

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia
Edivaldo Lima Máximo

UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE
ELETRODINÂMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Diamantina

2022

Edivaldo Lima Máximo

**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE
ELETRODINÂMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Soares Pedroso

Diamantina

2022

Catologação na fonte - Sisbi/UFVJM

M464u Máximo, Edivaldo Lima
2022 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE ELETRODINÂMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA [manuscrito] / Edivaldo Lima Máximo. -- Diamantina, 2022.
186 p. : il.

Orientador: Prof. Luciano Soares Pedroso.

Dissertação (Mestrado Profissional em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia) -- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, Diamantina, 2022.

1. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 2. Sequência Didática. 3. Simulação Computacional. 4. Kit Experimental. 5. Aprendizagem Significativa. I. Pedroso, Luciano Soares. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFVJM com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins Cruz/CRB6-2886

e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFVJM

EDIVALDO LIMA MAXIMO

**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA NO ENSINO
DE ELETRODINÂMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E
TECNOLOGIA, nível de MESTRADO
como parte dos requisitos para
obtenção do título de MESTRE EM
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,
MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

Orientador (a): Prof. Dr. Luciano
Soares Pedroso

Data da aprovação : 25/11/2022

Documento assinado digitalmente
 LUCIANO SOARES PEDROSO
Data: 21/12/2022 08:51:13-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.Dr. LUCIANO SOARES PEDROSO - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 GERALDO WELLINGTON ROCHA FERNANDE:
Data: 20/12/2022 22:49:58-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.Dr. GERALDO WELLINGTON ROCHA FERNANDES - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 JOSUE ANTUNES DE MACEDO
Data: 20/12/2022 15:43:56-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.Dr. JOSUÉ ANTUNES DE MACÊDO - IFNMG

DIAMANTINA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia. Ao meu pai Elias de Andrade Máximo “In memoriam”, minha mãe Maria Lima Máximo por todo apoio e carinho, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a realização desta etapa, concedendo-me persistência para finalizá-la.

Agradeço a Renata Jussiely, minha dedicada esposa, pela compreensão nos momentos em que estive ausente e por toda a felicidade que me proporciona.

Agradeço o meu professor e orientador, Dr. Luciano Soares Pedroso, por me auxiliar nos momentos que precisei e pelas orientações em todo o processo de realização deste trabalho.

Ao Programa de Mestrado em Educação em Ciências Matemática e Tecnologia (PPGECMaT) da UFVJM e a todos os professores pelo empenho e dedicação às aulas ministradas.

Ao IFNMG Campus Salinas, por permitir realizar a pesquisa na instituição e aos professores e colegas de trabalho por disponibilizar as aulas.

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

RESUMO

A presente dissertação e o seu produto oferecem ao professor de Física da Educação Básica uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com o intuito de tornar significativa a aprendizagem de conteúdos e conceitos relacionados à Eletrodinâmica. Para tanto, faz-se necessário ousar-se no fazer pedagógico, inserindo recursos didáticos que oportunizem aos estudantes obter criticidade perante os conhecimentos inclusos em sua estrutura cognitiva. Partindo dessa premissa, esta pesquisa, de viés qualitativo, tem como objetivo investigar as percepções e habilidades dos estudantes do Ensino Médio por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com apoio das simulações computacionais (SC), para aprendizagem significativa dos conteúdos de eletrodinâmica, na disciplina de Física. A UEPS ocorreu seguindo os aspectos sequenciais de Moreira e foi aplicada em duas turmas do 3º ano do Ensino Médio dos cursos Técnicos Integrados em Informática do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – campus Salinas, representado por 54 estudantes. A intervenção pedagógica procedeu-se ao desenvolvimento da UEPS composta das suas atividades - Sequências Didáticas (SD) com aporte ferramental de Simulações Computacionais, *Kits* de Experimentos com componentes eletrônicos e vídeos tutoriais -, que se constituíram nos instrumentos de coleta de dados da pesquisa. O tratamento dos dados foi analisado à luz dos referenciais teóricos e revelaram que a UEPS tem potencialidades e se demonstrou cujo resultados obtidos por intermédio da aplicação da proposta, permitiram concluir que houve indícios de uma aprendizagem significativa. Como fruto desta pesquisa, apresenta-se a UEPS de Eletrodinâmica como produto educacional da pesquisa como Unidade de Ensino Potencialmente Significativa de apoio, oportunizando ao professor o acompanhamento do aprendizado dos estudantes.

Palavras chave: Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Sequência Didática; Simulação Computacional; *Kit* Experimental; Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

This dissertation and its product offer the Basic Education Physics teacher a Potentially Significant Didactic Unit (UEPS) in order to make the learning of contents and concepts related to Electrodynamics meaningful. Therefore, it is necessary to dare in the pedagogical practice, inserting didactic resources that give students the opportunity to obtain criticality in the face of the knowledge included in their cognitive structure. Based on this premise, this qualitative research aims to investigate the perceptions and abilities of high school students through a Potentially Significant Teaching Unit (UEPS) with the support of computer simulations (CS), for the meaningful learning of the contents of electrodynamics, in the discipline of Physics. The UEPS was carried out following the sequential aspects of Moreira and was applied in two classes of the 3rd year of High School of the Integrated Technical courses in Computer Science of the Federal Institute of North Minas Gerais - Salinas campus, represented by 54 students. The pedagogical intervention proceeded to the development of the compote of UEPS activities - Didactic Sequences (SD) with the contribution of Computer Simulations tools, Experiment Kits with electronic components and tutorial vídeos, which constituted the data collection instruments for the investigation. The treatment of the data was analyzed in light of the theoretical references and revealed that the UEPS has potential and it was shown that the results obtained through the application of the proposal, allowed to conclude that there were signs of significant learning. As a result of this research, the UEPS of Electrodynamics is presented as an educational product of research as a Potentially Significant Didactic Support Unit, providing the teacher with the opportunity to monitor student learning.

Keywords: Potentially Significant Didactic Unit; After teaching; Computer Simulation; Experimental Team; Significant learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de Aprendizagem, de acordo com a proposta de Ausubel, Novak e Hanesian, (1980)	26
Figura 2 – Modelo representativo da Assimilação	28
Figura 3 – Relação entre diferenciação progressiva e reconciliação integradora.....	33
Figura 4 – Mapa conceitual sobre a Aprendizagem Significativa.....	33
Figura 5 – Aspectos dos mapas conceituais	35
Figura 6 – Recorte da página do PhET com a SC Kit para Montar Circuito AC - Lab Virtual	59
Figura 7 – Kit com os componentes eletrônicos.....	61
Figura 8 – Número de participantes na aplicação de sondagem inicial.....	68
Figura 9 – Respostas dos estudantes à Questão 01.....	68
Figura 10 – Respostas dos estudantes à Questão 02.....	70
Figura 11 – Respostas dos estudantes à questão 03.....	71
Figura 12 – Circuito em série simples	72
Figura 13 – Respostas da Questão Q5 - b.....	74
Figura 14 – Circuito simples com chave aberta	74
Figura 15 – Respostas da Questão Q6 – a	75
Figura 16 –Respostas da Questão Q6 – b	76
Figura 17 – Circuito simples com duas lâmpadas	77
Figura 18 – Respostas da questão Q7 – a	77
Figura 19 – Respostas da questão Q7 – b.....	78
Figura 20 – Circuito com receptores em paralelo.....	79
Figura 21 – Respostas da questão Q8 – a	80
Figura 22 – Respostas da questão Q8 – b.....	81
Figura 23 – Respostas da questão Q8 – c	81
Figura 24 – Gráficos de Potência e Energia em função do tempo para um receptor	83
Figura 25 – Respostas da questão Q9	83
Figura 26 – Momento que os estudantes foram alocados no laboratório de Informática do IFNMG, familiarizando com o PhET-colorado.....	86
Figura 27 – Estudante realizando atividade 1 com a SC PhET-colorado.....	87
Figura 28 – Estudantes realizando atividade 2 com Simulador Virtual -PhET.....	88
Figura 29 – Circuito simples construído pelos estudantes	89

