança do trabalho. São Paulo: *Exacta*, v. 5, n. 1, p. 135-143, jan-jun. 2007. ISSN 1678-5428. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81050114>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

MACÊDO, J. A. *Simulações Computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo: elaboração de um roteiro de atividades para professores do Ensino Médio*. 2009. 134f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo: SciELO, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002. ISSN 1806-9126. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n2/a02v24n2.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

MOREIRA, M. A. Mapas conceptuales y aprendizaje significativo de las ciencias. *Revista Chilena de Educación Científica*, Santiago: Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005. ISSN 0717-9618. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1993988>>. Acesso em: 03 out. 2016.

_____. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica. In: Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 5., 2006, Madrid. *Anais...* Madrid: EIAS, 2006.

_____. Organizadores previos y aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Educación Científica*, Santiago: Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008. ISSN 0717-9618. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2932482>>. Acesso em: 07 out. 2016.

_____. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, Porto Alegre: UFRGS, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011. ISSN 2238-3905. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2016.

_____. ¿Al final, qué és aprendizaje significativo? *Revista Currículum*. San Cristóbal de La Laguna: Universidad de la Laguna, n. 25, p. 29-56, 2012. ISSN 1130-5371. Disponível em: <<http://publica.webs.ull.es/upload/REV%20CURRICULUM/25%20-%202012/02.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

_____. e MASINI, E.A.F.S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro Editora. 2. ed., 2006.

_____.; ROSA, P. R. S. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos. *Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências*. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre: UFRGS, v. 3, n. 1, p. 7-19, 1998. ISSN 1518-8795. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/622/411>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

MOTA, N. S.; MARTINS, R. L. C.; SIQUEIRA, A. B. O.; AZEREDO, E. C. Jogos didáticos e monitorias: relatos de contribuições do PIBID/FÍSICA em escola pública de Campos dos Goytacazes. In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 4., 2014. *Anais...* Ponta Grossa: UTFPR, 2014.

NUNES, Camila da Silva. *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de estatística na educação básica*. 2015. 128f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Canoas, 2015.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. *Aprender y enseñar ciencia*. 3 ed. Madrid: Morata, 2001.

PRADELLA, M. *Estudo de conceitos da Termodinâmica no Ensino Médio por meio de UEPS*. 2014. 121f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A. Estudos de caso em Química. *Revista Química Nova*, São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 30. n. 3. p. 731-739, 2007. ISSN 0100-7064. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No3_731_38-ED06200.pdf>. Acesso em: 03 set. 2016.

_____.; CABRAL, P. F. O. *Estudos de Caso no Ensino de Ciências Naturais*. São Carlos, SP: Art Point Gráfica e Editora, 2016.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Educação (SEEDUC). *Currículo Mínimo*. Física. 2012.

SAMRSLA, V. E. E.; EICHER, M. L.; PINO, J. C. del. A elaboração conceitual em realidade escolar da noção de vazio no modelo corpuscular da matéria. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá: Instituto de Física da UFMT, v. 2, n. 1, p. 27-54, mar. 2007. ISSN 1982-2413. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID30/pdf/2007_2_1_30.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

SCHITTLER, D.; MOREIRA, M. A. Laser de rubi: uma abordagem baseada em unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS). *Latin-American Journal of Physics Education*, Cidade do México: LAPEN, v. 8, n. 2, p. 263-273, 2014. ISSN 1870-9095. Disponível em: <http://www.lajpe.org/jun14/05_LAJPE_882_Daniela_Schittler.pdf>. Acesso em: 23 de setembro de 2016.

SINNECKER, J. P.; TORT, A. C.; RAPP, R. *Física 3B*. V. 1. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. *Regimento Geral do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF*. 2015. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/~mnpef/images/Regimento_MNPEF_16_12_2015_.pdf>. Acesso em: 25 de agosto de 2016.

SOUZA, N. A. de.; BORUCHOVITCH, E. Mapa conceitual: seu potencial como instrumento avaliativo. *Pro-posições*. Campinas: SciELO, v. 21, n. 3, p. 173-192, set./dez. 2010. ISSN 1980-6248. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pp/v21n3/v21n3a11.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2016.

STERNBERG, R. J. *Psicologia Cognitiva*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. *Ciências e Cognição*. Rio de Janeiro: Ciências & Cognição, v. 12, p. 72-85, 2007. ISSN 1806-5821. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

APÊNDICE - Produto Educacional**UNIDADES DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS
PARA ENSINAR
ELETRICIDADE
NO ENSINO MÉDIO**

Material do professor

Nicolas da Silva Mota
2017

APRESENTAÇÃO

Caro professor,

Esta material aborda conteúdos pertinentes à Eletrodinâmica voltados para o Ensino Médio e foi desenvolvido na perspectiva de Moreira (2011) sob a forma de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Pode-se dizer que uma UEPS tem um diferencial por ser uma sequência didática com fundamentação teórica com focada na aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1980). Sendo assim, o conhecimento prévio é a variável que mais influencia o processo de aprendizagem.

As UEPS tem como pressuposto filosófico que só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos.

A Sequência Didática aqui apresentada é parte integrante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF), onde fui aluno no Polo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IF Fluminense). Foi realizada uma intervenção didática em sala de aula, e aplicada uma das UEPS tendo como objetivo central verificar a relevância da nova proposta como facilitadora da aprendizagem da Eletricidade.

Dúvidas, sugestões e críticas serão aceitas e bem-vindas.

Nícolas da Silva Mota
nicolasmota.fisica@gmail.com

SUMÁRIO

Introdução

<i>Alguns conceitos fundamentais das UEPS</i>	04
Proposta de UEPS para ensinar Eletrodinâmica	07
<i>Situação inicial</i>	09
<i>Criando situações-problema</i>	10
<i>Aprofundando conhecimentos</i>	14
<i>Experimentos</i>	21
<i>Diferenciação progressiva</i>	23
<i>Novas situações-problema</i>	31
<i>Reconciliação integrativa</i>	41
<i>Avaliação individual</i>	42
<i>Encontro final integrador</i>	43
<i>Avaliação de aceitação da UEPS</i>	45
<i>Material do aluno</i>	48
<i>Referências</i>	56

Introdução

Alguns conceitos fundamentais das UEPS (MOREIRA, 2011¹)

Aprendizagem mecânica: é a memorização, sem significado, de informações a serem reproduzidas em curto prazo; aprender mecanicamente é simplesmente decorar. Do ponto de vista cognitivo, as informações são internalizadas praticamente sem interação com conhecimentos prévios. No cotidiano escolar, é a “decoreba”.

Aprendizagem significativa: aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento adquirido a novas situações; resulta da interação cognitiva não-arbitrária e não-literal entre conhecimentos prévios e novos conhecimentos; depende fundamentalmente de conhecimentos prévios que permitam ao aprendiz captar significados (em uma perspectiva interacionista, dialética, progressiva) dos novos conhecimentos e, também, de sua intencionalidade para essa captação.

Atividade colaborativa: resolução de tarefas (problemas, mapas conceituais, construção de um modelo, realização de uma experiência de laboratório, etc.) em pequenos grupos (dois a quatro participantes), com participação de todos integrantes e apresentação, ao grande grupo, do resultado, do produto, obtido; esse resultado deve ser alcançado como um consenso do pequeno grupo a ser apreciado criticamente pelo grande grupo.

Avaliação formativa: é aquela que avalia o progresso do aluno ao longo de uma fase de sua aprendizagem; a que contribui para a regulação da aprendizagem, em andamento, no progressivo domínio de um campo conceitual; é uma avaliação contínua e ocupada com os significados apresentados e em processo de captação pelo aluno.

Avaliação somativa: é aquela que busca avaliar o alcance de determinados objetivos de aprendizagem ao final de uma fase de aprendizagem; é usualmente baseada em provas de final de unidade, em exames finais.

¹ Extraído de: MOREIRA, 2011.

Conhecimento declarativo: é o conhecimento que pode ser verbalizado, declarado de alguma maneira, refere-se ao conhecimento sobre objetos e eventos; é representado mentalmente por proposições e imagens mentais.

Conhecimento prévio: conceitos subsunçores, representações, esquemas, modelos, construtos pessoais, concepções alternativas, invariantes operatórios, enfim, cognições já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Conhecimento procedimental: é aquele que consiste de habilidades cognitivas envolvidas no saber fazer algo; é o conhecimento sobre como executar ações; estaria representado mentalmente por meio de produções, ou seja, regras sobre condições e ações.

Diferenciação progressiva: como princípio programático da matéria de ensino, significa que ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início do ensino e, progressivamente, diferenciados, ao longo do processo, em termos de detalhes e especificidades. Do ponto de vista cognitivo, é o que ocorre com determinado subsunçor à medida que serve de ancoradouro para novos conhecimentos em um processo interativo e dialético.

Material potencialmente significativo: o significado está nas pessoas, não nas coisas. Então, não há, por exemplo, livro significativo ou aula significativa; no entanto, livros, aulas, materiais instrucionais de um modo geral, podem ser potencialmente significativos e para isso devem ter significado lógico (ter estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada, enfim, serem aprendíveis) e os sujeitos devem ter conhecimentos prévios adequados para dar significado aos conhecimentos veiculados por esses materiais.

Organizador prévio: material instrucional introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, em si, em nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade; segundo Ausubel (1968, 2000), sua principal função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber a fim de que o novo conhecimento pudesse ser aprendido significativamente. Na prática, organizadores prévios funcionam melhor quando explicitam a *relacionabilidade* entre novos conhecimentos e aqueles existentes na estrutura cognitiva do

aprendiz. Muitas vezes o aprendiz tem o conhecimento prévio mas não percebe que está relacionado com aquele que lhe está sendo apresentado.

Reconciliação integrativa: do ponto de vista instrucional, é um princípio programático da matéria de ensino segundo o qual o ensino deve explorar relações entre ideias, conceitos, proposições e apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes. Em termos cognitivos, no curso de novas aprendizagens, conhecimentos já estabelecidos na estrutura cognitiva podem ser reconhecidos como relacionados, reorganizarem-se e adquirir novos significados. Esta recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva é a reconciliação integrativa na óptica da organização cognitiva.

Recursividade: é a possibilidade de refazer as tarefas de aprendizagem; é o aproveitamento do erro como recurso de aprendizagem. Modelos mentais, por exemplo, são recursivos. Frente a uma situação nova, o sujeito constrói um modelo mental de trabalho para dar conta dessa situação. Se o modelo não funciona, ele ou ela o vai modificando recursivamente até que lhe satisfaça. Mapas conceituais, por exemplo, podem ser feitos recursivamente: o estudante faz seu primeiro mapa e o apresenta ao docente ou aos colegas. Em função de comentários, sugestões, críticas, o mapa pode ser refeito e reapresentado e, assim, sucessivamente.

Situação-problema: significa tarefa, não necessariamente problema de fim de capítulo; pode ser a explicação de um fenômeno, de uma aparente contradição, a construção de um diagrama, as possibilidades são muitas, mas, independente de qual for a tarefa, é essencial que o aprendiz a perceba como um problema. Por exemplo, não adianta propor um “problema” que o aluno perceba apenas como um exercício de aplicação de fórmula. Situações-problema e conceitualização guardam entre si uma relação dialética: são as situações que dão sentido aos conceitos, mas à medida que o sujeito vai construindo conceitos, mais capaz ele fica de dar conta de novas situações, cada vez mais complexas. No ensino, as situações devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade, mas é importante certo domínio de um determinado nível de complexidade antes de passar ao próximo. Em tudo isso está implícito o conceito de campo conceitual proposto por Vergnaud (1990) como um campo de situações-problema, cujo domínio é progressivo, lento, com rupturas e continuidades.

Proposta de UEPS para ensinar Eletrodinâmica

Objetivos

- Reconhecer a corrente elétrica como o movimento ordenado de elétrons;
- Diferenciar corrente elétrica contínua de corrente elétrica alternada;
- Reconhecer os efeitos da corrente elétrica;
- Reconhecer a resistência elétrica como elemento inerente a todo e qualquer circuito elétrico;
- Representar resistores elétricos em circuitos elétricos;
- Relacionar resistência e resistividade elétrica;
- Identificar fatores de risco que podem causar choques elétricos;
- Reconhecer os efeitos de um choque elétrico no corpo humano e os fatores que aumentam e diminuem esses efeitos;
- Reconhecer o efeito Joule no cotidiano e a explicação do fenômeno;
- Calcular o consumo elétrico com base na potência elétrica e estimar o custo associado.

Sequência (Resumo)

1. Situação inicial: os alunos serão incentivados a elaborarem um **mapa mental** sobre a Eletrodinâmica. No mapa mental o sujeito tem total liberdade para fazer associações entre seus conhecimentos, suas representações, suas cognições, a partir de uma palavra-chave ou uma imagem central. Assim, os alunos ficarão à vontade para fazer relações da Eletrodinâmica com outros ramos da Física e/ou com o seu cotidiano, suas representações sociais. Os mapas mentais deverão ser entregues ao professor.

2. Situações-problema iniciais: leitura e discussão do estudo de caso “Um dia de altas tensões”. Esta atividade funciona como um organizador prévio e tem por objetivo à aproximação da Física ao cotidiano dos alunos. Após a leitura do caso, em grupo deverão discutir e responder as seguintes questões:

- Ao cortar o terceiro pino da tomada da TV, a mesma funcionará? Você concorda com Júlia que esse pino não possui utilidade? Em caso negativo, por que os fabricantes de produtos elétricos passaram a fabricar produtos com tomadas com três pinos?
- Ao ligar a TV e o carregador do celular em uma tomada de 220 V, há algum risco? Que danos podem ocorrer com cada aparelho?
- Ao ligar o chuveiro, Júlia levou choque e sua mãe não. Você poderia dar uma explicação provável para isso?

- d) Que efeitos biológicos um choque elétrico pode causar?
- e) Ao mudar a chave de um chuveiro, da posição verão para inverno, por exemplo, o que acontece internamente para a água sair mais aquecida?
- f) O que é a resistência de um chuveiro? Pra que ela serve?
- g) Você concorda com a afirmação de Júlia “220 é muita energia e queima o aparelho”? Justifique.

3. *Aprofundando conhecimentos:* serão trabalhados os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial, resistência, potência e energia elétrica, juntamente com toda parte algébrica dos mesmos. Para esta etapa devem ser levadas em consideração a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora em todos os momentos. Além disso, a recursividade deve existir. Experimentos de baixo custo podem ser utilizados para uma melhor visualização e compreensão de determinados fenômenos.

4. *Diferenciação progressiva:* será aplicada nesta etapa a atividade ‘Dimensionando circuitos’ com a utilização de computadores. A atividade apresenta progressividade em sua sequência e possibilita a recursividade, uma vez que o software auxilia aos alunos na resolução dos problemas propostos.

5. *Novas situações:* será utilizado o jogo ‘Mito ou verdade?’, este consiste de afirmativas acerca de situações cotidianas

6. *Reconciliação integrativa:* Retorno ao estudo de caso.

7. *Avaliação somativa individual:* esta atividade, que ocupará uma aula, deverá ter sido já anunciada para os alunos; não deverá ser de surpresa. Propor questões na forma de simulado voltado para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

8. *Encontro final integrador:* Construção de mapas conceituais

9. *Avaliação da própria UEPS:* sugere-se ser realizada em função das evidências de aprendizagem obtidas. Reformular algumas atividades, se necessário.

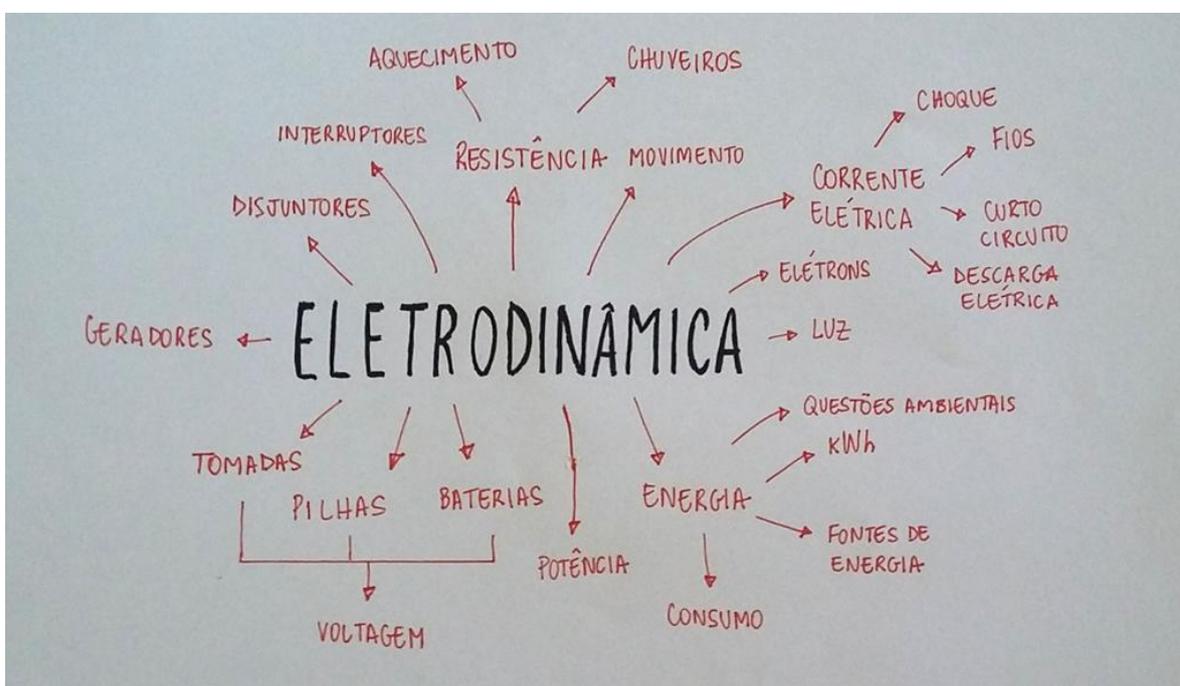
Total de horas-aula: 20 a 24

1. Situação inicial (2 aulas): Mapa Mental

Mapa mental, também conhecido como mapa livre, pelo fato de não existir uma estrutura a ser seguida. “É uma função natural da mente humana – é o pensamento ‘irradiado’ livremente a partir de uma imagem central, ou de uma palavra-chave, como se fossem ramificações” (MOREIRA, 2011, p. 10).

Neles, há uma ideia central e a organização é feita de forma a encadear o pensamento. Não é necessário uma hierarquização. Na Figura 1, disposta a seguir, tem-se um exemplo de um mapa mental.

Figura 1 - Exemplo de mapa mental



Fonte: O autor (2017).

O mapa mental pode servir de instrumento de avaliação, pois neles é possível identificar a percepção individual ou até mesmo de um grupo acerca de um dado conhecimento. Em outras palavras, em um mapa é possível identificar a visibilidade dos processos cognitivos empreendidos pelo aprendiz para a assimilação dos conceitos formando um simples instrumento que pode possibilitar ao professor o reconhecimento de ‘onde está o aluno’ (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993, p. 58 *apud* SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010, p. 188).

Instruções de aplicação

Nesta atividade, os alunos, divididos em grupos de três a quatro alunos, receberão uma cartolina e alguns conceitos acerca do tema. O objetivo é cada grupo relacionar esses conceitos, sem consulta de qualquer material, de forma livre por meio de um mapa mental.

Ao final, o professor deve solicitar a troca dos mapas entre os grupos e que elejam um membro de cada grupo para explicar o mapa de forma breve para toda a turma. O objetivo é identificar que o conhecimento é organizado de maneira diferente em mentes distintas. Além disso, mostrar que os mapas não são autoexplicativos.

Cabe ressaltar que nessa etapa final, é importante que o professor tome nota, ou grave as explicações dadas por cada grupo, para facilitar a interpretação dos mapas futuramente e também para captar os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema.

O professor deve realizar uma análise minuciosa dos mapas para extrair os conhecimentos prévios dos alunos e as possíveis dificuldades. Fazer ajustes se necessários na explanação do conteúdo e aplicação das demais atividades para que estes vão ao encontro dos conhecimentos prévios almejando uma possível aprendizagem significativa.

2. Situações-problema (1 aula): o Estudo de Caso

Neste encontro, será apresentado o estudo de caso ‘Um dia de altas tensões’, disposto a seguir. Estudos de Caso, em poucas palavras, consistem em narrativas sobre dilemas vivenciados por pessoas que necessitam tomar decisões a respeito de determinados assuntos.

É uma ferramenta muito interessante quando se trata de aprendizagem por problematização. Em uma UEPS, é aconselhável criar situações-problema nos momentos iniciais da aplicação.

Esta atividade funciona como um pseudo-organizador prévio, isto é, um material instrutivo e introdutório que deve ser apresentado antes do conteúdo propriamente dito. Seu principal objetivo é o de “servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber a fim de que o novo conhecimento pudesse ser aprendido significativamente”. (AUSUBEL, 1968 *apud* MOREIRA, 2011, p. 10).

O Caso relata a história de uma família que se muda para uma nova casa e se depara com uma série de problemas relacionados de forma direta ou indireta com a Eletrodinâmica. Sua principal função é levar à aproximação da Física ao cotidiano dos alunos.

O Caso:

Um dia de altas tensões

No feriado da semana passada, Júlia e sua família se mudaram para Campos, chegando na cidade numa noite fria. Em seu primeiro dia na nova casa uma série de problemas aconteceu. A começar pela instalação dos eletrodomésticos. Ao tentar ligar a TV na tomada, Marta, mãe de Júlia, constatou que a tomada de sua TV possuía três pinos e a entrada da tomada apenas dois.

– *E agora, mãe, como vamos assistir a final do jogo do Flamengo?* Questionou Jonas, irmão de Júlia.

– *Jonas, na nossa antiga casa não tínhamos esse problema, e não temos nenhum adaptador, vamos ter que providenciar isso amanhã, pois é feriado e acredito que não encontraremos nenhum lugar aberto na cidade para comprar.*

– *Mãe, é fácil resolver isso! Basta cortar o pino do meio com algum alicate ou serra, esse pino é inútil mesmo.* Disparou Júlia, confiante.

– *Mas Júlia, então pra quê os novos aparelhos vem com essa tomada? Não tem sentido fabricarem algo que não tenha utilidade.* Rebateu, Jonas.

– *Ah, isso é pura jogada de marketing! Só para venderem novas tomadas.* Disse Júlia.

– *De qualquer modo, não iremos fazer isso Júlia, pois se algo acontecer com a TV, podemos perder a garantia dela.* Respondeu sua mãe.

Indignada, Júlia contesta:

– *Aff! Vocês são muito teimosos! Vou pesquisar na net e mostrar que vocês estão errados.*

Ao pegar o celular para pesquisar, Júlia notou que o mesmo estava descarregado.

– *Mas que droga! Meu cel descarregou!* Diz Júlia furiosa.

Quando Júlia ia conectar o carregador na tomada, verificou um adesivo acima da tomada indicando “220 V”:

– *Gente, não acredito! Essa tomada é 220, ainda bem que a TV é de três pinos senão já teria dado ruim. O pior que não poderei nem carregar meu celular.*

– *Liga seu carregador, Júlia, é puro marketing! Você não acabou de dizer?* Diz Jonas em tom sarcástico.

– *É diferente Jonas! Uma coisa é o pino inútil das tomadas novas, outra coisa é ligar os aparelhos no 220, é muita energia e queima o aparelho!*

– *Vamos fazer o seguinte: vamos tomar banho e sair pra comer algo, assim conhecemos um pouco a cidade e vemos o jogo num restaurante ou barzinho.* (Marta)

– *Não temos muito tempo! Vou ser o primeiro, porque vocês demoram muito pra se arrumar.* Diz Jonas.

– *Não Jonas! Prometo não demorar.* Disse Júlia enquanto se dirigia ao banheiro.

Ao mudar a chave do chuveiro para a posição “inverno”, e observar que nada acontecia,

– *Ahhhhhh! Gente não é possível!!!!!!!!!!!!!! Hoje é nosso dia de azar, pelo amor de Deus!*

Grita Júlia do banheiro.

– *O que aconteceu Júlia?* Pergunta Dona Marta.

– *Levei um choque ao abrir o registro para ligar o chuveiro.*

Dona Marta se dirige até o banheiro para tentar ajudar e liga o chuveiro sem tomar choque:

– *Pronto, Júlia! Pra quê esse desespero, todo?*

Contudo, para surpresa da família...

– *Desisto! Tá um frio danado e não sai água quente desse chuveiro.* Reclama Júlia.

– *Ah, deve estar com a resistência queimada.* Afirma Jonas.

– *Além das tomadas de 220, tem mais essa, precisamos de um electricista pra ontem, mãe!* Diz Júlia em tom de irritação.

– *Filha, só poderemos resolver isso amanhã. Vou aquecer uma água e o jeito vai ser tomar banho de balde hoje.* Rebate Dona Marta calmamente.



Figura:

<http://teatrocrisao.net/sites/default/files/page/mf.jpg.pagespeed.ce.ZPLi2APJo5.jpg>

Instruções de aplicação

O professor fará a leitura do caso para a turma que deverá acompanhar a mesma. A leitura também pode ser realizada pelos alunos em voz alta, definindo personagens e narrador, para se tornar mais dinâmica.

Ao final, os alunos reunidos em grupos, deverão responder as questões-problema trazidas juntas ao caso, e que se encontram na Figura 2.

Figura 2 - Questões do Caso



Você como estudante de Física, como responderia as questões a seguir:

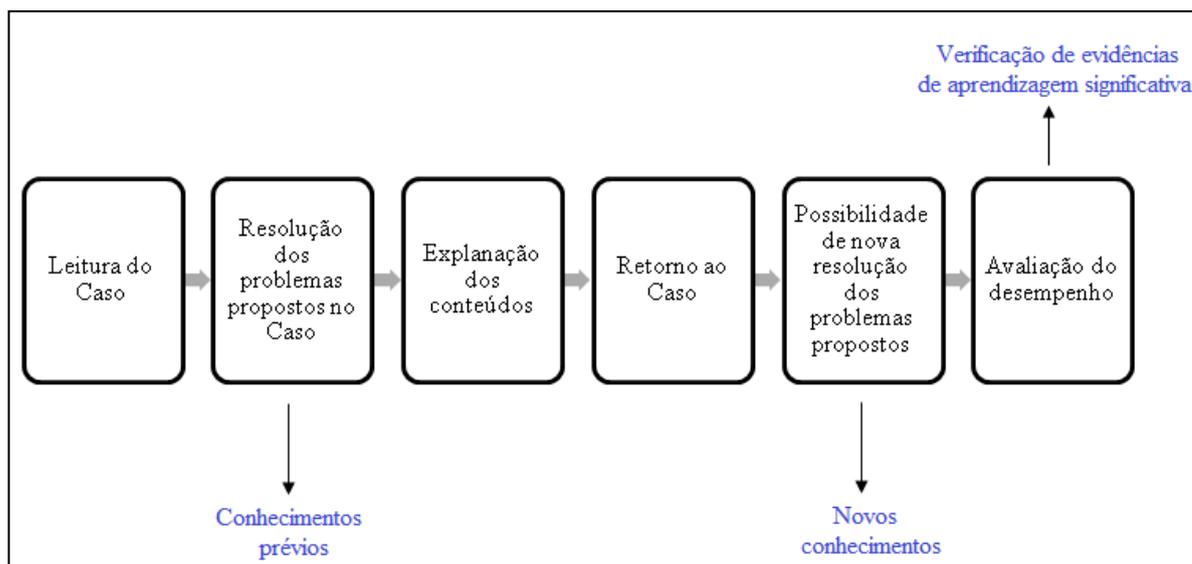
- 1) Ao cortar o terceiro pino da tomada da TV, a mesma funcionará? Você concorda com Júlia que esse pino não possui utilidade? Em caso negativo, por que os fabricantes de produtos elétricos passaram a fabricar produtos com tomadas com três pinos?
- 2) Ao ligar a TV e o carregador do celular em uma tomada de 220 V, há algum risco? Que danos podem ocorrer com cada aparelho?
- 3) Ao ligar o chuveiro Júlia levou choque e sua mãe não. Você poderia dar uma explicação provável para isso?
- 4) Que efeitos biológicos um choque elétrico pode causar?
- 5) Ao mudar a chave de um chuveiro, da posição verão para inverno, por exemplo, o que acontece internamente para a água sair mais aquecida?
- 6) O que é a resistência de um chuveiro? Pra que ela serve?
- 7) Você concorda com a afirmação de Júlia “220 é muita energia e queima o aparelho”? Justifique.

Fonte: O autor (2017).

As repostas devem ser coletadas ao final, e futuramente essas questões serão retomadas.

A avaliação desta atividade se dará futuramente, quando o Caso for retomado, após a explanação dos conteúdos, onde os alunos terão uma nova oportunidade de resolver as questões, como uma espécie de pré-teste e pós-teste. A Figura 3 esquematiza como o Caso será avaliado.

Figura 3 - Esquema de avaliação do Caso



Fonte: O autor (2017).

Observações: o professor é livre para elaborar outro caso, alterar nomes dos personagens e o local, contudo devem ser levadas em conta, dez regras definidas por HERREID (1998, p. 163) que afirma que para elaborar um bom caso é necessário que este obedeça as regras listadas na Figura 4.

Figura 4 - Dez regras para se elaborar um bom caso

1. Conte uma história;
2. Seja algo interessante;
3. Relate um fato dos últimos cinco anos, ou seja, seja atual;
4. Seja capaz de fazer o leitor criar empatias com os personagens centrais;
5. Inclua citações dos personagens;
6. Seja relevante ao leitor;
7. Possua utilidade pedagógica;
8. Seja capaz de provocar conflitos no leitor;
9. Possua generalizações;
10. Seja curto.

Fonte: O autor (2017).

3. Aprofundando conhecimentos: Aulas expositivo-dialogadas (6 aulas)

Nesta etapa, serão apresentados os conteúdos de forma expositivo-dialogada. A diante têm-se a teoria e atividades experimentais de baixo custo que poderão ser aplicadas ao longo das aulas. Estima-se em aproximadamente seis aulas o conteúdo possa ser trabalhado. Vale ressaltar que o mesmo será retomado em outras etapas e reapresentado, como propõe Moreira (2011).

Nas figuras das próximas páginas, tem-se a sequência de apresentação de *slides* utilizadas para conduzir o conteúdo, seguido de comentários relevantes na apresentação e que podem ser baixados através do link a seguir:

goo.gl/Lytq11

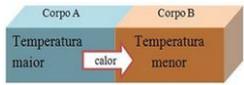
O que é fluxo?



KEEP CALM AND #SEGUE O FLUXO!

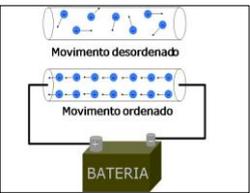
Fluxo em física

- O fluxo é a quantidade de uma grandeza que atravessa uma superfície por unidade de tempo.
- Exemplo: fluxo de calor.



Fluxo de carga

- Quando as extremidades de um condutor estão em diferentes potenciais elétricos, a carga flui de uma extremidade para outra.
- Corrente elétrica:

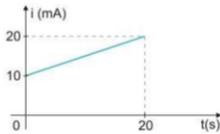
$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$


Exemplo 1

- Um fio condutor é percorrido por uma corrente elétrica constante, de modo que cada minuto passam $7,5 \times 10^{19}$ elétrons. Calcule a intensidade dessa corrente.

Exemplo 2

- A figura abaixo mostra a intensidade de corrente em função do tempo. Calcule a carga que passa entre os instantes $t = 0$ e $t = 20$ s.



Para que exista uma corrente elétrica é necessário que...

- 1) As cargas possam mover-se;
- 2) Existam materiais condutores pelos quais as cargas possam deslocar-se;
- 3) Existam geradores, dispositivos que, mantendo um equilíbrio das cargas e fornecendo energia necessária, possibilitam o movimento de tais cargas.

Efeitos da corrente elétrica



Efeito fisiológico

- Consiste na passagem da corrente elétrica por organismos vivos, podendo agir diretamente no sistema nervoso, muscular e cardíaco, provocando contrações musculares e danos que podem levar a morte.



Efeito fisiológico

INTENSIDADE	EFEITO	CAUSAS	
1 a 3 mA	Percepção	A passagem da corrente provoca formigamento. Não existe perigo.	
3 a 10 mA	Elettrização	A passagem da corrente provoca movimentos.	
10 mA	Tetanização	A passagem da corrente provoca contrações musculares, agarramento ou repulsão.	
25 mA	Parada Respiratória	A corrente atravessa o cérebro.	
25 a 30 mA	Asfixia	A corrente atravessa o tórax.	
60 a 75 mA	Fibrilação Ventricular	A corrente atravessa o coração.	

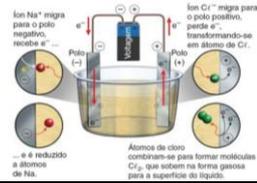
Efeito térmico

- Conhecido como efeito Joule, consiste nas colisões dos elétrons livres contra os átomos dos condutores. Ao receberem energia, os átomos vibram mais intensamente, quanto maior a vibração, maior a temperatura do condutor.



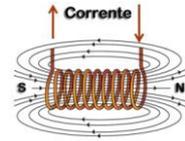
Efeito químico

- Ocorre em determinadas reações químicas quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas. Eletrólise é a reação de oxirredução provocada pela corrente elétrica



Efeito magnético

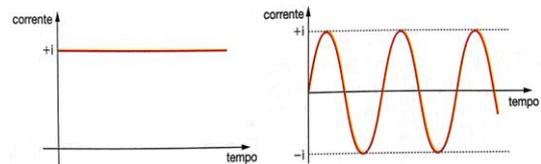
- Toda corrente elétrica gera um campo magnético ao seu redor. Uma aplicação deste efeito pode ser encontrada nos eletroímãs, dispositivos que utilizam a corrente elétrica para gerar um campo magnético semelhante àqueles encontrados nos ímãs naturais.