Figura 30 – Estudantes medido a tensão nos terminais da pilha	90
Figura 31 – Atividade 2: Circuito montado por um dos estudantes com o uso de duas lâmpadas ligadas em série.	91
Figura 32 – Estudante respondendo a atividade 2 no laboratório de informática	94
Figura 33 – Atividade 3: Circuito alimentado por uma pilha e com receptores em paralelo... ..	95
Figura 34 – Em (a), estudantes respondendo a atividade 3. Em (b), recorte da simulação elaborada por um estudante conforme a SD.	98
Figura 35 – Estudante simulando o circuito e resolvendo a atividade 3	98
Figura 36 – Atividade 4: Circuito com receptores ligados de forma mista.	99
Figura 37 – Professor-pesquisador demonstrando as funções e os cuidados ao utilizar o Multímetro	103
Figura 38 – Em (a), estudantes montando circuito em série com resistores. Em (b), estudantes substituindo os resistores por LED conforme a Atividade 1 da SD.	109
Figura 39 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172026VM, 172101VM, 172109VM	124
Figura 40 – Em (a) temos o recorte do mapa conceitual pelos estudantes, em (b) recorte da SC com PhET-Colorado e em (c) recorte da atividade práticas com a SD	126
Figura 41 – Mapa conceitual construído pelos estudantes 171489VD, 172029VD e 172133VD	127
Figura 42 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172030VM, 172031VM.....	127
Figura 43 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172023AM, 172063AM e 172046AM.....	129
Figura 44 – Em (a) temos recorte atividade 2 da SC com PhET-Colorado, em (b) recorte do mapa conceitual pelos estudantes, e em (c) recorte da atividade 1 com a SD.....	130
Figura 45 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172321VM, 172669VM e 173526VM.....	132
Figura 46 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172064VM, 173247VM e 172098VM.....	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Etapas constitutivas de uma UEPS.....	38
Quadro 2 - Identificador do público alvo conforme diário eletrônico da unidade escolar.....	52
Quadro 3 - Instrumentos de coleta de dados.....	53
Quadro 4 – Etapas de Aplicação 1 - Sondagens Inicial.....	58
Quadro 5 - Etapa de aplicação 2: Simulador computacional.....	59
Quadro 6 - Etapa de aplicação 3: Atividade Experimental 1	62
Quadro 7 - Etapa de aplicação 4: Atividade experimental 2	63
Quadro 8 - Etapa de aplicação 5: Atividade Experimental 3	64
Quadro 8 - Etapa de aplicação 6: Avaliação final	65
Quadro 9 – Mapas conceituais avaliados como satisfatório.....	123
Quadro 10 – Mapas conceituais avaliados como parcialmente satisfatório	128
Quadro 11 – Mapas conceituais avaliados como insatisfatório.....	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Análise do Conteúdo
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
HB	Ensino Híbrido
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MC	Mapa Conceitual
PE	Produto Educacional
PROUNI	Programa Universidade para todos
SC	Simulações Computacionais
SD	Sequência Didática
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
UC	Unidade Curricular
UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 Teoria de Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel	25
2.1.1 <i>Aprendizagem Significativa versus Aprendizagem Mecânica.....</i>	26
2.1.1.1 <i>Assimilação de conceitos.....</i>	28
2.1.1.2 <i>Predisposição para Aprendizagem Significativa</i>	30
<u>2.1.1.2.1 <i>Aprendizagem por Subordinação</i></u>	<u>30</u>
<u>2.1.1.2.2 <i>Aprendizagem por superordenação</i></u>	<u>31</u>
<u>2.1.1.2.3 <i>Aprendizagem combinatória</i></u>	<u>31</u>
2.1.2 <i>Ocorrência de conteúdo mínimo na Estrutura Cognitiva do estudante (Subsunçores). 32</i>	32
2.1.2.1 <i>Por diferenciação progressiva</i>	32
2.1.2.2 <i>Por reconciliação integradora</i>	32
2.2 Mapas Conceituais.....	34
2.3 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	37
2.4 As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no Ensino.....	39
2.5 Simulações Computacionais	42
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	48
3.1 Caracterização da pesquisa	48
3.2 Local da pesquisa.....	51
3.3 Sujeito da pesquisa	51
3.4 Instrumentos de coleta de dados	52
3.5 Técnicas para Análise de dados.....	55
3.6 Descrição das Etapas do Produto Educacional.....	56
3.6.1 <i>Etapa 1 – Sondagem Inicial.....</i>	57
3.6.2 <i>Etapa 2 – Aplicação da Simulação Computacional.....</i>	58
3.6.3 <i>Etapa 3 – Aplicação da Atividade Experimental 1.....</i>	60
3.6.4 <i>Etapa 4 – Aplicação da Atividade Experimental 2.....</i>	63
3.6.5 <i>Etapa 5 – Aplicação da Atividade Experimental 3.....</i>	64
3.6.6 <i>Etapa 7 – Avaliação Final.....</i>	64

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
4.1 Análise da Sondagem inicial	66
4.2 Análise da aplicação da Simulação Computacional	84
4.3 Análise da aplicação das Atividades Experimentais	102
4.4 Avaliação final	121
<i>4.4.1 Análise dos mapas conceituais</i>	<i>123</i>
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	135
REFERÊNCIAS	139
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) E TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR.....	145
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO (SONDAGEM INICIAL).....	150
APÊNDICE C – ROTEIRO DOS VÍDEOS-TUTOTIAIS	160
APÊNDICE D – SEQUÊNCIA DIDÁTICA – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PHET	164
APÊNDICE E – SEQUÊNCIA DIDÁTICA / KIT DE COMPONENTES ELETRÔNICOS	175
APÊNDICE F – GUIA PARA ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS.....	186

1 INTRODUÇÃO

As pesquisas em educação, principalmente no que tange o Ensino de Física, está em uma crescente evolução, surgindo na literatura da área diversas propostas e metodologias que visam uma aprendizagem significativa. Entretanto, o ensino de Física para o ensino médio há uma utilização excessiva da matematização o que torna o processo pouco atrativo e induz o pensamento dos estudantes de que a Física é somente uma aplicação de fórmulas envolvendo a Matemática. (MACHADO, 2017).