Tipos de corrente elétrica

- **Corrente contínua:** é um fluxo de cargas em um único sentido. Esse tipo de corrente é produzido, principalmente, por pilhas, baterias e células fotovoltaicas.
- **Corrente alternada:** é um fluxo oscilante de cargas que ora se movimenta em um sentido, ora em outro. A corrente alternada é fornecida pelas usinas geradoras de energia elétrica para as residências e as indústrias. No Brasil, essa alternância ocorre 60 vezes a cada segundo, originando uma corrente alternada de 60 Hz.

Tipos de corrente elétrica (gráficos)



Tensão elétrica (Diferença de potencial elétrico)

- Seu papel é fazer com que os elétrons se movimentem no circuito elétrico.
- É o que chamamos de voltagem no cotidiano.
- Sua unidade de medida é o volt (V).



110 ou 220?

Algumas instalações elétricas contam tomadas de 110 V, 127 V ou 220 V. Alguns aparelhos mais atuais são projetados para funcionar sob ambas as diferenças de potencial. Por exemplo: TVs, carregadores de celular e notebooks. Tais aparelhos contam com uma fonte que faz a transformação permitindo passar apenas a quantidade de corrente suportada pelo equipamento.

As tomadas

- Os dois pinos principais são para **transportar a corrente** através de um fio duplo, um dos quais está “vivo” (energizado) e o outro neutro, enquanto o terceiro pino (sempre cilíndrico) deve estar conectado ao sistema elétrico de **aterramento** – diretamente com o solo.

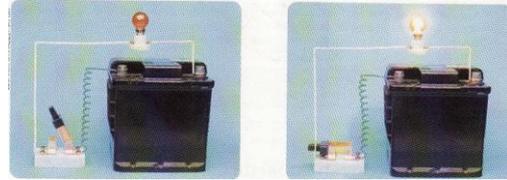


As tomadas

- O terceiro pino garante segurança.
- Em resumo, o pino do meio funciona como um escoamento dessas cargas. Sobretudo, para isso acontecer, é necessário ter um sistema de aterramento feito na residência, o que na maioria dos casos não se tem nas residências brasileiras.

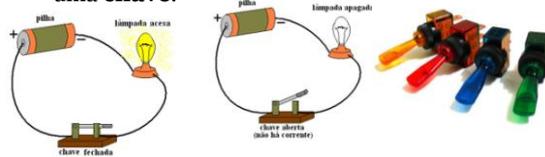
Circuitos elétricos

- Denominamos circuito elétrico ao conjunto de aparelhos com os quais se pode estabelecer uma corrente elétrica, como o das fotos abaixo.



Circuitos elétricos

- **Fechar** um circuito é efetuar a ligação que permite a passagem da corrente elétrica; **abrir** um circuito é interromper essa corrente. Tais operações se efetuam geralmente, por meio de uma **chave**.



Resistência elétrica

- É a capacidade de um **corpo se opor à passagem de corrente elétrica** mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada.
- Como o nome sugere, está relacionada ao ato de resistir.
- Seu cálculo é dado pela Primeira Lei de Ohm:

A primeira Lei de Ohm

- ohms-law_pt_BR.html



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

Unidade: Ohm (Ω)

$1 \Omega = 1 \text{ V/1 A}$

Exemplo 3

- Aplica-se uma ddp nos terminais de um resistor e mede-se a intensidade de corrente elétrica que o atravessa. Repete-se a operação para ddps diferentes e constrói-se o gráfico abaixo, obtendo a curva característica do resistor. Determine o valor da resistência elétrica desse resistor.

Resistores no dia a dia

- Onde encontramos?
- Todo aparelho elétrico que tem por função aquecer de alguma forma: torradeira, ferro elétrico, secador de cabelo, etc. é constituído por



Resistência ou Resistor?

Resistor é o aparelho utilizado para limitar a corrente em um circuito elétrico, já resistência é a medida do resistor. No cotidiano é comum ouvir o termo resistência se referindo a resistor. Por exemplo: "Queimou a resistência do chuveiro".

A segunda Lei de Ohm

- A resistência de um material depende de três características do condutor:
- do comprimento do condutor;
- da área do condutor;
- da natureza do material.
- [resistance-in-a-wire pt_BR.html](#)

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

ρ é a resistividade do material. Uma constante, e esta depende da temperatura.

Valores de algumas resistividades

Resistividade à temperatura ambiente

Material	Resistividade (Ωm)
Prata	$1,6 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$
Zinco	$6,0 \times 10^{-8}$
Níquel	$7,8 \times 10^{-8}$
Ferro	$1,0 \times 10^{-7}$
Chumbo	$2,2 \times 10^{-7}$

Exemplo 4

- Aplica-se a ddp de 100 V nas extremidades de um fio de 20 m de comprimento e seção circular de área 2 mm². Sabendo-se que a corrente elétrica que circula tem intensidade de 10 A, calcule a resistividade do material que constitui o fio em $\Omega\text{ m}$.

Exemplo 5

- A resistência elétrica apresentada pela pele à passagem da corrente está disposta na tabela a seguir. Determine a corrente que atravessa o corpo nas duas situações considerando o corpo submetido à tensão de 120 V e evidencie o dano causado.

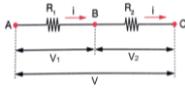
Exemplo 5

Estado da pele	Resistência
Pele seca	400 k Ω
Pele molhada	15 k Ω

INTENSIDADE	EFEITO	CAUSAS
1 a 3 mA	Percepção	A passagem da corrente provoca formigamento. Não existe perigo. 
3 a 10 mA	Eletriçãoção	A passagem da corrente provoca movimentos. 
10 mA	Tetaniação	A passagem da corrente provoca contrações musculares, apertamento ou repulsa. 
25 mA	Parada Respiratória	A corrente atravessa o cérebro. 
25 a 30 mA	Asfixia	A corrente atravessa o tórax. 
60 a 75 mA	Fibrilação Ventricular	A corrente atravessa o coração. 

Associação de resistores: série

- Todos elementos resistivos **são percorridos pela mesma corrente elétrica**. Por outro lado, **a tensão elétrica é dividida** entre os elementos resistivos.



$$V = V_1 + V_2$$

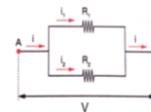
$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Para n resistores em série:

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

Associação de resistores: paralelo

- **A tensão fornecida aos elementos resistivos é a mesma**. Já, a **corrente elétrica é dividida** entre os elementos do circuito.



$$i = i_1 + i_2$$

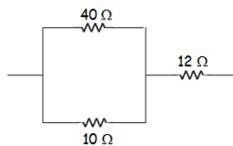
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Para n resistores em paralelo:

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

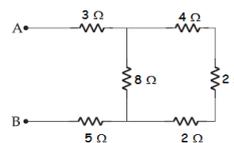
Exemplo 6

- Calcular o valor da resistência equivalente na associação a seguir.



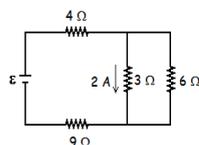
Exemplo 7

- Entre os pontos A e B, é aplicada uma diferença de potencial de 24 V. Determine a corrente que percorre cada resistor.



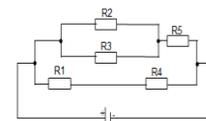
Exemplo 8

- No circuito representado na figura abaixo, a intensidade da corrente elétrica através do resistor de 3Ω é de 2 A. O circuito é alimentado por uma fonte de tensão ideal ε . Qual o valor da diferença de potencial entre os terminais da fonte?



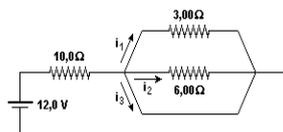
Exemplo 9

- Um circuito contém cinco resistores ligados a uma bateria cuja diferença de potencial é de 12 V, conforme é mostrado na figura abaixo. Calcule a diferença de potencial em cada resistor. Dados: $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$, $R_3 = 12 \Omega$, $R_4 = 5 \Omega$ e $R_5 = 4 \Omega$.



Exemplo 10

- Determine o valor das correntes i_1 , i_2 e i_3 e a resistência equivalente no circuito a seguir.



Experimentos

Experimento 1: Demonstração do Efeito Joule

Objetivo: Observar o efeito Joule.

Material:

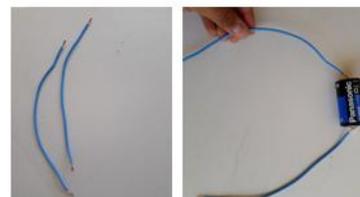
- Pilhas;
- Fios de cobre;
- Fita isolante;
- Palha de aço;
- Alicates.



Montagem:

Cortar e desencapar dois pedaços de fio de cobre.

Com o auxílio da fita isolante, colar as extremidades dos fios, nos polos da pilha.



Execução:

Uma pequena quantidade de palha de aço deve ser utilizada para fechar um circuito elétrico entre a pilha e o condutor.



Comentários:

O resultado é que ocorre um curto-circuito pelo fato da palha de aço possuir baixa resistência, causando um superaquecimento que faz com que a mesma pegue fogo e queime.



Atenção!!

Recomenda-se que esta prática seja executada pelo professor, por precaução, evitar que outros materiais estejam próximos ao experimento.



Experimento 2: Demonstração do Efeito Magnético da Corrente Elétrica

Objetivo: Observar o surgimento de um campo magnético devido a uma passagem de corrente elétrica.

Material:

- Pilhas;
- Fios de cobre (desencapado);
- Parafuso ou prego;
- Grampos de grampeador;
- Fita isolante.



Montagem:

Enrolar o fio em volta do prego, pelo menos vinte voltas (quanto mais voltas, mais intenso será o campo magnético).

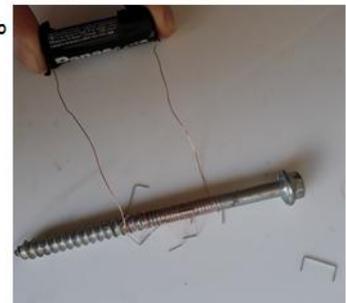
Com o auxílio da fita isolante, colar as extremidades dos fios, nos polos da pilha.

Execução:

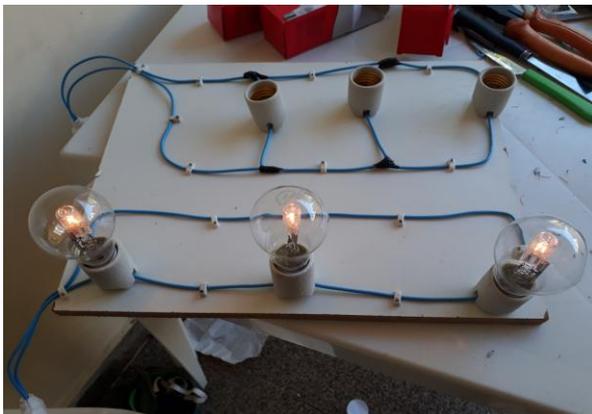
Aproximar uma pequena quantidade de grampos do eletroímã (prego com fios enrolados).

Comentários:

O resultado é que ocorre atração dos grampos pelo eletroímã devido ao surgimento de um campo magnético originado pela passagem de corrente elétrica no fio.



Experimento demonstrativo: Lâmpadas em série e em paralelo

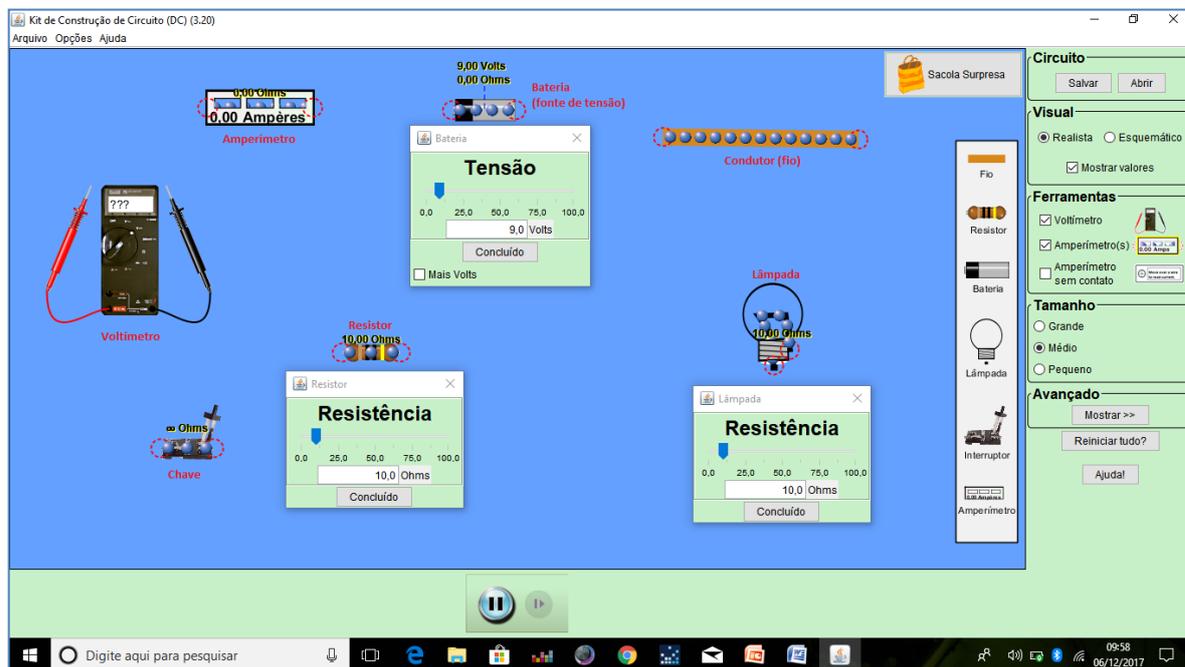


4. Diferenciação progressiva (2 aulas) – Atividade Dimensionando Circuitos

Para esta atividade será necessária a utilização de um simulador virtual do Phet², e um laboratório de informática. Cabe ressaltar que não é necessário conexão com a internet para a execução do aplicativo. Se a escola não dispor de internet, o professor pode instalar o arquivo nos computadores e utilizar o programa em modo *offline*. Cabe ainda ressaltar, que é necessário que o computador disponha o *software* Java³ para que o programa possa ser executado.

A simulação permite a construção de circuitos elétricos, dispondo de condutores, baterias, resistores, lâmpadas e chaves. Além disso, é possível realizar medidas elétricas com amperímetro e voltímetro dispostos na simulação. Na Figura 5 tem-se uma captura da tela do Simulador com as principais ferramentas disponíveis nele.

Figura 5 - Captura de tela da Simulação *Kit de Construção de Circuito (DC)*



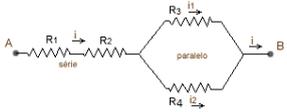
Fonte: O autor (2017).

² Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc> (Acesso em: 22 de maio de 2017).

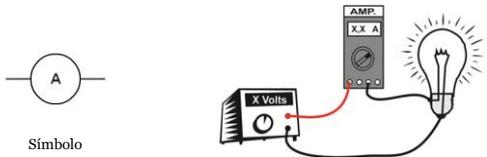
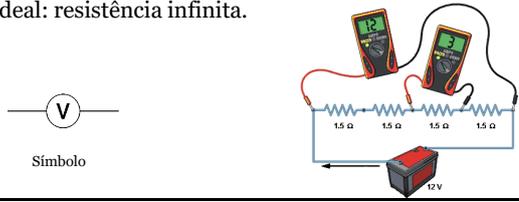
³ Disponível em: <https://www.java.com/pt_BR/> (Acesso em: 22 de maio de 2017).

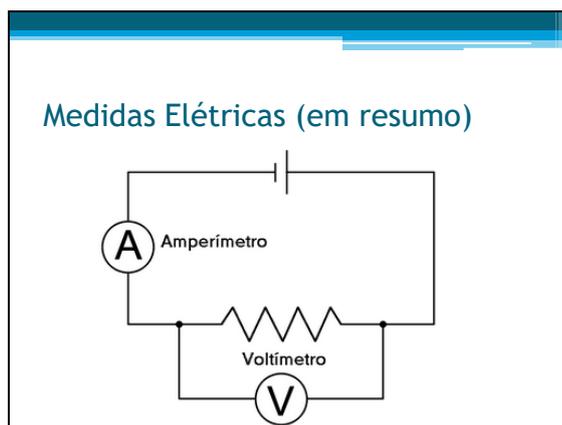
Antes da aplicação prática da atividade, o conteúdo deve ser reapresentado de maneira explanatória e breve, sob a forma de revisão e possibilitando assim a reconciliação integrativa (MOREIRA, 2011).

As figuras seguintes trazem os *slides* utilizados para revisar o conteúdo antes de iniciar a aplicação da atividade.

<h3>Revisão</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Resistores em série: mesma corrente elétrica. • Resistores em paralelo: mesma d.d.p. • Primeira Lei de Ohm: $V = R i$ 	<h3>Revisão</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Passos para resolução de um circuito: <ol style="list-style-type: none"> 1) Fazer as associações possíveis, até chegar a um único resistor (resistor equivalente) 2) Aplicar a Lei de Ohm, e determinar a corrente total. 3) Fazer as distribuições de correntes no circuito.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Após esse momento de revisão, um novo conteúdo deve ser apresentado, pois será necessário tais conhecimentos para a execução da atividade ‘Dimensionando Circuitos’. O conteúdo em questão trata-se das Medidas Elétricas. O professor deverá explicar a finalidade do amperímetro e do voltímetro, bem como suas características, conforme é apresentado nos Slides a seguir.