Por mais que a História da Ciência nos mostre que alguns conceitos matemáticos mais abstratos podem ser interpretados pela Física, reduzir o pensamento filosófico ao processo algébrico é um erro que acarreta prejuízos graves para a formação dos estudantes. (KARAM; PIETROCOLA, 2009). Aliados a matematização, existe a dificuldade na apresentação dos conteúdos de Física, nas turmas de ensino médio, em sua maioria relacionados à dificuldade dos estudantes em compreender conceitos ligados ao tema que está sendo apresentado.

Neste contexto Machado (2017, p. 33), afirma que “essas dificuldades são somadas à falta de habilidade com as ferramentas matemáticas, problemas na interpretação de gráficos e pouca discussão sobre os conceitos físicos básicos”. Em meio a essa discussão, não podemos deixar de enfatizar a falta de interesse por parte dos estudantes. É necessário que eles apresentem uma predisposição em aprender (MOREIRA, 2011).

Outro ponto que se observa é a abstração do tema de eletrodinâmica que evidencia, sem dúvidas, uma dificuldade a ser superada no processo de ensino e aprendizagem. Sobre isso Machado (2017, p. 29) cita que “há uma grande barreira existente para que isso ocorra é que na maioria das vezes os conteúdos apresentados não fazem parte da realidade do aluno e/ou necessitam de um grande grau de abstração para seu entendimento”.

Muito embora, a abordagem de fenômenos esteja gradualmente presente no processo ensino aprendizagem, faz-se necessário minimizar a distância entre teoria e prática dentro dos conceitos fenomenológicos e trazer o conteúdo a um grau menos abstrato para o estudante de forma que ele possa perceber o sentido ao estudo de conceitos de Eletrodinâmica ao cursar o Ensino Médio.

Ainda é possível evidenciar, com frequência, as dificuldades dos estudantes do Ensino Médio no que se refere a associar os conhecimentos teóricos às situações práticas do cotidiano, o que dificulta a construção do conhecimento em Ciências e em especial em Física.

Nesse viés, de acordo com Alves e Stachak (2005, p. 1), “o ensino é visto como um objeto abstrato, longe da realidade dos estudantes, o qual gera um desinteresse total pelo trabalho escolar”. O que leva os estudantes a se preocuparem, se não somente, com as notas e em ser aprovado nas unidades curriculares, aprofundando ainda mais a lacuna existente entre a teoria e prática.

Bassoli (2014), pontua que mesmo aqueles professores que reconhecem a importância das atividades práticas experimentais e trabalham em contextos que favorecem a realização destas atividades, podem apresentar dificuldades para realizá-las, tendo em vista sua pouca familiarização com este tipo de abordagem metodológica durante o processo de escolarização, destacando que o desinteresse do estudante e a ineficiência do ensino deixam o docente desestimulado.

No entanto, conforme Carvalho (2004, p. 26), “o papel do professor é construir com os alunos essa passagem do saber cotidiano para o saber científico, por meio de investigação e do próprio questionamento acerca do fenômeno”; logo, cabe ao professor desenvolver metodologias de ensino que busquem minimizar a distância entre teoria e prática e, conseqüentemente, se mostrem convidativas à aprendizagem dos estudantes. Cabe ao professor orientar, mediar e apoiar os estudantes a descobrirem o conhecimento e a identificar o problema a ser investigado.

Nesta perspectiva, há uma preocupação em se ensinar Ciência aplicada ao cotidiano dos estudantes propiciando mudanças metodológicas para delinear os conceitos de maneira que estes sejam abordados e relacionados com as mudanças e melhorias tecnocientíficas, de maneira que se perceba como esses avanços podem colaborar, mesmo com suas limitações, no meio em que vivem (MATOS, 2007). Dessa forma, é importante que o professor de Física aborde temas que sejam verdadeiramente significativos na vida dos estudantes para que estes relacionem os conceitos físicos aprendidos em sala de aula com o seu dia a dia.

Novas abordagens didáticas e pedagógicas surgem na tentativa de minimizar os principais problemas no ensino de Física – uso excessivo de fórmulas, cobrança de memorização de definições e de respostas corretas para serem reproduzidas nas provas e esquecidas logo depois etc. -, e de despertar o interesse dos estudantes e de mudar essa visão distorcida que eles possuem acerca da Física (MOREIRA, 2011). 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 contextualizar e aproximar os conteúdos ao dia a dia dos estudantes.

Medeiros e Medeiros (2002, p. 78), ressaltam 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 e melhor compreensão de um determinado fenômeno pelo estudante.

Durante as aulas ao se utilizar um recurso didático, como um vídeo, uma simulação computacional, uma atividade experimental ou um jogo, alguns dos estudantes passam a envolver-se ainda mais com as intervenções propostas pelo professor e conseqüentemente indagar situações científicas que ocorram neste ambiente e fora dele. Dessa forma, torna-se necessário entender as dificuldades dos estudantes em relacionar o tema Eletrodinâmica e fazer analogias com os fenômenos físicos com o dia a dia, minimizando, assim, o distanciamento entre a teoria e a prática, o que contribuirá para o seu desenvolvimento crítico e científico, destacando a utilização da abordagem, e, também, colocar de maneira clara e significativa as questões problemas para que o estudante seja capaz de compreender as proposições empregadas pelo professor.

Sob essa óptica, 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 pode facilitar o processo da construção crítica e cidadã. Neste contexto, a Física é uma ciência que perpassa pela realidade cotidiana dos estudantes, podendo observá-la em muitos fenômenos naturais, seja em situações práticas ou em casos relacionados à tecnologia, sobretudo os conceitos e teorias relacionados a Eletrodinâmica, por exemplo, estão presentes em várias atividades cotidianas que realizamos.

Embora, os estudantes chegam à sala de aula com seus conhecimentos prévios acerca dos conceitos de corrente elétrica, tensão elétrica, resistência elétrica, dentre outros, apresentam, muitas vezes, esses conceitos com imprecisões ou mesmo fissuras frente ao ponto de vista científico, e em outros casos, os estudantes 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”.

Logo, por acreditar que as concepções prévias dos estudantes são fundamentais e relevantes no processo de ensino e aprendizagem, e que as Sequências Didáticas (SD) possuem um papel indispensável nesse processo por se apresentarem com atividades diferenciadas e facilitadoras da aprendizagem, que levem em conta o conhecimento prévio, utilizando-se de materiais potencialmente significativos podem se apresentar com uma alternativa eficaz para

compreensão dos conceitos relacionados à Eletrodinâmica, com uma perspectiva de aprendizagem significativa.

Nesta perspectiva, a Aprendizagem Significativa se apresenta como um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira não-litera (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 estudante elabora e avança em busca de novos conhecimentos (MOREIRA, 2011).

À vista disso, Moreira (2011, p. 44) demonstra que uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) “são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”. É um instrumento relevante no processo de ensino e aprendizagem, pois oportunizam aos alunos obter e construir conhecimentos por intermédio de aspectos metodológicos diferenciados, dinâmicos e sistematizados. Ainda, as UEPS, apontadas por Moreira (2011) são consideradas eficientes ferramentas de ensino para o professor e, conseqüentemente, de aprendizagem para o estudante.

Diante das leituras realizadas, dos autores consultados e das constatações sobre o potencial da Teoria de Aprendizagem Significativa na unidade curricular de Física, tem-se a seguinte questão norteadora da presente pesquisa: O desenvolvimento de atividades experimentais apoiadas por simulações computacionais organizadas (ou planejadas) em uma UEPS consegue promover Aprendizagem Significativa em estudantes do ensino médio?

Para responder esta questão norteadora, o objetivo geral deste trabalho foi: investigar os aspectos conceituais relacionados ao tema de eletrodinâmica dos estudantes do ensino médio através de atividades experimentais e virtuais por meio de uma UEPS.

Como objetivos específicos tem-se: a) identificar os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva dos estudantes em relação ao conceito de Eletrodinâmica; b) Verificar a ocorrência de subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes a consolidação dos conceitos relativos à eletrodinâmica através de uma UEPS, utilizando como suporte simulação computacional como parâmetro para a aquisição de uma aprendizagem significativa; c) Identificar o processo de consolidação efetiva dos conceitos relacionados à eletrodinâmica por meio da utilização de *kit* experimentais com componentes eletrônicos; d) Verificar como se caracterizam os indicadores dos Mapas Conceituais e se eles promovem aprendizagem significativa.

Na tentativa de responder a questão de pesquisa e atender aos objetivos propostos, foi desenvolvido um Produto Educacional constituído de uma UEPS composta de experimentos

com *kit* de componentes eletroeletrônicos focado na experimentação com o intuito de tornar o ensino de Eletrodinâmica mais dinâmico e atrativo, além de utilizar de recursos de mídia, tais como vídeos tutoriais e de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) como simulações computacionais, no intuito de reduzir os ruídos cognitivos além de SD como recurso integrador dos conceitos e instrumento avaliativo.

Espera-se que a proposta desse material apoie o ensino da temática, sendo replicável e/ou adaptável com facilidade pelo professor em suas aulas na unidade curricular de Física.

Desse modo, o presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, além da introdução que apresentamos a questão norteadora que deram origem para presente pesquisa. O segundo capítulo apresenta as bases teóricas que contribuíram e fundamentam para a realização da presente pesquisa, que contém a Teoria da Aprendizagem Significativa, que versa sobre conceitos e princípios cunhados por Ausubel, bem com a teoria dos mapas conceituais e da UEPS que são subjacentes a ela. Também apresenta uma breve discussão sobre as TDIC no Ensino e as Simulações Computacionais como ferramenta fundamental no contexto do processo de ensino e aprendizagem.

O terceiro capítulo retrata os procedimentos metodológicos da pesquisa, a caracterização e todo o contexto da aplicação, a descrição dos sujeitos, dos instrumentos de coleta de dados, técnicas para análise dos dados e um resumo detalhado de cada etapa da aplicação.

O quarto capítulo é destinado aos resultados e discussões trazendo a análise e interpretação dos questionários, bem como são apresentados os resultados obtidos, antes, durante e depois da aplicação da proposta de ensino.

Por fim, o quinto capítulo traz as considerações finais acerca da pesquisa e perspectivas da proposta de ensino

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta as bases teóricas que fundamentam a realização da presente pesquisa. São considerados no decorrer deste trabalho a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel, Novak e Hanesian (1980), numa perspectiva cognitivista, além da teoria dos mapas conceituais e da UEPS que são subjacentes a ela. Também apresenta uma breve discussão sobre TDIC no Ensino e as Simulações Computacionais como ferramenta fundamental no contexto do processo de ensino e aprendizagem.

2.1 Teoria de Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel

Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se como aporte teórico a Teoria de Aprendizagem Significativa proposta pelo psicólogo norte americano David Paul Ausubel, amplamente empregada em muitos trabalhos (SANTOS, 2008; DORNELES, 2005, 2010) dentre outros, sobretudo naqueles relacionados ao Ensino de Física.

Essa teoria é compreendida por vários autores como pertencente ao conjunto de teorias construtivistas cognitivistas. Moreira (1999), por exemplo, considera que Ausubel é:

[...] um representante do cognitivismo e, como tal, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem, segundo o ponto de vista cognitivo, embora reconheça a importância da experiência afetiva. Para ele, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva. Como outros teóricos do cognitivismo, ele se baseia na premissa de que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam. (MOREIRA, 1999, p. 152).

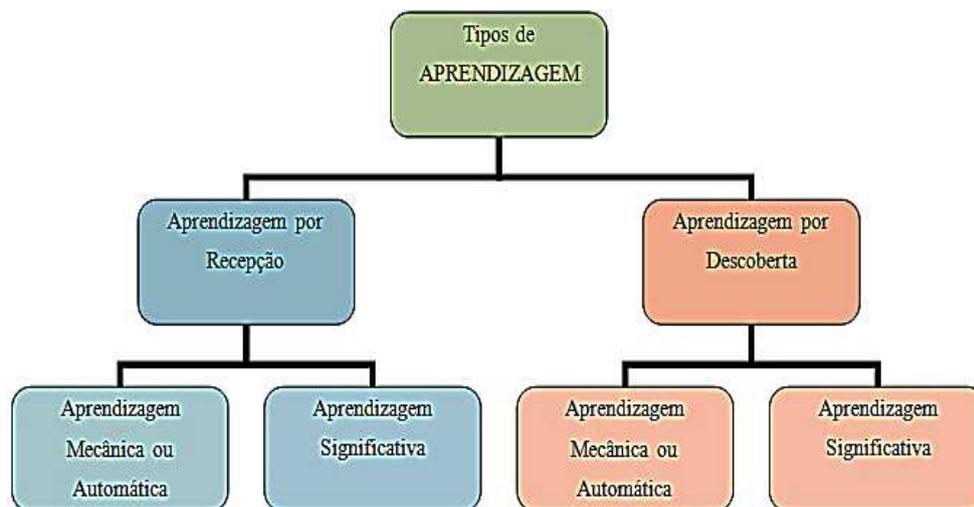
Nesta linha cognitivista, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) estabelece uma fundamentação teórica que explica o processo de aprendizagem tendo em vista a estrutura e o funcionamento do eixo cognitivo daquele que aprende. Segundo Moreira (1999), assim como para outros teóricos do cognitivismo, Ausubel se baseia na premissa de que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam.

Esta estrutura, por sua vez, pode ser entendida como o conteúdo total de ideias de certo indivíduo e sua organização, incluindo-se os processos por meio dos quais se adquire e utiliza o conhecimento.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980), distinguem duas grandes categorias de aprendizagem, a da aprendizagem por descoberta e da aprendizagem por recepção ou receptiva

Figura 1.

Figura 1 – Tipos de Aprendizagem, de acordo com a proposta de Ausubel, Novak e Hanesian, (1980)



Fonte: AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980, p. 102. (adaptado)

Segundo estes autores, a principal característica na aprendizagem por descoberta é o fato de que o conteúdo principal a ser aprendido não é dado, mas deve ser descoberto pelo estudante, antes que possa ser significativamente incorporado à sua estrutura cognitiva. Já na aprendizagem por recepção, o conteúdo que vai ser aprendido é apresentado ao estudante sob a forma final.