<h3>Medidas Elétricas</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Amperímetro • Deve ser associado em série; • Ideal: resistência nula.  <p>Símbolo</p>	<h3>Medidas Elétricas</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Voltímetro • Deve ser associado em paralelo; • Ideal: resistência infinita.  <p>Símbolo</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



A partir disso, a atividade deve ser iniciada.

Instruções de aplicação:

Sugere-se que a atividade seja aplicada em duplas ou no máximo em trios, caso a turma seja muito grande, o ideal é dividir a turma e aplicar a atividade duas vezes uma para cada grupo.

Para cada atividade realizada será dado um tempo para a realização da mesma e isso deve ser avisado aos alunos ao início. A Tabela 1 seguinte traz um tempo estimado para a execução de cada atividade.

Tabela 1 - Tempo atribuído a cada tarefa da atividade Dimensionando Circuitos

Tarefa	Tempo
Tarefa I	5 min
Tarefa II	8 min
Tarefa III	8 min
Tarefa IV	8 min
Tarefa V	8 min
Tarefa VI	8 min
Desafio	15 min

Fonte: O autor (2017).

O professor deverá distribuir as lista de questões (dispostas ao final deste material) ao grupo. E iniciar a atividade com as considerações iniciais dispostas no slide seguinte. O professor deve solicitar aos alunos que realizem capturas de telas das atividades realizadas e salvem no computador com os nomes. Deste modo, facilitando a coleta dos dados.

Atividade Dimensionando Circuitos

- Considerações iniciais:
- Crie uma pasta para salvar as atividades;
- Abra o aplicativo *Paint* para colar os *prints*;
- Para cada tarefa será dado um tempo para execução da mesma, caso seja insuficiente, o grupo irá 'pular' para a próxima a tarefa;
- Atentem-se às instruções.

No primeiro momento, o simulador deve ser apresentado aos alunos, como dispõe a figura seguinte. Mostrar a tela inicial e as ferramentas utilizadas.

Vamos conhecer o simulador

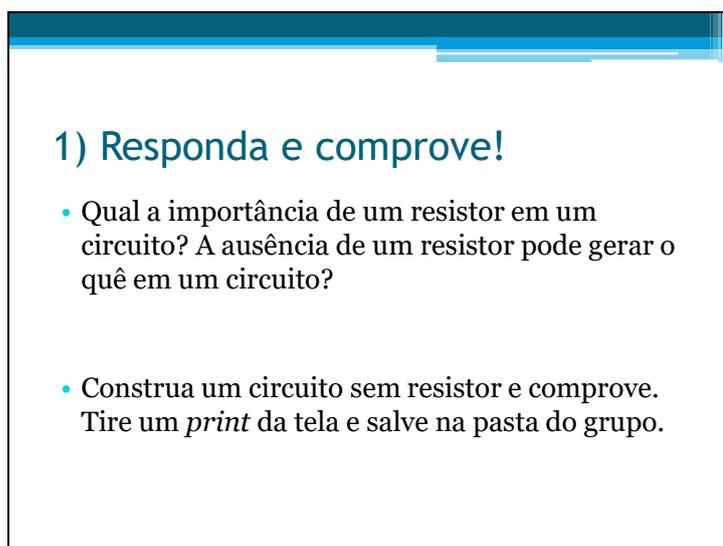
Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc

Para montar circuitos, basta selecionar o objeto e arrastar com o *mouse* até alguma região da parte em azul na tela. Os objetos podem ser conectados uns aos outros arrastando e

colocando um na extremidade do outro. Caso haja uma conexão errada, basta utilizar o botão direito do mouse e selecionar a opção ‘desconectar’.

As tarefas desta atividade estão em ordem crescente de complexidade possibilitando uma diferenciação progressiva (MOREIRA, 2011).

A Tarefa I consiste em demonstrar a importância da utilização de resistores em circuitos. Para isso, os alunos construirão um circuito simples como disposto na figura a seguir que será apresentada aos alunos.



1) Responda e comprove!

- Qual a importância de um resistor em um circuito? A ausência de um resistor pode gerar o quê em um circuito?
- Construa um circuito sem resistor e comprove. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

Ao rodar a simulação, o circuito entrará em curto, provocando na queima do condutor devido ao superaquecimento causado pela ausência do resistor. Esta atividade inicial tem por finalidade mostrar a importância do resistor em um circuito elétrico. O tempo dado para a realização desta tarefa é de 5 minutos.

A Tarefa II tem por objetivo realizar medidas elétricas com a utilização de amperímetros e compará-las com os valores calculados teoricamente. Além disso, outro objetivo é realizar corretamente a associação do amperímetro. Para isso, os alunos num primeiro momento desta atividade deverão calcular a corrente elétrica a partir dos dados dispostos na figura adiante. Após a realização do cálculo, os alunos deverão construir um circuito no Simulador como o especificado e realizar a medida com a associação do amperímetro ao circuito. Nesta tarefa, os alunos terão 10 minutos para a execução.

2) Responda e comprove!

- Em um circuito em série com dois resistores de $10\ \Omega$ e uma fonte de tensão de $12\ \text{V}$. Calcule a corrente percorrida em cada resistor.
- Monte o circuito e comprove utilizando medidores elétricos. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

Após a comprovação do valor, os alunos têm a possibilidade de retornar aos cálculos para realizar ajustes, correções, se necessários. Entende-se que esta etapa possibilita a recursividade, por permitir o aproveitamento do erro como um recurso de aprendizagem.

A Tarefa III tem finalidade semelhante a da Tarefa II. Contudo, agora os alunos deverão responder sem a realização de cálculos o que acontece com o valor da corrente (se aumenta ou se diminui), ao dispor os resistores em paralelo. Após responderem, os alunos deverão comprovar através da construção de um circuito em paralelo no simulador.

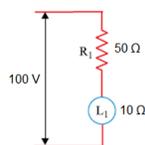
3) Responda e comprove!

- Dispondo dos mesmos dados da questão anterior. Sem cálculos, responda o que ocorre com o valor da corrente elétrica se os resistores forem dispostos em paralelo.
- Monte o circuito e comprove utilizando medidores elétricos. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

A Tarefa IV tem por finalidade a verificação do brilho de uma lâmpada (relacionado à potência elétrica) em uma associação em série. Para tal, os alunos deverão construir o circuito com um resistor de $50\ \Omega$ e uma lâmpada de $10\ \Omega$ associados em série.

4) Comprove e responda!

- Construa o circuito abaixo:



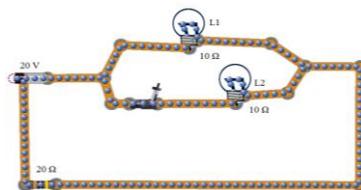
- Agora altere a resistência do resistor para 25Ω ;
- Em seguida, altere novamente resistência, agora para 75Ω .
- Qual explicação para o fenômeno ocorrido?

Após isso, é solicitado aos alunos realizar alterações no valor da resistência do resistor, para isso, basta clicar com o botão direito do *mouse* e selecionar a opção ‘mudar valor’. Os novos valores são 25Ω e 75Ω .

A Tarefa V visa verificar o brilho de lâmpadas em uma associação em paralelo. Para isso, os alunos deverão construir o circuito disposto na Figura 6.

5) Responda e comprove!

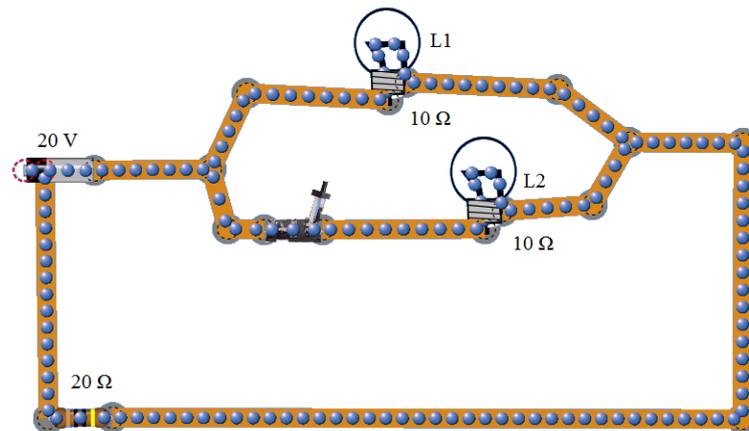
- No circuito a seguir, o que ocorre ao ligar/desligar a chave.



- Comprove na simulação. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

As especificações dos valores de tensão e resistências estão dispostas na Figura 6. Os alunos deverão responder o que ocorre fisicamente ao ligar/desligar a chave. Ao executar a simulação, os alunos deverão testar o circuito com a chave aberta e com a chave fechada para comprovar suas respostas.

Figura 6 - Circuito a ser construído na Tarefa V do Dimensionando Circuitos



Fonte: O autor (2017).

A Tarefa VI possui relação com a anterior. Os alunos são submetidos a utilizar os medidores elétricos (amperímetro e voltímetro) no circuito anterior e identificar os valores de tensão e de corrente elétrica, com a chave aberta e com a chave fechada. Depois disso, por meio de cálculos, os alunos devem tentar obter os mesmos valores.

6) Comprove e responda!

- No circuito anterior, utilize medidores elétricos para determinar quais os valores de tensão em cada lâmpada e no resistor:
 - a) com a chave fechada;
 - b) com a chave aberta.
- Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.
- Utilizando a lei de Ohm, determine os valores medidos por meio de cálculos:
 - a) com a chave fechada;
 - b) com a chave aberta.

A última tarefa, Tarefa VII, consiste num desafio. Dispondo de duas pilhas e quatro resistores com especificações dadas na Figura VIII, os alunos deverão construir um circuito que gere uma corrente elétrica de 1,5 A. Para isso, eles farão associações mistas dos resistores de forma livre.

7) Desafio!

- Monte um circuito de modo a se obter uma corrente elétrica de 1,5 A. Para isso, utilize:
- Duas pilhas de 9 V;
- Quatro resistores, sendo:
 - - um de 3 Ω ;
 - - dois de 6 Ω ;
 - - um de 10 Ω ;
 - - um de 15 Ω ;



Observações: As atividades possibilitam a recursividade, ou seja, os alunos tem a possibilidade de refazer as tarefas.

É importante seguir o tempo estabelecido ou fazer pequenas modificações, para que a atividade não seja prejudicada e seja realizada num único dia, se possível.

5. *Novas situações* (1 aula) – **Jogo Mitos ou Verdades**

Os jogos educativos apresentam-se como ferramentas alternativas para serem utilizadas nos ambientes de aprendizagem, a fim de tornar as aulas mais dinâmicas e/ou atrativas, e também, proporcionando uma motivação aos alunos. “O jogo pedagógico ou didático é aquele fabricado com o objetivo de proporcionar determinadas aprendizagens, diferenciando-se do material pedagógico, por conter o aspecto lúdico”. (CUNHA, 1988, p. 389-392). Além disso, os jogos apresentam grande potencial para despertar o interesse dos alunos pelos conteúdos, principalmente porque os jogos abordam esses conteúdos dentro de um ambiente lúdico, propício a uma melhor aprendizagem, muito diferente das salas de aula nas escolas, que geralmente são expositivas, tornando o ambiente um espaço de “anti-criação”, impedindo uma maior participação dos alunos nas aulas. (PEREIRA et al., 2009, p. 1).

O jogo desenvolvido tem por finalidade trabalhar assuntos da Eletrodinâmica associados ao cotidiano dos alunos e possibilitar um diálogo e uma discussão acerca desses.

Para esta atividade, recomenda-se que os alunos trabalhem individualmente, pois o coletivo se dará no momento de discussão.

Instruções de aplicação:

Cada aluno deve receber uma placa que pode ser confeccionada com material de baixo custo, por exemplo, palitos de churrasco e cartolinas de cores diferentes, como ilustrada na Figura 7, contendo de um lado a palavra *Mito* e do outro, a palavra *Verdade*.

Figura 7 - Placas do jogo Mitos e Verdades na Eletricidade



Fonte: O autor (2017).

Após isso, o professor deve explicar as regras do jogo para a turma que são as seguintes: serão apresentadas a eles algumas afirmativas (o professor fará a leitura da afirmativa) e ao término da leitura, eles deverão instantaneamente levantar a placa *Verdade*, caso concordem com tal afirmativa ou *Mito* caso discordem, conforme o exemplo da Figura 8.

Figura 8 - Placas do jogo Mitos e Verdades na Eletricidade



Fonte: O autor (2017).

Então, o professor pode fazer uma contagem, caso deseje, para uma possível estatística das respostas, contudo é opcional. Uma vez que a finalidade desta atividade é apresentar assuntos do cotidiano, porém de forma lúdica.

O professor pode escolher um aluno aleatoriamente para que esse justifique o motivo da sua escolha. Recomenda-se escolher um que concordou e um que discordou, caso algum outro aluno queira argumentar, deve-se permitir, promovendo assim, uma discussão coletiva e colaborativa.

Após isso, o professor deve apresentar a resposta correta à turma, dispondo-se a tirar dúvidas e esclarecer melhor a explicação, se necessário.

Em seguida, inicia-se a nova afirmativa e repetem-se todos os passos relatados aqui anteriormente.

A seguir, têm-se sugestões de algumas afirmativas na temática Eletrodinâmica para serem utilizadas no jogo. É opcional para o professor utilizar outras questões, com aspecto regional.

Card 1:

Forno de micro-ondas, máquina de lavar louças, aquecedor, ar condicionado, chuveiro e torneira elétrica são equipamentos com potência elevada.



VERDADE

Além do forno de micro-ondas e da máquina de lavar louças, os equipamentos elétricos destinados a produzir calor a partir do aquecimento de uma resistência ou de um filamento apresenta consumo elevado.

O chuveiro é um resistor ôhmico e transforma a energia elétrica diretamente em energia térmica. $E_{el} = Q$.

O problema é que ele deve aquecer a água quase que instantaneamente, entre o intervalo que ela passa em seu interior. Com esse tempo curto, a energia tem que ser alta ($E = P \Delta t$).

Cada grama de água requisita uma caloria para que cada grau aumente de temperatura.

$$Q = m c \Delta t.$$

Card 2:

Deixar o carregador de celular sozinho na tomada não gasta energia.



MITO

Quando uma fonte está com a saída aberta, isto é, nada ligado na saída, há um pequeno consumo de potência pela fonte, normalmente desprezível frente ao consumo quando alimenta a "carga".

Assim sendo, há um PEQUENO consumo de potência mesmo quando o aparelho celular não estiver conectado ao carregador, desprezível frente ao consumo que acontece quando o aparelho celular está conectado.

Na internet, encontra-se um vídeo que pode ser apresentado aos alunos para complementar a resposta <https://www.youtube.com/watch?v=Zhq81zo3tWk>.

Card 3:

Deixar o aparelho carregando depois que a bateria está cheia, não consome energia.



MITO

Pelas mesmas razões do anterior.

Há um PEQUENO consumo de potência mesmo quando o aparelho celular já se encontra 100% carregado, desprezível frente ao consumo que acontece quando o aparelho celular está conectado.

Card 4:

Detector de mentiras existe.



VERDADE

Também conhecido como polígrafo, o detector de mentiras é composto por um conjunto de sensores que medem o ritmo da respiração, a pressão sanguínea, os batimentos cardíacos e o suor na ponta dos dedos da pessoa examinada.

O funcionamento do aparelho se baseia na teoria de que essas reações do organismo se alteram quando mentimos.

A comunidade científica tem questionado nas últimas décadas a eficácia dos polígrafos. É que as alterações medidas por ele podem ser provocadas por outros fatores.

Além disso, não há uma tabela com valores de referência fixos que possa classificar um sujeito como mentiroso.

Card 5:

Colocar uma garrafa PET com água em cima do relógio medidor faz economizar energia.



MITO

Temos informação de que uma mulher muito “esperta” no sertão nordestino traia seu marido com um antigo amante, e, para dar sinal de que a área estava livre, ou seja, o marido estava ausente, ela colocava uma garrafa d’água em cima do medidor de energia que ficava instalado em frente da casa. A atitude desta mulher, com sabedoria em demasia, despertou a curiosidade dos vizinhos que queriam saber o porquê daquela garrafa naquele local.

E a vizinha, demonstrando uma sabedoria ainda maior informou que servia para diminuir o custo da energia que era tão caro para aqueles moradores. Aí então a notícia espalhou pelas redondezas e já chegou a todo o país.

Card 6:

O uso de benjamins é seguro.

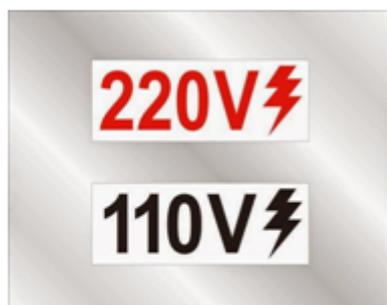


MITO

Cada tomada é dimensionada para a passagem de determinado valor de corrente elétrica e depende da amperagem dos equipamentos. O uso de benjamins pode causar sobrecarga e curto-circuito.

Card 7:

Uma residência com 220 volts gasta mais energia elétrica.



MITO

O consumo é o mesmo. O consumo de energia depende da potência do aparelho e do tempo de sua utilização, e não da tensão.