Nesse sentido, exige-se somente que o estudante internalize o material, que é apresentado de forma a tornar-se acessível ou reproduzível em alguma ocasião futura. As aprendizagens por recepção e por descoberta, por sua vez, se subdividem em aprendizagem automática (ou mecânica) e aprendizagem significativa (FIG. 1).

2.1.1 Aprendizagem Significativa versus Aprendizagem Mecânica

A aprendizagem mecânica ocorre quando há apropriação de novas informações, desencadeando pouca ou nenhuma interação do aprendiz com conceitos relevantes existentes em sua estrutura cognitiva, conceitos estes que Ausubel, Novak e Hanesian (1980) definem como subsunçores. O subsunçor é uma estrutura específica por meio da qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena experiências prévias do aprendiz (SANTOS, 2008).

Para Ausubel, no modelo de aprendizagem mecânica ocorrem associações puramente arbitrárias, sem qualquer vínculo claro com subsunçores, tais como aquelas

“associações de pares, quebra-cabeça, labirinto, ou aprendizagem de séries [...] ou como uma série arbitrária de palavras” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 23). Santos (2008) acrescenta que, com a aprendizagem mecânica a “pessoa decora fórmulas, leis, mas esquece após a avaliação ou não sabe o que fazer com elas” (SANTOS 2008, p. 53).

Entretanto, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) ponderam sobre a necessidade de valorização da aprendizagem mecânica, considerando que ela é inevitável no caso de conceitos inteiramente novos para o aprendiz – aqueles conhecimentos que não têm como se “ancorar” em conhecimentos prévios, que, por ausência de subsunções, são aprendidos mecanicamente.

Quando o estudante, de forma autônoma, descobre algo novo, mas esta nova informação não faz sentido para ele, ou seja, não se associa à sua estrutura cognitiva, ocorre aprendizagem mecânica por descoberta.

A teoria da aprendizagem significativa se enquadra como um tipo de aprendizagem por recepção ou por descoberta. Neste contexto, a “tarefa ou conteúdo potencialmente significativo é compreendido ou tornada significativa durante o processo de internalização.” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 20).

Uma questão importante relacionada às condições necessárias à aprendizagem significativa é à disposição do estudante para a aprendizagem.

A aprendizagem significativa pressupõe que o aluno manifeste uma disposição para a aprendizagem significativa – ou seja, uma disposição para relacionar de forma não arbitrária e substantiva, o novo material à sua estrutura cognitiva – e que o material aprendido seja potencialmente significativo – principalmente incorporável à sua estrutura de conhecimento através de uma relação não arbitrária e não literal. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 34).

A ideia central da teoria da aprendizagem significativa é a da valorização dos conhecimentos prévios (subsunções) do estudante. Sobre esta ideia, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) afirmam que:

A aprendizagem significativa ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação em outras com as quais o aluno já esteja familiarizado, e quando o aluno adota uma estratégia correspondente para assim proceder (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 23).

Esta relação não arbitrária e substantiva diz respeito a uma interatividade entre os novos conhecimentos e novos conceitos com algum aspecto relevante pré-existente na estrutura cognitiva do estudante.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), estes aspectos relevantes da estrutura cognitiva do estudante podem ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição.

Moreira (1999), relata que na aprendizagem significativa de David Ausubel, “a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, definida como conceito subsunçor, ou simplesmente, subsunçor existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.” (MOREIRA, 1999, p. 17).

2.1.1.1 Assimilação de conceitos

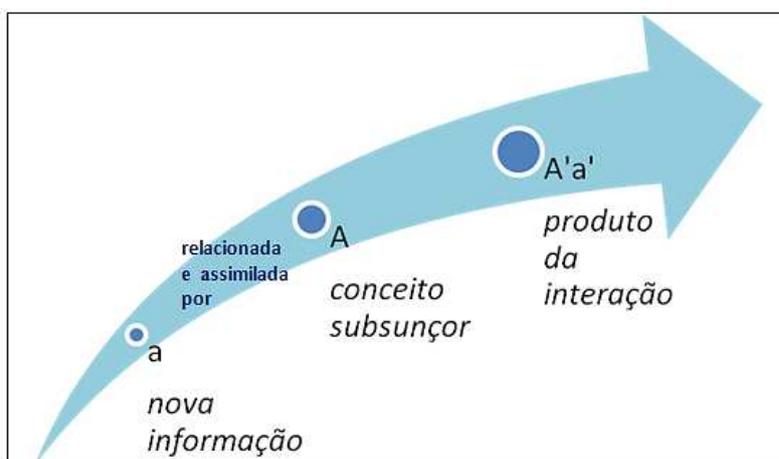
A assimilação de conceitos é o princípio utilizado por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) para tornar mais claro o processo de aquisição, fixação e de organização dos significados na estrutura cognitiva do indivíduo, sendo também chamada de teoria da assimilação.

Estes autores sugerem que na aprendizagem significativa o resultado da interação que ocorre entre o novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva existente é uma assimilação de antigos e novos significados que contribui para a modificação dessa estrutura.

Na assimilação, mesmo com o surgimento de novos significados, a relação entre os subsunçores – como meios de ancoragem – e o que é assimilado permanece na estrutura cognitiva do estudante (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 104).

Para exemplificar o princípio da assimilação, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) propõem um modelo que representa este processo, no qual a interação entre a nova informação e o conceito de ancoragem gera um produto modificado desta interação, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo representativo da Assimilação



Quando uma nova ideia **a** é aprendida significativamente e relacionada à ideia relevante estabelecida **A** (subsunçor), tanto as ideias são modificadas como **a** é assimilada pela ideia estabelecida **A**. [...] **A** e a nova ideia **a** sofrem modificações, formando o produto da interação **A'a'**.

Fonte: AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN (1980, p. 104) (adaptado)

É importante ressaltar que a assimilação não termina após a aprendizagem significativa, mas continua, conforme propõem os autores, em etapas subsequentes, levando à aprendizagem futura de uma nova ideia, como se percebe na seta da Figura 2.

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), o envolvimento do estudante no processo de aprendizagem passa pelo seu papel ativo, sua motivação para a investigação, exploração e compartilhamento de suas descobertas, procurando a construção significativa de seu conhecimento. Portanto, aprendizagem significativa é um processo no qual uma nova informação é relacionada a um ponto relevante na estrutura cognitiva do estudante.