O uso de tensão 220 V é vantajoso para circuitos com corrente elétrica elevada ou tomada de uso especial, ou específico, pois traz a possibilidade de utilizar uma seção de condutor menor.

Card 8:

Um corte no dedo contribui para uma pessoa levar um choque elétrico.



VERDADE

A camada exterior da pele, a epiderme, é protegida por uma película seca formada por envelopes de queratina, uma proteína fibrosa muito resistente.

Além de ser composta por materiais naturalmente isolante, o que torna a pele, um isolante elétrico muito bom o que evita choques a baixas correntes.

Apesar de não haver vasos na epiderme, suas camadas internas são banhadas em fluidos provenientes de capilares em camadas mais interiores, por isso são muito condutoras de eletricidade.

Card 9:

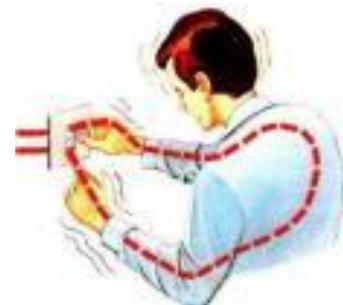
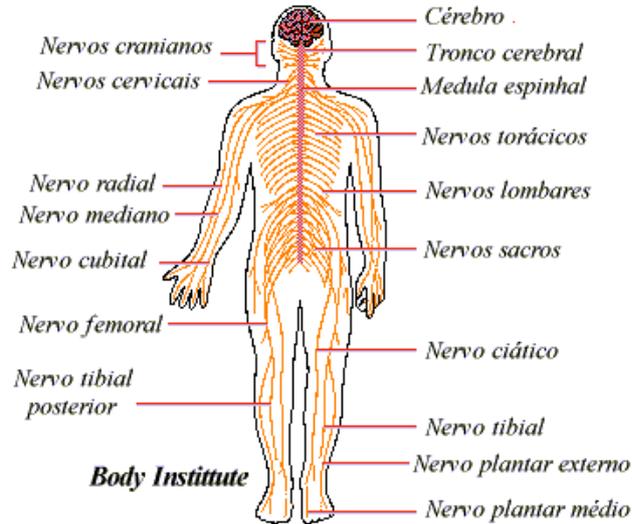
Dar a mão a uma pessoa que se encontra levando um choque, este pode ser transmitido.



VERDADE

O choque elétrico é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano ou de um animal qualquer e se propaga pelos nervos (circuito elétrico).

Figura 9 - Nervos do corpo humano e choque elétrico



Fonte: O autor (2017).

Card 10:

Remover o pino do meio de tomadas não causa danos.



MITO

O terceiro pino deve estar conectado ao sistema elétrico de aterramento – diretamente com o solo. Ele garante segurança, tanto pessoal (choque) quanto para o aparelho, por evitar acúmulo de cargas no mesmo.

O pino do meio funciona como um escoamento dessas cargas. Sobretudo, para isso acontecer, é necessário ter um sistema de aterramento feito na residência, o que na maioria dos casos não se tem nas residências brasileiras.

Card 11:

Existe uma lei que determina que todas as novas edificações precisam ter o aterramento da rede elétrica.



VERDADE

A lei 11.337 de 26 de Julho de 2006 estabelece que as novas edificações tenham o aterramento da rede elétrica.

“Determina a obrigatoriedade de as edificações possuírem sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização de condutor-terra de proteção, bem como

torna obrigatória a existência de condutor-terra de proteção nos aparelhos elétricos que especifica”.

6. *Reconciliação integrativa* (2 aulas) – Retorno ao estudo de caso

Neste momento, deve ser retornado o estudo de caso. Para uma nova resolução das questões propostas que seguem.

1) Ao cortar o terceiro pino da tomada da TV, a mesma funcionará? Você concorda com Aline que esse pino não possui utilidade? Em caso negativo, por que os fabricantes de produtos elétricos passaram a fabricar produtos com tomadas com três pinos?

Por medidas de segurança. A função do terceiro pino nas tomadas é conectar o corpo do aparelho diretamente ao solo (a Terra). Qualquer carga que se acumule sobre o aparelho será, portanto, conduzida ao solo – impedindo, assim, a ocorrência de um choque elétrico acidental.

2) Ao ligar a TV e o carregador do celular numa tomada de 220 V, que danos podem ocorrer com cada aparelho?

Depende. Considerando uma TV antiga, e se a mesma possuir tensão interna de 110 V, ao ligá-la sob uma tensão de 220 V, ela receberá um excesso de cargas elétricas, o que possivelmente queimaria a TV. Já, TVs modernas e carregadores de celulares são considerados *bi-volts*, isto é, funcionam sob ambas as tensões, sem danos aos aparelhos.

3) Que efeitos biológicos um choque elétrico pode causar?

Dependendo da intensidade da corrente elétrica, um choque pode causar efeitos como a tetanização, parada respiratória, asfixia, fibrilação ventricular, queimadura dos tecidos, perda de sentidos, até mesmo a morte.

4) Ao ligar o chuveiro Aline levou choque e sua mãe não. Você poderia dar uma explicação provável para isso?

É provável uma má instalação ou que o chuveiro não tenha aterramento. Uma outra explicação provável é que Aline tenha uma baixa resistência em relação à sua mãe. Ou ainda que Aline possua algum corte ou ferimento nos dedos. A pele (tecido) possui, em geral, alta resistência elétrica, um corte atrapalha a resistência.

5) Ao mudar a chave de um chuveiro, da posição verão para inverno, por exemplo, o que acontece internamente para a água sair mais aquecida?

Varia-se a resistência elétrica, pois ocorre variação no comprimento do fio, e conseqüentemente a temperatura da água é variada, quanto maior for a resistência, maior o aquecimento. A resistência é proporcional ao comprimento do fio.

6) O que é a resistência de um chuveiro? Pra que ela serve?

O termo correto é resistor. É um dispositivo cuja função é converter a energia elétrica em calor, por se opor a passagem de corrente elétrica, o que faz com que os elétrons colidam devido a dificuldade causada pelo resistor, com isso gera-se um aquecimento.

7) Você concorda com a afirmação de Júlia “220 é muita energia e queima o aparelho”? Justifique.

220 no contexto refere-se à 220 V, sendo uma medida da diferença de potencial e não da energia. No mais, a resposta depende das especificações do aparelho, se sua tensão nominal estiver na faixa nos 220 V, não queimará.

7. Avaliação individual – Em(frente) ao ENEM

Esta atividade, que ocupará uma aula, deverá ter sido já anunciada para os alunos; não deverá ser de surpresa e recomenda-se que seja aplicada de forma individual.

A mesma consiste em questões voltadas para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) na forma de simulado, ou seja, com tempo de resolução definido, cartão-resposta e questões objetivas.

Figura 10 - Simulado Em(frente) ao ENEM

Avaliação individual – Em(frente) ao ENEM

Aluno(a): _____

Cartão-resposta

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS - FÍSICA

01	A	B	C	D	E
02	A	B	C	D	E
03	A	B	C	D	E
04	A	B	C	D	E
05	A	B	C	D	E
06	A	B	C	D	E
07	A	B	C	D	E

Fonte: O autor (2017).

A página 58 traz o simulado elaborado, com questões extraídas e/ou adaptadas do ENEM entre os anos de 2010 e 2017. Dentre as habilidades e competências desejadas nas questões tem-se organizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Habilidades e Competências requeridas no Simulado Em(frente) ao ENEM

Competências	Habilidades
C2: Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas as Ciências Naturais em diferentes contextos.	H5: Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.
	H6: Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum.
C6: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los a diferentes contextos.	H17: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.
C7: Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.	H21: Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e (ou) do eletromagnetismo.

Adaptado de INEP. Disponível em:

<http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enceja/matriz_competencia/Mat_Cien_Nat_EM.pdf>.

Acesso em 15 jan. 2018.

8. Encontro final integrador – Mapa Conceitual

São diagramas indicando relações entre conceitos ou entre palavras que usamos para representar conceitos. É necessário ter uma conexão entre os conceitos. Geralmente feita com um verbo ou uma locução. É necessário uma hierarquização.

Os mapas conceituais são propostos como uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa.

Os mapas conceituais podem ser utilizados de maneiras distintas, seja para uma unidade de estudo, para um curso ou, até mesmo, para um programa educacional completo. Pode ser utilizado desde resumir uma ideia e esquematizá-la até uma avaliação de determinado conteúdo.

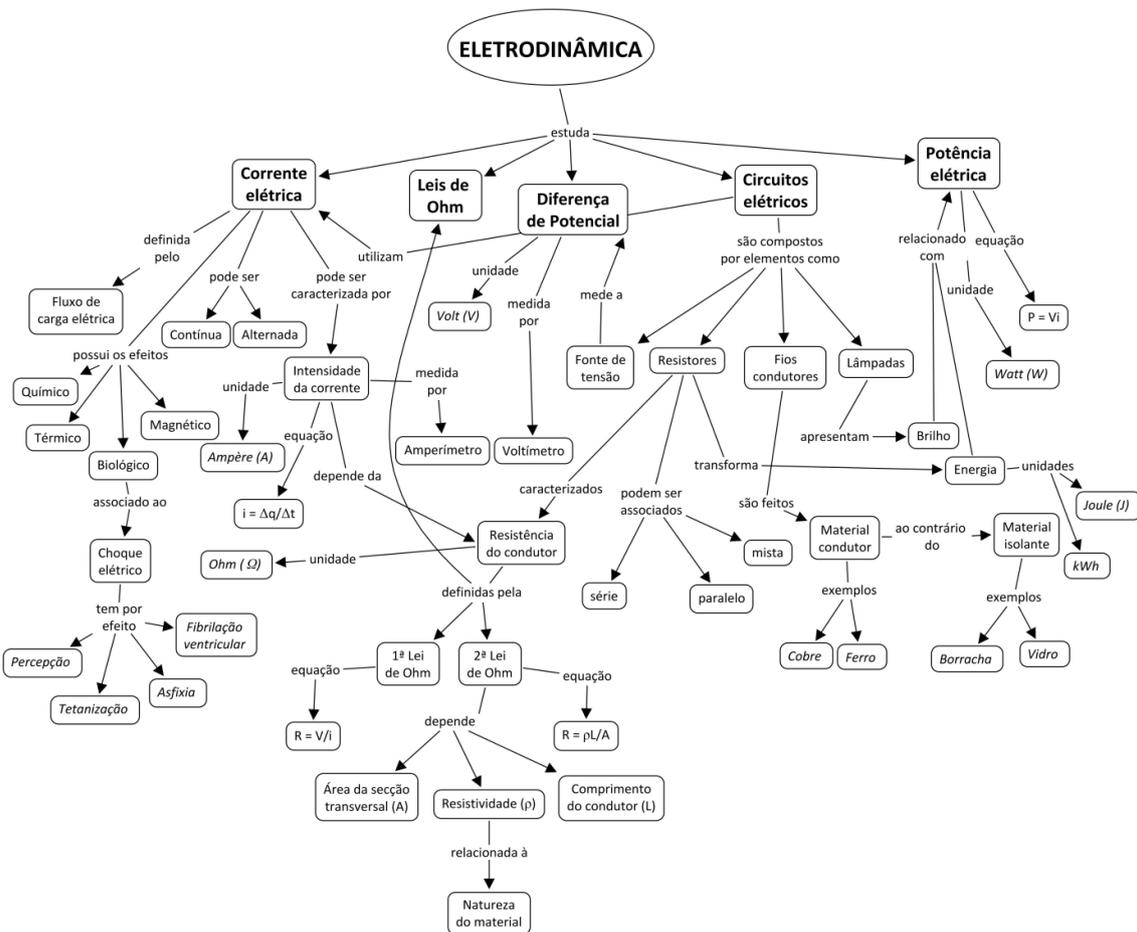
Instruções de aplicação:

Neste momento, os alunos, em grupo, devem confeccionar um mapa, desta vez conceitual, isto é, conter palavras de ligação bem como uma relação mais hierárquica dos conceitos.

É necessário que na aula anterior ou em um momento antes da aplicação desta etapa, o professor explique para os alunos o que consiste um mapa conceitual, apresentando modelos para exemplificar.

Na Figura 10 tem-se um Mapa Conceitual com os principais conceitos da Eletrodinâmica a serem trabalhados. Nele, observam-se os aspectos necessários em um mapa como as palavras de ligação, a hierarquia dos conceitos bem como a diferenciação dos mesmos e a recursividade.

Figura 10 - Um Mapa Conceitual de Eletrodinâmica



Fonte: O autor (2017).

Esta etapa pode ser realizada em sala de aula, de forma manual ou caso haja disponibilidade e tempo, utilizando computadores com o auxílio do *software* gratuito *Cmap Tools*⁴.

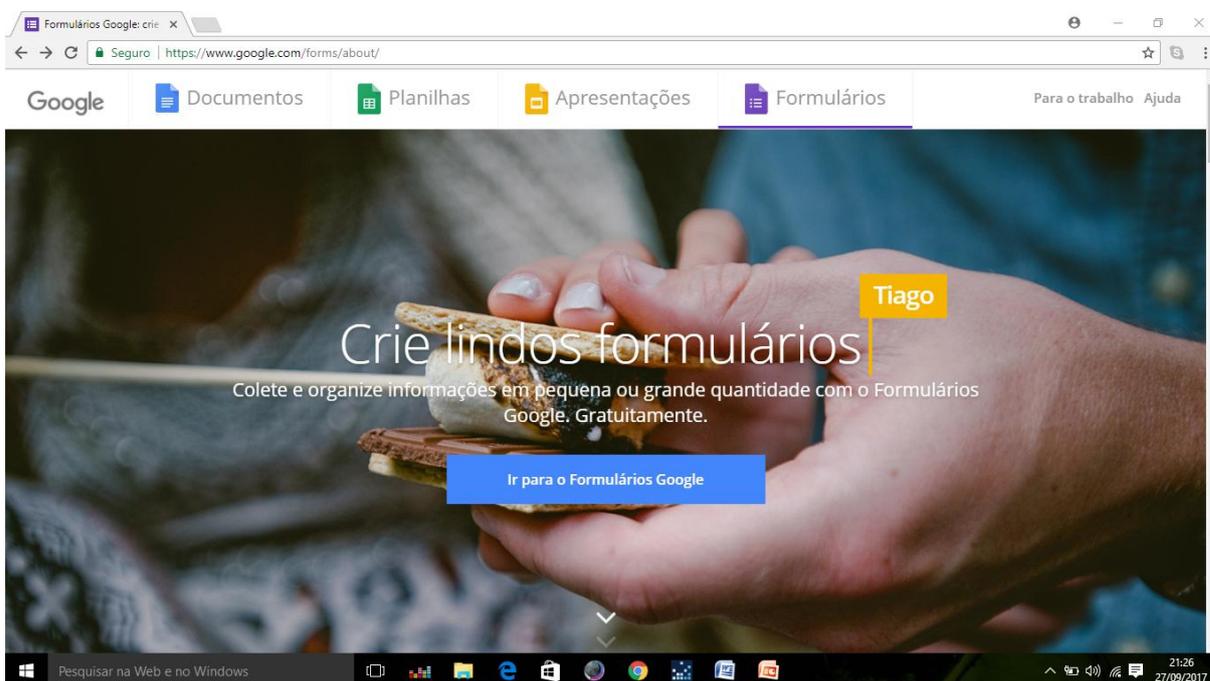
Sugere-se que em um momento posterior a construção dos mapas ou numa aula seguinte, caso haja tempo, os alunos apresentem os mapas conceituais para a turma. Essa apresentação ajudará os mesmos a se dar conta de seus erros.

9. Avaliação de Aceitação da UEPS

Esta etapa é de extrema importância em uma UEPS. Pois, a partir dela, o professor terá um *feedback* dos alunos acerca da UEPS.

Pode ser desenvolvido com o recurso *Formulários Google*. Para isso, basta acessar: <https://www.google.com/forms/about/>. A seguinte página será aberta:

Figura 11 - Captura de tela do Site Formulários Google

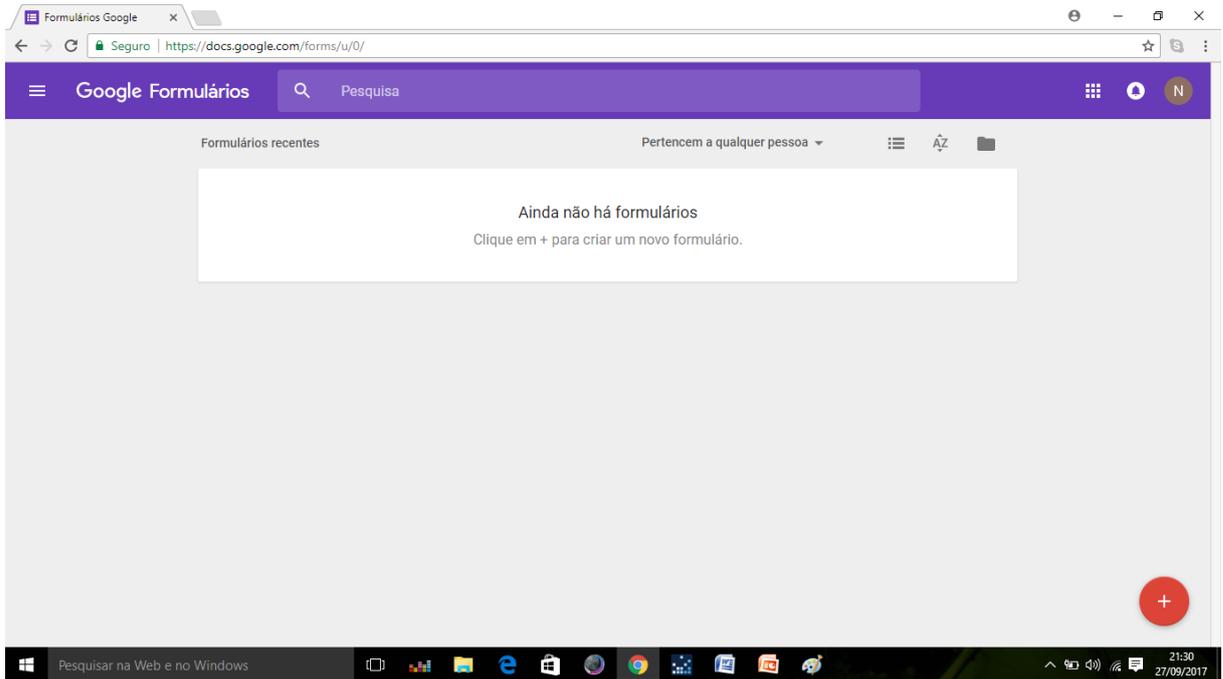


Fonte: O autor (2017).

Deve-se clicar em “Ir para o Formulários Google”, como indica a Figura12.

⁴ Disponível em: <<https://cmap.ihmc.us/>>. Acesso em: 27 ago. 2017.

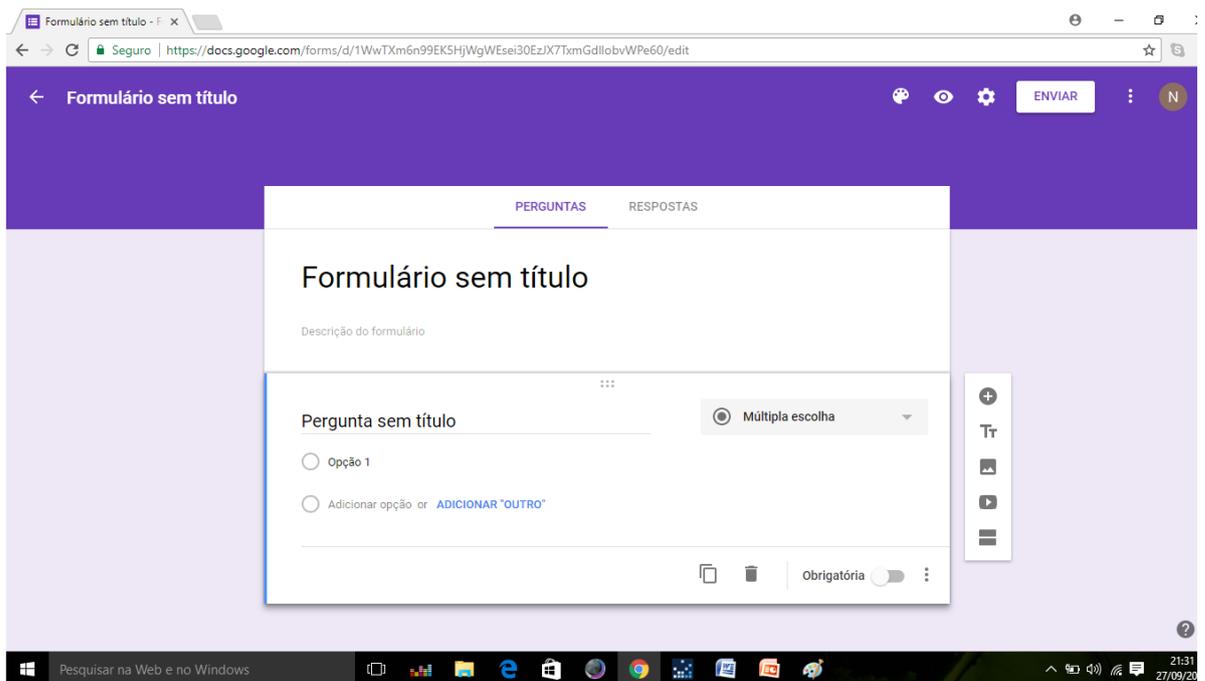
Figura 12 - Captura de tela do Site Formulários Google



Fonte: O autor (2017).

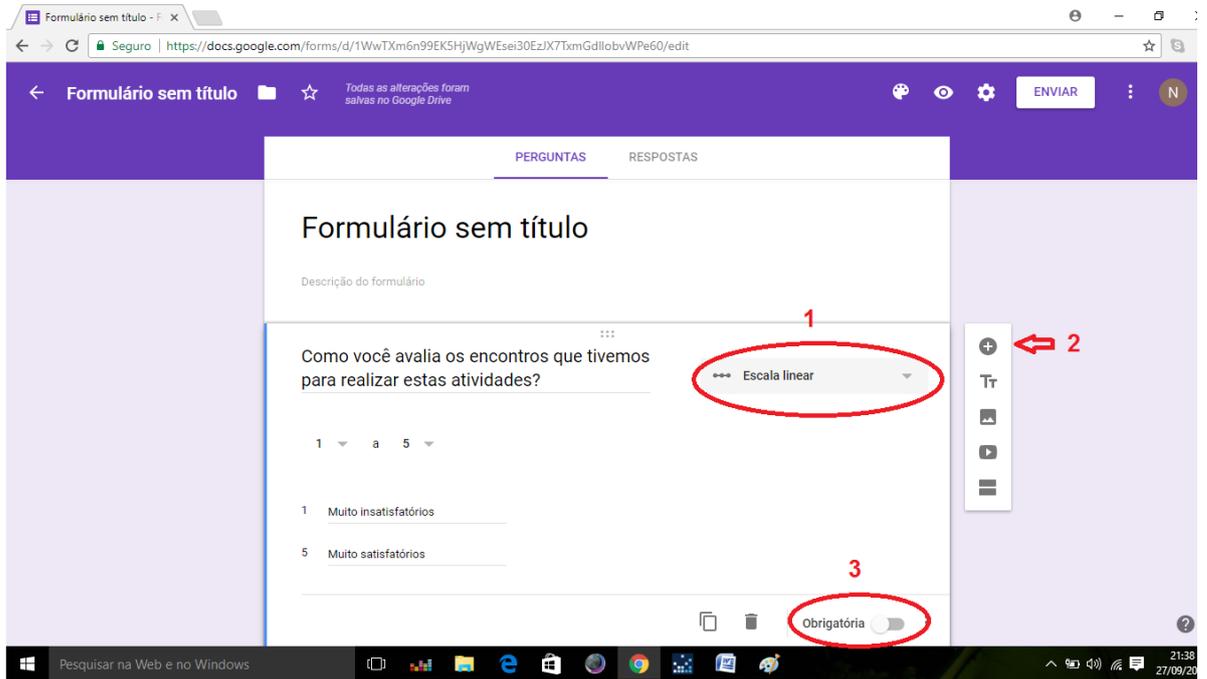
Logo em seguida, clicar no “+” que se encontra no canto inferior direito da página, indicado na Figura 13.

Figura 13 - Captura de tela do Site Formulários Google



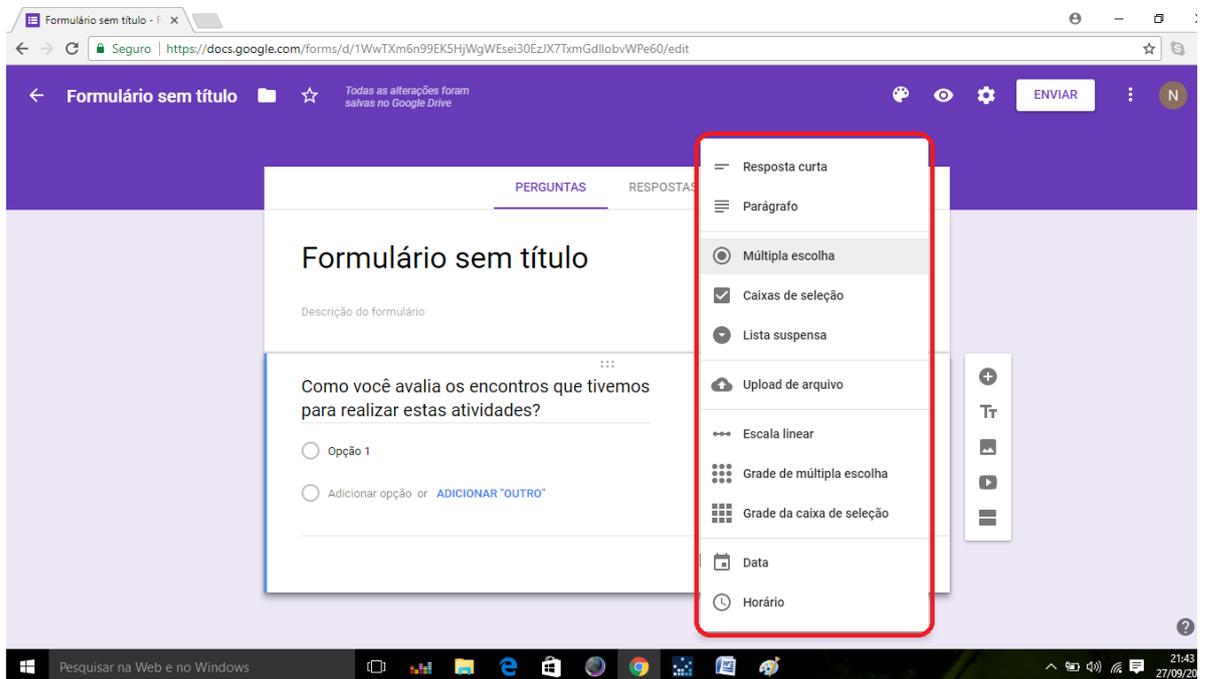
Fonte: O autor (2017).

Figura 14 - Captura de tela do Site Formulários Google



Fonte: O autor (2017).

Figura 15 - Captura de tela do Site Formulários Google



Fonte: O autor (2017).

O questionário desenvolvido encontra-se disposto a partir da página 67.

Nas páginas seguintes, 48 a 55 encontram-se o material do aluno e nas páginas 56 a 69 tem-se as atividades a serem aplicadas.

Eletrodinâmica

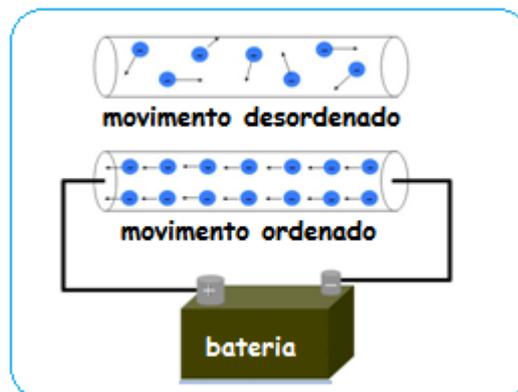
São fenômenos elétricos todos aqueles que envolvem cargas elétricas em repouso ou em movimento. Ao estudo das cargas elétricas em repouso denomina-se Eletrostática, enquanto que a Eletrodinâmica é a área da Física que compreende as cargas em movimento; as cargas em movimento são usualmente elétrons.

Fluxo de carga

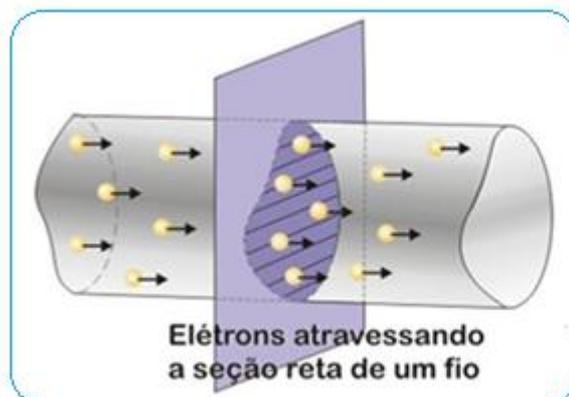
Lembre-se dos estudos sobre calor e temperatura, de que quando as extremidades de um material condutor estão a temperaturas diferentes, a energia térmica flui da extremidade mais quente para a mais fria. O fluxo cessa quando ambas alcançam uma mesma temperatura. De modo análogo, quando as extremidades de um material condutor elétrico estão em diferentes potenciais elétricos (quando existe uma diferença de potencial) a carga flui de uma extremidade para outra.

Corrente elétrica

Nos metais dos fios existem elétrons livres para mover-se. O deslocamento ordenado das cargas elétricas constitui a corrente elétrica.



Em outras palavras, a corrente elétrica é definida como o fluxo de cargas elétricas Δq :



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

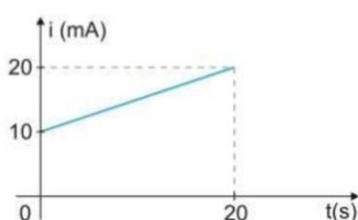
Unidade: Ampère (A)

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$$

$$q = ne \quad (e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

Exemplo 1: Um fio condutor é percorrido por uma corrente elétrica constante, de modo que cada minuto passam $7,5 \times 10^{19}$ elétrons. Calcule a intensidade dessa corrente.

Exemplo 2: A figura abaixo mostra a intensidade de corrente em função do tempo. Calcule a carga que passa entre os instantes $t = 0$ e $t = 20$ s.



O que é necessário para que exista uma corrente elétrica?



- Que as cargas possam mover-se;
- Que existam materiais condutores pelos quais as cargas possam se deslocar;
- Que existam geradores, dispositivos que, mantendo um equilíbrio das cargas e fornecendo a energia necessária, possibilitam o movimento de tais cargas.

Efeitos da corrente elétrica

Vários são os efeitos produzidos pela corrente elétrica, abordaremos aqui os quatro principais.

1) Efeito Fisiológico: consiste na passagem da corrente elétrica por organismos vivos, podendo agir diretamente no sistema nervoso, muscular e cardíaco, provocando contrações musculares, choque elétrico e danos que podem levar a morte.

Texto complementar I: *Interdisciplinaridade em ação!*

CHOQUE ELÉTRICO E SUAS CONSEQUÊNCIAS

O choque elétrico é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano ou de um animal qualquer.

Vários efeitos biológicos podem ser observados quando o corpo é submetido à ação da corrente elétrica. Esses efeitos variam de acordo com a região do corpo a qual a corrente é percorrida. A Figura 1 ilustra situações que mostram a corrente elétrica percorrendo distintas partes do corpo humano. A situação (a), na qual a corrente passa pelo coração da pessoa pode corresponder a uma situação de grande risco, enquanto a situação (b), na qual a corrente passa apenas pela mão, é menos perigosa, embora possam ocorrer queimaduras locais, e em (c) ocorre um dano mais leve, pois a corrente circula apenas no pé da pessoa.

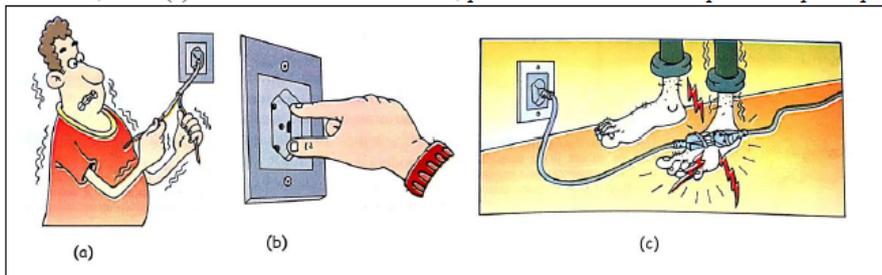


Figura 1: Ilustração de algumas situações da corrente percorrendo o corpo humano.

A intensidade da corrente é, entretanto, o fator mais relevante nas sensações e consequências do choque elétrico. Estudos cuidados desses fenômenos permitiram chegar a alguns valores aproximados. Uma corrente de 1 mA a 10 mA, por exemplo provoca apenas uma sensação de formigamento. Já, correntes de 10 mA a 20 mA causam sensações de dor. Correntes superiores a 20 mA e inferiores a 100 mA causam, em geral, grandes dificuldades respiratórias. Correntes superiores a 100 mA e inferiores a 200 mA são extremamente perigosas, podendo causar a morte da pessoa, por provocar contrações rápidas e irregulares do coração (esse fenômeno é denominado **fibrilação cardíaca**). Correntes superiores a 200 mA não causam fibrilação, porém dão origem a graves queimaduras e conduzem à parada cardíaca, podendo levar à morte.

A Figura 2 a seguir mostra com detalhes alguns dos efeitos.