A estrutura cognitiva, para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), é o conteúdo informacional organizado e armazenado por um estudante. Nesse sentido pode-se supor que um determinado conteúdo previamente armazenado representará uma forte influência no processo de aprendizagem de um estudante, sendo necessárias três condições para objetivação da aprendizagem significativa, apresentadas em seguida:

a) A predisposição do aprendiz para o relacionamento com o conteúdo apresentado. É nesse ponto que cabe ao professor buscar novas alternativas ao seu método de ensino, levando para sala de aula atividades e avaliações que contemplem habilidades e competências interligadas ao mundo real. Na disciplina de Física, os aparatos experimentais objetivaram proporcionar uma visão investigativa, permitindo que a experimentação alcance um caráter mais aberto, sendo possível enfatizar as concepções espontâneas, o teste de hipóteses, a mudança conceitual, a capacidade de observação e descrição de fenômenos e até mesmo de reelaboração de explicações causais nos estudantes.

b) A ocorrência de um conteúdo mínimo na estrutura cognitiva do estudante. Nesse caso, o professor deve identificar os organizadores prévios faltantes para a compreensão de determinado assunto e disponibilizá-los, para que o estudante consiga fazer todas as relações necessárias ao entendimento do conteúdo. Para se verificar o conteúdo mínimo na estrutura dos estudantes, planeja-se a utilização de um pré-teste contendo questões conceituais sobre eletrodinâmica. As questões visam a identificar conceitos sobre Lei de Ohm, Circuitos elétricos, Resistência, e Potência, dentre outras.

c) O material a ser utilizado deve ser potencialmente significativo. Aqui, cabe ao professor, organizar o material a torná-lo significativo e incluir materiais e informações anteriores que sirvam de organizadores prévios, como trabalhados nesta proposta.

d) A construção dos experimentos e das simulações deve levar em consideração as concepções prévias dos estudantes acerca de conceitos de Eletrodinâmica, de modo que

as atividades práticas articulado às simulações computacionais, ambos embasados no livro didático, formarão um arsenal metodológico capaz de oferecer condições favoráveis para que ocorra a aprendizagem significativa dos conceitos de Eletrodinâmica abordados.

2.1.1.2 Predisposição para Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa pressupõe a predisposição do estudante para estabelecer uma relação entre novos conceitos e os conceitos relevantes de sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem significativa pode ocorrer por descoberta ou por recepção, sendo que na aprendizagem por descoberta o estudante deve buscar sozinho, princípios, leis e relações de um determinado fenômeno resolvendo algum tipo de problema, enquanto que na aprendizagem por recepção, o estudante recebe a informação pronta, devendo atuar ativamente sobre esse material. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) ainda consideram três formas de aprendizagem significativa:

2.1.1.2.1 Aprendizagem por Subordinação

Acontece quando a nova ideia é um exemplo de algo que já se sabe. Esse tipo de aprendizagem pode ocorrer de maneira derivativa quando a nova informação a ser assimilada pela estrutura cognitiva representa um exemplo mais específico do elemento relevante dessa estrutura, ou por representar uma aplicação deste ou uma ilustração de um elemento subsunçor mais geral, conceito que será esclarecido adiante.

Como exemplo, pode-se citar o caso investigado nesse trabalho sobre o conceito de força elétrica e as relações que podem ser feitas a fim de melhor conceituar e classificar esta grandeza física. Supondo que, inicialmente, o estudante perceba que sua ideia sobre força seja basicamente expressa por situações de contato entre corpos (em geral de esforço físico) e que concorde vincular a grandeza ao termo interação entre corpos.

Pode-se levá-lo a refletir, por exemplo, sobre a causa fenomenológica da queda dos corpos e o significado físico do termo peso dos corpos, comumente utilizado nessas situações.

Dessa maneira, o estudante pode vir a perceber que seu conceito de força (de contato) precisa ser ampliado, pois neste caso (da queda de corpos) justifica-se a definição de

interação entre corpos, mas não mais de contato e sim à distância. Um conceito novo (emergente) a ser assimilado seria o de gravitação (ou força da gravidade) como “sinônimo” do termo peso e o reconhecimento desta grandeza (peso) como um tipo de força, mas de característica diferente daquela que se fazia presente nos exemplos de contato entre corpos (puxão, empurrão, entre outros).

O significado fenomenológico de força como a existência de interação entre corpos não deixa de existir, mas se amplia para a duplicidade de (inter)ação: por contato e à distância.

2.1.1.2.2 Aprendizagem por superordenação

É aquela em que a ocorrência de uma pequena ideia leva a generalizações. Por exemplo, uma vez que o estudante tenha feito um estudo de magnetismo, tendo como estáveis e relacionados os conceitos de campo magnético e força magnética, facilmente poderá identificar relações com as características do campo magnético e do campo elétrico podendo reuni-las a um novo termo como o de Campo Eletromagnético e que as interações magnéticas implicam também em interações elétricas.

2.1.1.2.3 Aprendizagem combinatória

Este tipo de aprendizagem acontece quando a nova ideia não está hierarquicamente acima nem abaixo da ideia já existente na estrutura cognitiva à qual se relacionou de forma não-arbitrária e lógica. Ou seja, a nova ideia não é exemplo nem generalização daquilo que se usou como sua âncora na estrutura cognitiva do estudante. Essa âncora, no entanto, é necessária para o estabelecimento de uma aprendizagem significativa.

Um exemplo, deste tipo de aprendizagem, é o caso da metáfora que se faz de um sistema elétrico com um sistema hidráulico. Nesse exemplo, usam-se conceitos dominados pelo estudante com relação aos sistemas de águas para ensinar conceitos novos que guardam alguma relação com os antigos que serviram como âncora, embora os sistemas elétricos não sejam uma generalização nem um exemplo de sistemas hidráulicos, e vice-versa.

No entanto, é muito mais fácil para a maioria dos estudantes começarem a lidar com os novos conceitos da eletricidade a partir de conceitos com os quais já estão acostumados, relativos à hidráulica. É imprescindível que, nessas situações, as semelhanças e diferenças entre um conceito novo e a antigo que lhe serviu como âncora sejam progressivamente explicitadas,

a fim de que o estudante não misture, confunda ou reduza os conceitos relativos de uma ideia aos da outra.

2.1.2 Ocorrência de conteúdo mínimo na Estrutura Cognitiva do estudante (Subsunçores)

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980) é necessário que o estudante tenha conhecimento prévio sobre o assunto a ser trabalhado, caracterizando que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos relevantes, existentes na estrutura cognitiva do estudante, com os subsunçores organizados nessa estrutura principalmente por duas maneiras:

2.1.2.1 Por diferenciação progressiva

A organização dos subsunçores por diferenciação progressiva estabelece que o conteúdo deve ser programado de maneira que as ideias mais gerais e inclusivas venham em primeiro plano, diferenciando-se principalmente pelos detalhes e suas especificidades. A teoria de Ausubel considera ser mais fácil para o estudante compreender as partes de um todo mais amplo do que aprender a partir de partes sem relações, para chegar a um conceito mais geral.