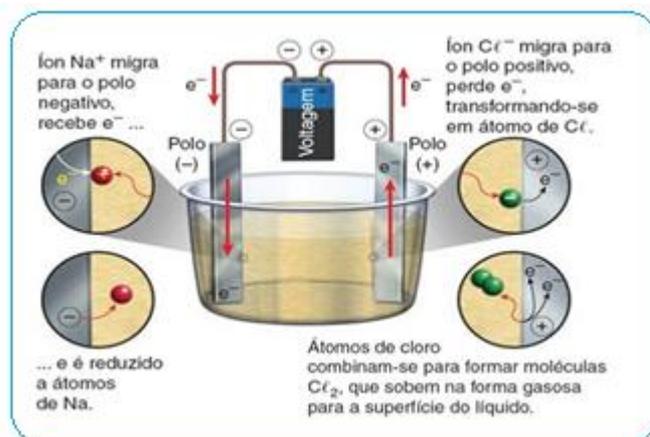
INTENSIDADE	EFEITO	CAUSAS	
1 a 3 mA	Percepção	A passagem da corrente provoca formigamento. Não existe perigo.	
3 a 10 mA	Eletrização	A passagem da corrente provoca movimentos.	
10 mA	Tetanização	A passagem da corrente provoca contrações musculares, agarramento ou repulsão.	
25 mA	Parada Respiratória	A corrente atravessa o cérebro.	
25 a 30 mA	Asfixia	A corrente atravessa o tórax.	
60 a 75 mA	Fibrilação Ventricular	A corrente atravessa o coração.	

Figura 2: A intensidade da corrente elétrica e possíveis efeitos biológicos provocados por ela.

Adaptado de: MÁXIMO, Antonio. ALVARENGA, Beatriz. *Física contexto & aplicações*. 1 ed. SÃO PAULO, Scipione, 2013.

2) Efeito Térmico: conhecido como efeito Joule, consiste nas colisões dos elétrons livres contra os átomos dos condutores. Ao receberem energia, os átomos vibram mais intensamente, quanto maior a vibração, maior a temperatura do condutor.

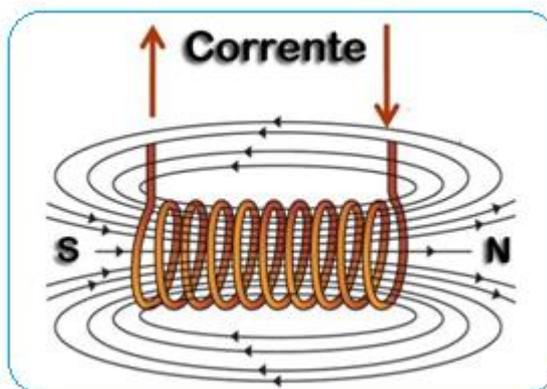
3) **Efeito Químico:** ocorre em determinadas reações químicas quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas. Eletrólise é a reação de oxirredução provocada pela corrente elétrica.



A eletrólise pode ser de dois tipos:

- Eletrólise ígnea: aquela que é realizada com substância iônica fundida. Bastante utilizada na indústria, principalmente para a produção de metais.
- Eletrólise em solução aquosa: o processo se dá com a livre circulação de íons em meio aquoso.

4) **Efeito Magnético:** toda corrente elétrica gera um campo magnético ao seu redor. Uma aplicação deste efeito pode ser encontrada nos eletroímãs, dispositivos que utilizam a corrente elétrica para gerar um campo magnético semelhante àqueles encontrados nos ímãs naturais.

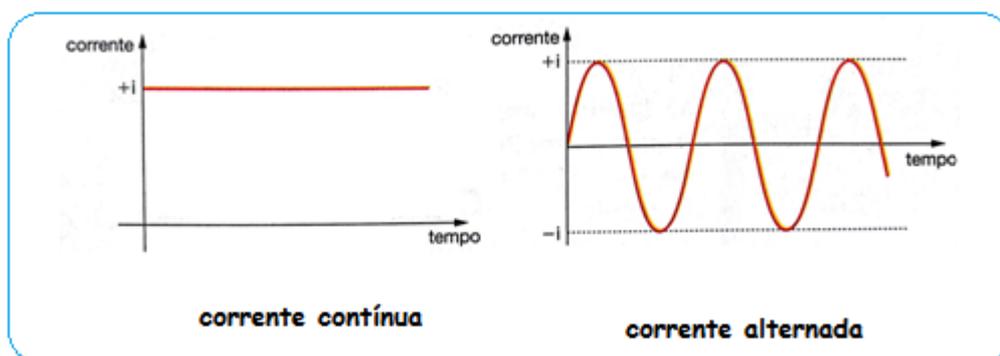


Existem dois tipos de corrente elétrica, a contínua e a alternada. A diferença entre elas se dá no sentido do movimento dos elétrons.

Corrente contínua: representada pela sigla CC ou DC (do inglês *direct current*), é um fluxo de cargas em um único sentido. Esse tipo de corrente é produzido, principalmente, por pilhas, baterias e células fotovoltaicas.

Corrente alternada: representada por CA ou AC (do inglês *alternating current*), é um fluxo oscilante de cargas que ora se movimenta em um sentido, ora em outro. A corrente alternada é fornecida pelas usinas geradoras de energia elétrica para as residências e as indústrias. No Brasil, essa alternância ocorre 60 vezes a cada segundo, originando uma corrente alternada de 60 Hz.

Na figura a seguir tem-se à esquerda, um gráfico de corrente contínua e à direita, um gráfico de corrente alternada.



Tensão elétrica (Diferença de potencial elétrica)

Seu papel é fazer com que os elétrons se movimentem no circuito elétrico. É o que chamamos de voltagem no cotidiano. Sua unidade de medida é o volt (V).

110 ou 220?



Algumas instalações elétricas contam, por exemplo, com tomadas de 110 V, 127 V ou 220 V. Alguns aparelhos mais atuais são desenvolvidos para funcionar sob ambas as diferenças de potencial. Por exemplo: TVs, carregadores de celular e *notebooks*. Tais aparelhos contam uma fonte que faz a transformação permitindo passar apenas a quantidade de corrente suportada pelo equipamento, sem que o cause danos.

Texto Complementar II: *O cotidiano tem Física!*

AS TOMADAS

A maioria dos plugues e tomadas de hoje possuem três pinos, em vez de dois, para conexão. Os dois pinos principais são para transportar a corrente através de um fio duplo, um dos quais está “vivo” (energizado) e o outro neutro, enquanto o terceiro pino (sempre cilíndrico) deve estar conectado ao sistema elétrico de aterramento – diretamente com o solo. O aparelho elétrico na outra extremidade do fio, portanto, está conectado aos três fios do pino do plugue. Se o fio vivo acidentalmente entrar em contato com a superfície de metal na entrada do aparelho, e você tocar nele, poderia receber um choque perigoso.



Sendo assim, o terceiro pino garante segurança, tanto pessoal (choque) quanto para o aparelho, por evitar acúmulo de cargas no mesmo. Alguns aparelhos são fabricados em material condutor, gabinetes de computadores, por exemplo. Nestes, em geral, o acabamento é feito em metal. Sem o aterramento (terceiro pino) estamos mais sujeitos a levar choques nessa parte metálica do equipamento, devido às cargas que podem se acumular ali. Em resumo, o pino do meio funciona como um escoamento dessas cargas. Sobretudo, para isso acontecer, é necessário ter um sistema de aterramento feito na residência, o que na maioria dos casos não se tem nas residências brasileiras.

As Leis de Ohm

Primeira Lei de Ohm

A capacidade de um **corpo se opor à passagem de corrente elétrica** mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada é denominada **resistência elétrica**. Como o nome sugere, está relacionada ao ato de resistir. Seu cálculo é dado pela **Primeira Lei de Ohm**:

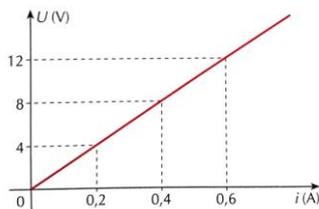


$$R = \frac{V}{i}$$

Unidade: **Ohm (Ω)**

$$1 \Omega = 1 \text{ V/1 A}$$

Exemplo 3: Aplica-se uma ddp nos terminais de um resistor e mede-se a intensidade de corrente elétrica que o atravessa. Repete-se a operação para ddps diferentes e constrói-se o gráfico abaixo, obtendo a curva característica do resistor. Determine o valor da resistência elétrica desse resistor.



Resistência ou resistor?



Resistor é o aparelho utilizado para limitar a corrente elétrica em um circuito elétrico, já a resistência é a grandeza física medida pelo resistor (de modo análogo que régua mede o comprimento, resistor mede resistência). No cotidiano é comum ouvir o termo *resistência* referindo-se a resistor. Por exemplo: “A resistência do chuveiro queimou”. Contudo, do ponto de vista da Física seria mais adequado afirmar “O resistor do chuveiro queimou”.

No dia a dia, encontramos resistores elétricos em muitos objetos. Todo aparelho elétrico que tem por função aquecer de alguma forma: torradeira, ferro elétrico, secador de cabelo, etc. são constituídos por resistores. Isso porque no resistor, a energia elétrica é transformada em calor.

Segunda Lei de Ohm



A resistência de um material depende do quê?

- Do comprimento do condutor;
- Da área do condutor;
- Da natureza do material.

O cientista Georg Simon Ohm, através de experimentos com fios de diferentes comprimentos e espessuras, concluiu que a resistência de um material depende dos fatores listados. Além disso, seus estudos mostraram que a resistência elétrica de um material era diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional a sua área. Essas relações são demonstradas na **Segunda Lei de Ohm**:

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

ρ é a **resistividade** do material. Uma constante, e esta depende da temperatura.

Resistividade à temperatura ambiente

Material	Resistividade (Ωm)
Prata	$1,6 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$
Zinco	$6,0 \times 10^{-8}$
Níquel	$7,8 \times 10^{-8}$
Ferro	$1,0 \times 10^{-7}$
Chumbo	$2,2 \times 10^{-7}$

Exemplo 4: Aplica-se a ddp de 100 V nas extremidades de um fio de 20 m de comprimento e seção circular de área 2 mm². Sabendo-se que a corrente elétrica que circula tem intensidade de 10 A, calcule a resistividade do material que constitui o fio em $\Omega\text{ m}$.

Condutores, isolantes e semicondutores

Há três comportamentos diferentes dos materiais com relação à passagem de corrente elétrica. Os condutores que facilitam a passagem de corrente elétrica, os isolantes (maus condutores) que dificultam e os semicondutores que apresenta um comportamento intermediário.

Classificação	Condutores	Isolantes	Semicondutores
Nível de dificuldade à passagem de corrente elétrica	Baixo	alto	intermediário
Exemplos	Fios de cobre para redes elétricas	Peças de cerâmica para isolamento elétrico	Lâmpadas LED (usadas em circuitos eletrônicos)

Nos semicondutores, a condutividade depende da temperatura. O corpo humano pode ser considerado um semicondutor. A resistência que o corpo humano oferece à passagem de corrente é quase que exclusivamente devida à camada externa da pele. Esta resistência está situada na faixa dos 100 kΩ, quando a pele se encontra seca e não apresenta cortes. Quando a pele encontra-se úmida, condição mais facilmente encontrada na prática, a resistência elétrica do corpo diminui. Cortes também oferecem uma baixa resistência elétrica.

A RESISTÊNCIA ELÉTRICA E O CORPO HUMANO

Diferenças de potencial (ainda que relativamente pequenas) podem causar grandes danos, dependendo da resistência do corpo humano. O valor dessa resistência pode variar entre, aproximadamente 100 000 Ω para a pele seca, e cerca de 1000 Ω para a pele molhada. Assim, se uma pessoa com a pele seca tocar os polos de uma tomada de 120 V, seu corpo será atravessado por uma corrente:



$$i = \frac{V}{R} = \frac{120}{100000} \text{ ou } i = 1,2 \text{ mA}$$

Essa pessoa, como já discutimos, sentirá apenas um ligeiro formigamento.

Se a pessoa estivesse, porém, com a pele molhada, a corrente em seu corpo seria:

$$i = \frac{V}{R} = \frac{120}{1000} \text{ ou } i = 120 \text{ mA}$$

Portanto, essa pessoa poderia até falecer em virtude da fibrilação cardíaca. Por esse motivo, não devemos tocar em instalações elétricas se estivermos com a pele molhada.

Adaptado de: MÁXIMO, Antonio. ALVARENGA, Beatriz. Física contexto & aplicações. 1 ed. SÃO PAULO, Scipione, 2013.

Exemplo 5: A resistência elétrica apresentada pela pele à passagem da corrente está disposta na tabela a seguir. Determine a corrente que atravessa o corpo nas duas situações considerando o corpo submetido à tensão de 120 V e evidencie o dano causado.

Estado da pele	Resistência
Pele seca	400 kΩ
Pele molhada	15 kΩ

ATIVIDADE DIMENSIONANDO CIRCUITOS

1) *Responda e comprove!*

Qual a importância de um resistor em um circuito? A ausência de um resistor pode gerar o quê em um circuito?

Construa um circuito sem resistor e comprove. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

2) *Responda e comprove!*

Em um circuito em série com dois resistores de $10\ \Omega$ e uma fonte de tensão de $12\ \text{V}$. Calcule a corrente percorrida em cada resistor.

Monte o circuito e comprove utilizando medidores elétricos. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

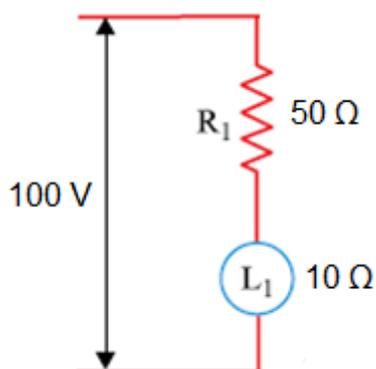
3) *Responda e comprove!*

Dispondo dos mesmos dados da questão anterior. Sem cálculos, responda o que ocorre com o valor da corrente elétrica se os resistores forem dispostos em paralelo.

Monte o circuito e comprove utilizando medidores elétricos. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

4) *Comprove e responda!*

Construa o circuito abaixo:

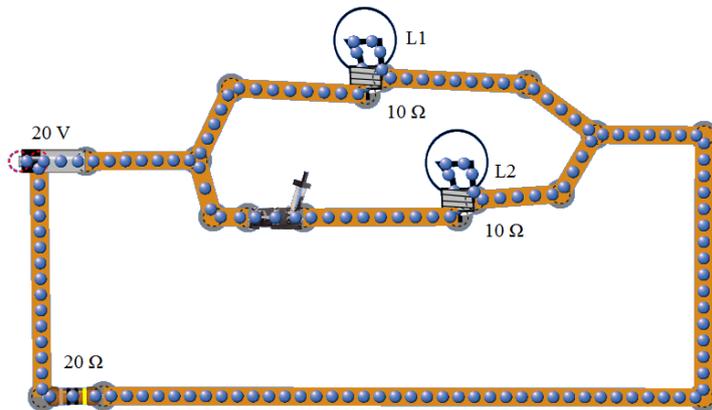


- Agora altere a resistência do resistor para $25\ \Omega$;
- Em seguida, altere novamente resistência, agora para $75\ \Omega$.

Qual explicação para o fenômeno ocorrido?

5) *Responda e comprove!*

No circuito a seguir, o que ocorre ao ligar/desligar a chave.



Comprove na simulação. Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

6) *Comprove e responda!*

No circuito anterior, utilize medidores elétricos para determinar quais os valores de tensão em cada lâmpada e no resistor:

- com a chave fechada;
- com a chave aberta.

Tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

Utilizando a lei de Ohm, determine os valores medidos por meio de cálculos:

- com a chave fechada;

- com a chave aberta.

7) *Desafio!*

Monte um circuito de modo a se obter uma corrente elétrica de 1,5 A. Para isso, utilize:

- Duas pilhas de 9 V;
- Quatro resistores, sendo:
 - - um de 3 Ω;
 - - dois de 6 Ω;
 - - um de 10 Ω;
 - - um de 15 Ω;

Caso consiga, tire um *print* da tela e salve na pasta do grupo.

AVALIAÇÃO INDIVIDUAL - EM(FRENTE) AO ENEM

Aluno(a):

Cartão-resposta

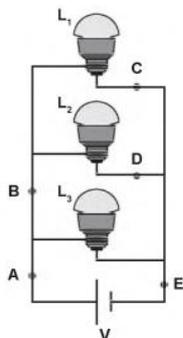
CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS - FÍSICA

01	A	B	C	D	E
02	A	B	C	D	E
03	A	B	C	D	E
04	A	B	C	D	E
05	A	B	C	D	E
06	A	B	C	D	E
07	A	B	C	D	E
08	A	B	C	D	E
09	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E

Instruções:

- As questões deverão ser justificadas por meio de cálculos, esquemas ou textos.
- Não rasurar o cartão-respostas.
- Tempo de prova: 50 minutos.
- Não será permitido o uso de calculadoras e/ou dispositivos eletrônicos.

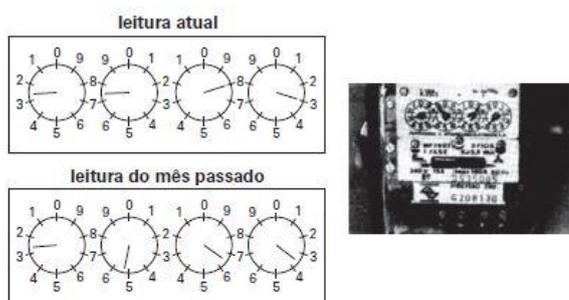
QUESTÃO 1) Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado. A bateria apresenta resistência interna desprezível, e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos: A, B, C, D e E; e rotulou essas correntes de I_A , I_B , I_C , I_D e I_E , respectivamente.



O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são

- A) $I_A = I_E$ e $I_C = I_D$.
- B) $I_A = I_B = I_E$ e $I_C = I_D$.
- C) $I_A = I_B$, apenas.
- D) $I_A = I_B = I_E$, apenas.
- E) $I_C = I_B$, apenas.

QUESTÃO 2) A energia elétrica consumida nas residências é medida, em quilowatt-hora, por meio de um relógio medidor de consumo. Nesse relógio, da direita para a esquerda, tem-se o ponteiro da unidade, da dezena, da centena e do milhar. Se um ponteiro estiver entre dois números, considera-se o último número ultrapassado pelo ponteiro. Suponha que as medidas indicadas nos esquemas seguintes tenham sido feitas em uma cidade em que o preço do quilowatt-hora fosse de R\$ 0,20.

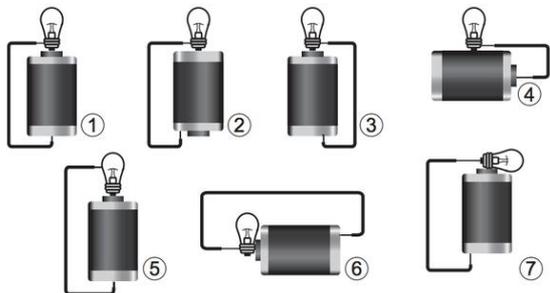


FILHO, A. G.; BAROLLI, E. Instalação Elétrica. São Paulo: Scipione, 1997.

O valor a ser pago pelo consumo de energia elétrica registrado seria de

- A) R\$ 42,80.
- B) R\$ 42,00.
- C) R\$ 43,00.
- D) R\$ 43,80.
- E) R\$ 44,00.

QUESTÃO 3) Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



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

- A) (1), (3), (6)
- B) (3), (4), (5)
- C) (1), (3), (5)
- D) (1), (3), (7)
- E) (1), (2), (5)

QUESTÃO 4) Um grupo de amigos foi passar o fim de semana em um acampamento rural, onde não há eletricidade. Uma pessoa levou um gerador a diesel e outra levou duas lâmpadas, diferentes fios e bocais. Perto do anoitecer, iniciaram a instalação e verificaram que as lâmpadas eram de 60 W – 110 V e o gerador produzia uma tensão de 220 V. Para que as duas lâmpadas possam funcionar de acordo com suas especificações e o circuito tenha menor perda possível, a estrutura do circuito elétrico deverá ser de dois bocais ligados em

- A) série e usar fios de maior espessura.
- B) série e usar fios de máximo comprimento.
- C) paralelo e usar fios de menor espessura.
- D) paralelo e usar fios de maior espessura.
- E) paralelo e usar fios de máximo comprimento.

QUESTÃO 5) Uma lâmpada LED (diodo emissor de luz), que funciona com 12 V e corrente contínua de 0,45 A, produz a mesma quantidade de luz que uma lâmpada incandescente de 60 W de potência. Qual é o valor da redução da potência consumida ao se substituir a lâmpada incandescente pela de LED?

- A) 54,6 W
- B) 27,0 W
- C) 26,6 W
- D) 5,4 W
- E) 5,0 W

QUESTÃO 6) O manual de instruções de um computador apresenta as seguintes recomendações para evitar que o cabo de alimentação de energia elétrica se rompa:

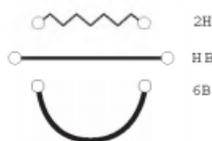
- Ao utilizar a fonte de alimentação, acomode adequadamente o cabo que vai conectado à tomada, evitando dobrá-lo.
- Ao conectar ou desconectar o computador da tomada elétrica, segure o cabo de alimentação pelo plugue e não pelo fio. Caso o usuário não siga essas recomendações e ocorra o dano previsto, a consequência para o funcionamento do computador será a de que

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

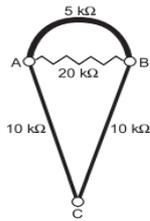
QUESTÃO 7) A rede elétrica de uma residência tem tensão de 110 V e o morador compra, por engano, uma lâmpada incandescente com potência nominal de 100 W e tensão nominal de 220 V. Se essa lâmpada for ligada na rede de 110 V, o que acontecerá?

- A) A lâmpada brilhará normalmente, mas como a tensão é a metade da prevista, a corrente elétrica será o dobro da normal, pois a potência elétrica é o produto de tensão pela corrente.
- B) A lâmpada não acenderá, pois ela é feita para trabalhar apenas com tensão de 220 V, e não funciona com tensão abaixo desta.
- C) A lâmpada irá acender dissipando uma potência de 50 W, pois como a tensão é metade da esperada, a potência também será reduzida à metade.
- D) A lâmpada irá brilhar fracamente, pois com a metade da tensão nominal, a corrente elétrica também será menor e a potência dissipada será menos da metade da nominal.
- E) A lâmpada queimará, pois como a tensão é menor do que a esperada, a corrente será maior, ultrapassando a corrente pela qual o filamento foi projetado.

QUESTÃO 8) Por apresentar significativa resistividade elétrica, o grafite pode ser utilizado para simular resistores elétricos em circuitos desenhados no papel, com o uso de lápis e lapiseiras. Dependendo da espessura e do comprimento das linhas desenhadas, é possível determinar a resistência elétrica de cada traçado produzido. No esquema foram utilizados três tipos de lápis diferentes (2H, HB e 6B) para efetuar três traçados distintos.



Munido dessas informações, um estudante pegou uma folha de papel e fez o desenho de um sorvete de casquinha utilizando-se desses traçados. Os valores encontrados nesse experimento, para as resistências elétricas (R), medidas com o auxílio de um ohmímetro ligado nas extremidades das resistências, são mostrados na figura. Verificou-se que os resistores obedeciam à Lei de Ohm.

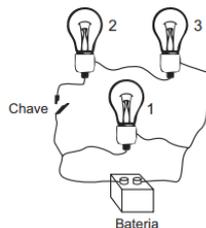


Na sequência, conectou o ohmímetro nos terminais A e B do desenho e, em seguida, conectou-o nos terminais B e C, anotando as leituras R_{AB} e R_{BC} , respectivamente.

Ao estabelecer a razão $\frac{R_{AB}}{R_{BC}}$, qual resultado o estudante obteve?

- A) 1
- B) 4/7
- C) 10/27
- D) 14/81
- E) 4/81

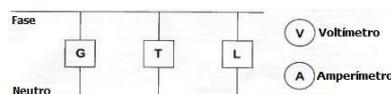
QUESTÃO 9) Um electricista projeta um circuito com três lâmpadas incandescentes idênticas, conectadas como na figura. Deseja-se que uma delas fique sempre acesa, por isso é ligada diretamente aos polos da bateria, entre os quais se mantém uma tensão constante. As outras duas lâmpadas são conectadas em um fio separado, que contém a chave. Com a chave aberta (desligada), a bateria fornece uma potência X .

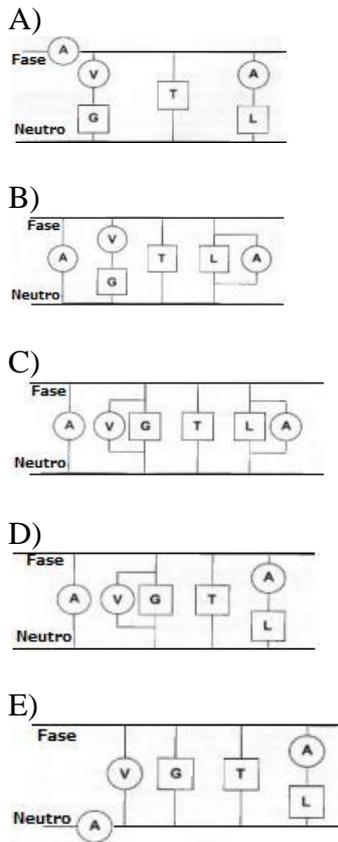


Assumindo que as lâmpadas obedecem à Lei de Ohm, com a chave fechada, a potência fornecida pela bateria, em função de X é:

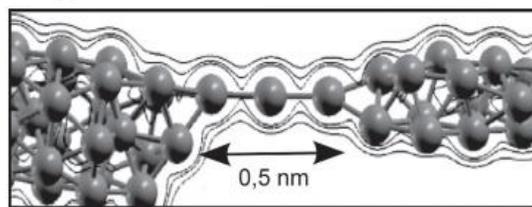
- A) $2X/3$
- B) X
- C) $3X/2$
- D) $2X$
- E) $3X$

QUESTÃO 10) Um electricista analisa o diagrama de uma instalação elétrica residencial para planejar medições de tensão e corrente em uma cozinha. Nesse ambiente existem uma geladeira (**G**), uma tomada (**T**) e uma lâmpada (**L**), conforme a figura. O electricista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira, a corrente total e a corrente na lâmpada. Para isso, ele dispõe de um voltímetro (**V**) e dois amperímetros (**A**).





QUESTÃO 11) Recentemente foram obtidos os fios de cobre mais finos possíveis, contendo apenas um átomo de espessura, que podem, futuramente, ser utilizados em microprocessadores. O chamado nanofio, representado na figura, pode ser aproximado por um pequeno cilindro de comprimento $0,5 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). A seção reta de um átomo de cobre é $0,05 \text{ nm}^2$ e a resistividade do cobre é $17 \text{ } \Omega \cdot \text{nm}$. Um engenheiro precisa estimar se seria possível introduzir esses nanofios nos microprocessadores atuais.

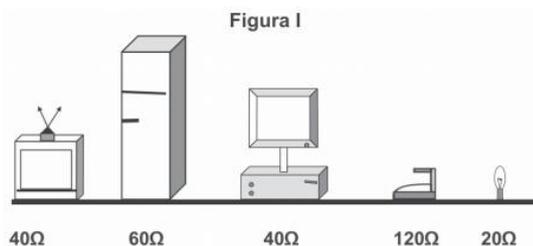


AMORIM, E. P. M.; SILVA, E. Z. Ab initio study of linear atomic chains in copper nanowires. *Physical Review B*, v. 81, 2010 (adaptado).

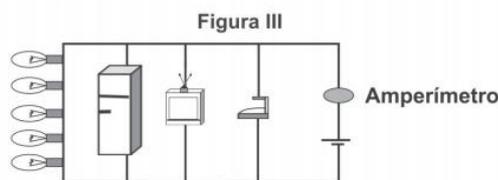
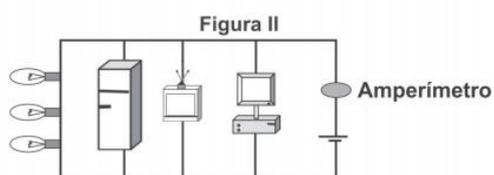
Um nanofio utilizando as aproximações propostas possui resistência elétrica de

- A) $170 \text{ n}\Omega$.
- B) $0,17 \text{ } \Omega$.
- C) $1,7 \text{ } \Omega$.
- D) $17 \text{ } \Omega$.
- E) $170 \text{ } \Omega$.

QUESTÃO 12) Uma residência possui dois aparelhos de TV, duas geladeiras, um computador, um ferro elétrico e oito lâmpadas incandescentes. A resistência elétrica de cada equipamento está representada pela figura I. A tensão elétrica que alimenta a rede da residência é de 120 V. Um electricista fez duas ligações, que se encontram representadas pelas figuras II e III. Com base nas informações, verifica-se que a corrente indicada pelo amperímetro da figura:



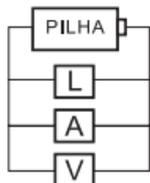
Um electricista fez duas ligações, que se encontram representadas pelas figuras II e III.



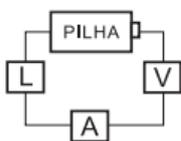
- A) II registrará uma corrente de 10 A.
- B) II registrará uma corrente de 12 A.
- C) II registrará uma corrente de 0,10 A.
- D) III registrará uma corrente de 16,6 A.
- e) III registrará uma corrente de 0,14 A.

QUESTÃO 13) Um eletricista precisa medir a resistência elétrica de uma lâmpada. Ele dispõe de uma pilha, de uma lâmpada (L), de alguns fios e de dois aparelhos: um voltímetro (V), para medir a diferença de potencial entre dois pontos, e um amperímetro (A), para medir a corrente elétrica. O circuito elétrico montado pelo eletricista para medir essa resistência é

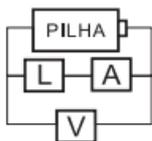
A)



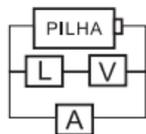
B)



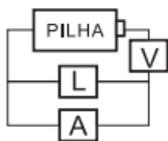
C)



D)



E)



QUESTÃO 14) Quando ocorre um curto-circuito em uma instalação elétrica, a resistência elétrica total do circuito diminui muito, estabelecendo-se nele uma corrente muito elevada.



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

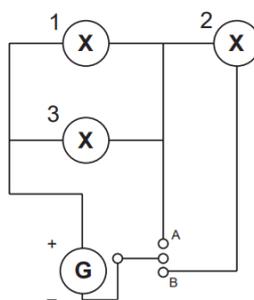
Suponha que um chuveiro instalado em uma rede elétrica de 110 V, em uma residência, possua três posições de regulagem da temperatura da água. Na posição verão utiliza 2100 W, na posição primavera, 2400 W e na posição inverno, 3200 W.

GREF. *Física 3: Eletromagnetismo*. São Paulo: EDUSP, 1993 (adaptado).

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

- A) 40 A
- B) 30 A
- C) 25 A
- D) 23 A
- E) 20 A

QUESTÃO 15) Um sistema de iluminação foi construído com um circuito de três lâmpadas iguais conectadas a um gerador (G) de tensão constante. Esse gerador possui uma chave que pode ser ligada nas posições A ou B.



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

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

AVALIAÇÃO DA ACEITAÇÃO DA UEPS

1. Como você avalia os encontros que tivemos para realizar estas atividades?

- Muito satisfatórios
- Satisfatórios
- Regulares
- Insatisfatórios
- Muito insatisfatórios

2. De qual(is) atividade(s) você mais gostou?

- Mapa mental
- Estudo de caso
- Circuitos em série em paralelo* (Experimento com lâmpadas)
- “Dimensionando circuitos”* (Computacional)
- “Mitos e Verdades na Eletricidade”* (Jogo)
- Mapa conceitual
- Listas de exercícios
- Nenhuma

Comente:

2. Qual dos recursos utilizados, listados na questão anterior, você acredita que mais lhe auxiliou no aprendizado? Justifique.

4. Você percebeu que o conteúdo era retomado ao longo das aulas?

- Sim
- Não

5. A partir das aulas e dos conteúdos estudados, você consegue fazer conexão com situações do dia a dia? Explique.

6. Você acha que a forma como as atividades foram apresentadas e trabalhadas facilitou a compreensão dos conteúdos? Comente.

7. Você acha que os conteúdos aprendidos durante as aulas foram importantes para a sua formação? Comente.

8. Você notou mudança em algum conhecimento que você já possuía acerca de algum tema? Se possível explique e exemplifique.

9. Em uma escala de 1 a 5, onde 1 quer dizer muita dificuldade e 5, muita facilidade, dentre os assuntos abordados nas aulas, classifique de acordo com o que você sentiu ao estudar e compreender cada item abaixo.

- () Conceito de corrente elétrica
- () Cálculo da intensidade da corrente elétrica
- () Efeitos da corrente elétrica (biológico, químico, térmico e magnético)
- () Tipos de corrente elétrica (contínua e alternada)
- () Conceito de tensão elétrica
- () Conceito de resistência elétrica
- () Primeira Lei de Ohm
- () Segunda Lei de Ohm
- () Gráficos
- () Resolução de circuitos elétricos (em série e em paralelo)
- () Potência elétrica
- () Energia elétrica
- () Brilho de lâmpadas

10. O que poderia melhorar nas atividades desenvolvidas? Deixe alguma sugestão ou comentário sobre as aulas de Eletrodinâmica.

REFERÊNCIAS

- FELTRE, Ricardo. *Química*. V. 2. 7. ed. São Paulo: Moderna, 2008.
- GRF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Física 3: Eletromagnetismo*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 1998.
- MÁXIMO, Antonio. ALVARENGA, Beatriz. *Física contexto & aplicações*. V. 3. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2013.
- MOREIRA, M. A. Mapas conceptuales y aprendizaje significativo de las ciencias. *Revista Chilena de Educación Científica*. V. 4, n. 2, 2005.
- MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*. V. 1(2). p. 43-63. 2011.
- OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto de et. al. *Física em contextos: pessoal, social e histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnética, radiação e matéria*. São Paulo: FTD, 2010.
- QUEIROZ, S. L.; CABRAL, P. F. O. *Estudos de Caso no Ensino de Ciências Naturais*. São Carlos, SP: Art Point Gráfica e Editora, 2016.
- RAMALHO JUNIOR, Francisco.; FERRARO, Nicolau Gilberto.; TOLEDO, Paulo Antônio. *Os fundamentos da Física*