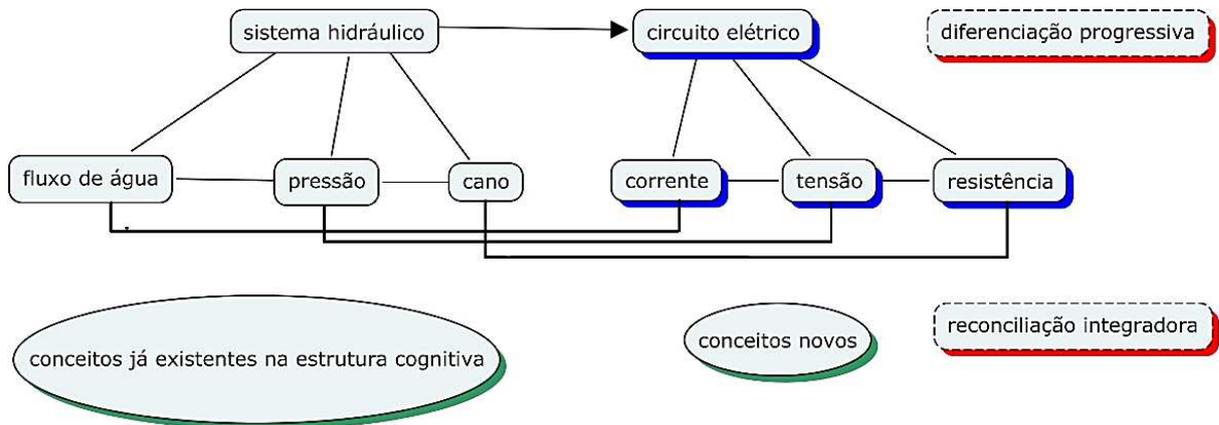
2.1.2.2 Por reconciliação integradora

Esta organização caracteriza-se pelo fato de que em função de novas informações adquiridas, os subsunçores já existentes se reorganizem e apresentem novos significados. O material a ser disponibilizado aos estudantes deve ser estruturado para facilitar esta organização de subsunçores, demonstrando de que maneira as novas ideias são interligadas às antigas.

A Figura 3 mostra a relação entre diferenciação progressiva e reconciliação integradora para o caso do sistema hidráulico e elétrico demonstrando que, quando uma nova ideia é assimilada à estrutura cognitiva de um estudante, isto é feito através do estabelecimento de relações entre si e ideias pré-existentes (cano e resistência).

Como esta relação modifica tanto uma quanto outra, e como a estrutura cognitiva é uma verdadeira teia de relações entre conceitos e ideias, a inserção de algo novo pode provocar a modificação destes conceitos e ideias, mesmo não estando diretamente relacionados (circuito elétrico e resistência).

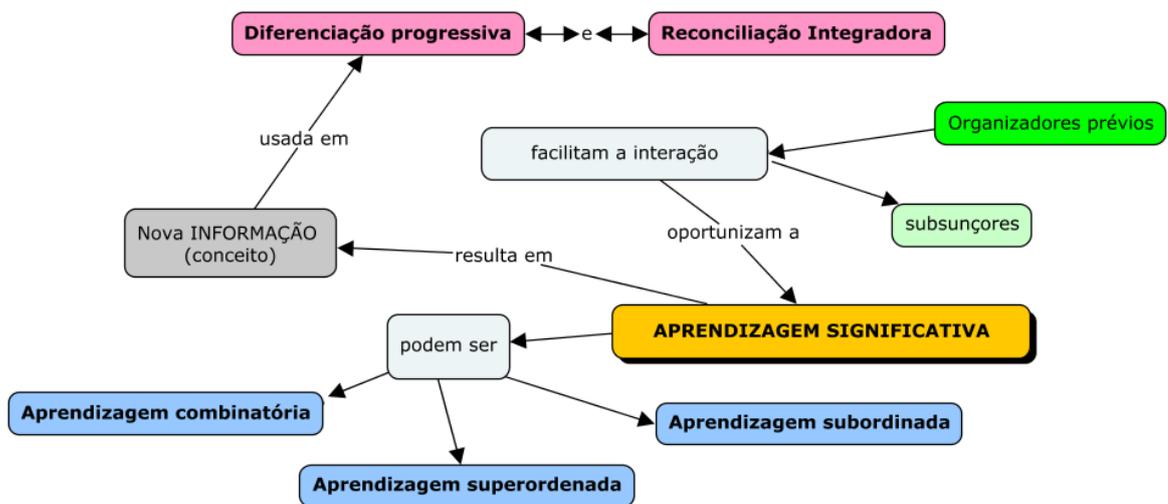
Figura 3 – Relação entre diferenciação progressiva e reconciliação integradora



Fonte: MOREIRA (1999, p. 96). (adaptado)

A Figura 4 retrata um mapa conceitual da Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel (2000).

Figura 4 – Mapa conceitual sobre a Aprendizagem Significativa



Fonte: ACERVO DO AUTOR

A estrutura cognitiva é algo dinâmico, em constante modificação em função das diversas experiências e aprendizados de cada estudante. Cabe ressaltar, entretanto, que esse processo não é “automático”, ou seja, não basta uma nova ideia para mudar toda a estrutura cognitiva do estudante. É preciso trabalho ativo do estudante para que esta mudança possa “se processar”.

A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos que resultam e ocorrem simultaneamente com a Aprendizagem Significativa, bem caracterizando a dinamicidade da teoria de Ausubel.

2.2 Mapas Conceituais

A Teoria de Aprendizagem Significativa propõe que o conhecimento seja construído e se organize nas estruturas cognitivas do estudante de maneira hierárquica, nos quais os conceitos mais gerais e inclusivos devem subordinar os mais específicos e detalhados, assim gerando a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (MOREIRA; MASINI, 1982).

Neste sentido, os mapas conceituais apresentam como ferramentas capazes de ilustrar a hierárquica dos conceitos, ao passo que também mostram a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, por meio da relação de subordinação e superordenação entre estes conceitos.

Com base na TAS, a construção de mapas conceituais a maneira proposta por Novak e Gowin desenvolvidos na década de setenta durante um programa de pesquisa realizado por Novak na Universidade de Cornell, no qual ele buscou acompanhar e entender as mudanças na maneira como as crianças compreendiam a ciência (NOVAK; MUSONDA, 1991).

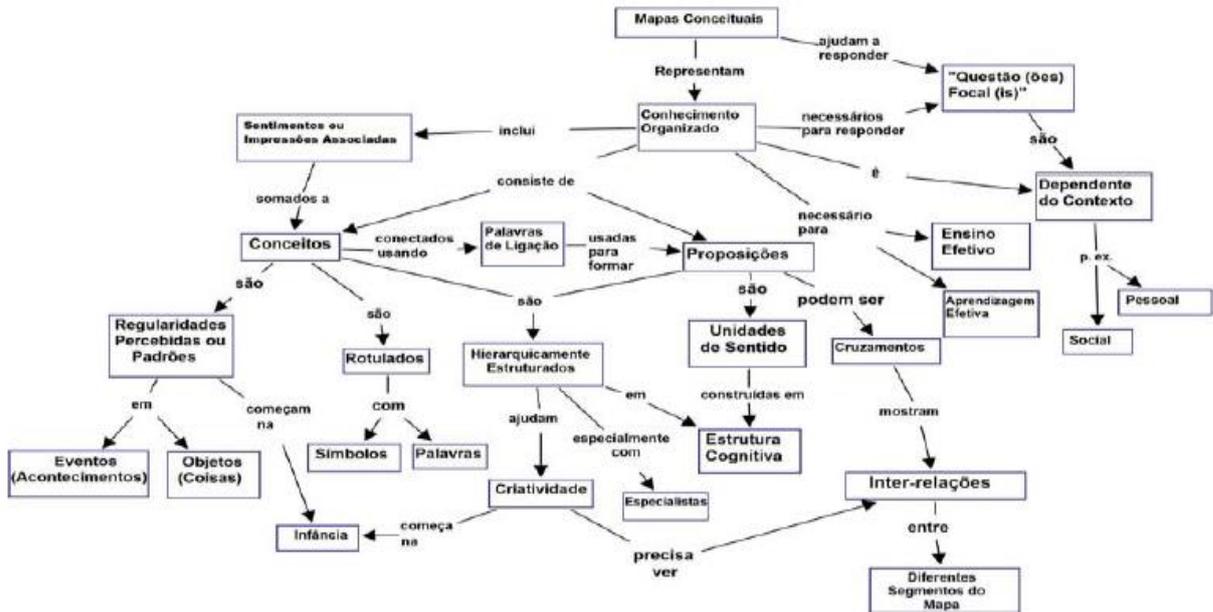
Tais mapas são ferramentas que servem para estruturar e demonstrar o conhecimento graficamente, a partir de conceitos que se apresentam dentro de círculos ou quadrados, que são interligados por linhas que devem conter frases de ligação que expressam o significado da relação estabelecida entre estes conceitos (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Neste sentido, os mapas conceituais “[...] não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los [...]” (MOREIRA, 2005, p. 38), por isso não devem ser confundidos com organogramas, diagramas de fluxo, mapas mentais ou quadros sinópticos, que possuem princípios diversos.

Os mapas mentais hierárquicos se colocam como um instrumento adequado para estruturar o conhecimento que está sendo construído pelo aprendiz colocando como instrumento facilitador da meta-aprendizagem, possibilitando um estudante aprender a aprender (TAVARES, 2007, p. 74).

A Figura 5 destaca os principais aspectos de um mapa conceitual.

Figura 5 – Aspectos dos mapas conceituais



Fonte: NOVAK E CAÑAS (2010, p.10)

Os mapas conceituais estruturam-se, principalmente, de maneira hierárquica, devem ser construídos de modo que os conceitos mais abrangentes se disponham no topo e os mais particulares hierarquicamente mais abaixo, demonstrando assim a diferenciação progressiva e, a partir das interligações estabelecidas, a reconciliação integrativa.

Dito isso, Novak e Cañas (2010) estabelecem alguns passos para adequada elaboração de um mapa conceitual.

1º - Instituir uma questão focal. Ou seja, uma pergunta que exemplifique a problemática que o mapa deve ajudar a resolver.

2º - Identificar os conceitos-chave relacionados à questão focal. Geralmente em torno de 15 a 25 conceitos é o suficiente.

3º - Listar os conceitos-chave de modo hierárquico. Ou seja, estabelecer uma escala ordena do conceito mais geral e inclusivo, que ficaria no topo da lista, até o conceito mais específico e menos geral, que ficaria na base dela.

4º - Elaborar um mapa conceitual preliminar.

5º - Revisar o mapa preliminar a fim de averiguar a necessidade de acréscimo de conceitos e ligações cruzadas. Elas são, no mapa, as ligações entre conceitos em diferentes segmentos ou domínios do conhecimento que ajudam a ilustrar como eles se relacionam.

É importante ressaltar que os passos descritos são, apenas, orientações de como elaborar de modo mais fácil e adequado um mapa, o que não significa que a execução de tais passos resultará em mapas “corretos”, principalmente porque esta ferramenta não subentende tal inferência de valor. Visto que os mapas conceituais expressam os significados pessoais atribuídos, seja pelo professor ou pelos alunos, aos conceitos, tem-se, portanto, um mapa e não o mapa (MOREIRA, 2005). A partir desta perspectiva, Moreira afirma:

Um professor nunca deve apresentar aos alunos o mapa conceitual de um certo conteúdo e sim um mapa conceitual para esse conteúdo segundo os significados que ele atribui aos conceitos e às relações significativas entre eles. De maneira análoga, nunca se deve esperar que o aluno apresente na avaliação o mapa conceitual “correto” de um certo conteúdo. Isso não existe (MOREIRA, 2005, p. 44-45).

Logo, o estudante apresentará um mapa que será o seu mapa e o importante não é se esse mapa está certo ou não, mas sim se ele dá evidências de que o aluno está aprendendo significativamente o conteúdo (MOREIRA, 2005).

Nesse sentido não existe o mapa correto, é preciso ponderar quais conceitos estão sendo utilizados em sua elaboração, qual hierarquia e conexões estabelecidas; pois nem tudo é válido, “[...] alguns mapas são definitivamente pobres e sugerem falta de compreensão.” (MOREIRA, 2005, p. 45).

De modo bastante significativo, mapas conceituais podem ser aproveitados como forma não tradicional de avaliação, sendo utilizados como ferramentas para averiguar evidências da aprendizagem significativa dos estudantes em diferentes momentos, a partir da estruturação conceitual que estes fazem de um determinado conhecimento na elaboração de diferentes mapas durante o processo de ensino e aprendizagem.

Como forma de avaliação não tradicional, os mapas conceituais devem ser avaliados de forma qualitativa, buscando compreender que significados os estudantes estabeleceu ao propor aquela hierarquia e relação entre os conceitos, sobre o conteúdo. Neste sentido, explicações orais e escritas sobre o mapa elaborado, também são válidas (MOREIRA, 2005).

No presente trabalho, os mapas conceituais foram utilizados como forma de avaliação, e um dos meios de averiguação de possíveis indícios de aprendizagem significativa pelos estudantes, sobre o conteúdo de Eletrodinâmica, em um contexto maior de UEPS.

2.3 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

A UEPS são seqüências de ensino estabelecida teoricamente, direcionadas para a aprendizagem significativa, não mecânica (MOREIRA, 2012). Segundo o mesmo autor, a construção de uma UEPS segue um objetivo, uma filosofia e um marco teórico:

Objetivo: desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadora da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental. **Filosofia:** 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. **Marco teórico:** a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas (a exemplo de Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira e Masini, 1982, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009), as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D. B. Gowin (1981), a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987), a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004), a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M. A. Moreira (2005). (MOREIRA, 2012, p. 45).

Todos estes elementos devem ser observados na construção de uma UEPS, visto que em seu objetivo são levados em consideração os conhecimentos declarativos e/ou procedimentais que se deseja despertar no estudante. Esse objetivo diz respeito à cognição, à formação do conhecimento significativo sobre pessoas, eventos, proposições e imagens na mente de quem aprende. Em relação à filosofia presente na construção de uma UEPS, reconhece que ela deve sempre buscar a aprendizagem significativa, pois é ela que assegura que o ensino, que foi pensado e materializado nas ações da unidade de ensino, realmente aconteça.

Diante dos aspectos mencionados, deve-se levar em conta o marco teórico de uma UEPS, que é a Teoria da Aprendizagem Significativa e, como sugestão, no marco teórico citado acima foi relacionada uma lista de autores que tratam dessa temática, ressaltando o precursor da citada teoria que foi David Paul Ausubel.

Perante a elaboração e edificação de uma UEPS outros pontos devem ser observados, como os princípios destacados por Moreira (2012):

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios, dar sentido a conhecimentos novos e serem propostas em nível crescente de complexidade;
- a “diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação” devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- essa relação

poderá ser quadrática, na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo, ou seja, na medida em que for também mediador da aprendizagem; - a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (MOREIRA, 2012, p. 47).

Observa-se que os princípios citados acima são fios condutores que devem ser considerados no planejamento, na aplicação e na avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa, pois a nitidez da relevância de tais princípios habilita a ação docente em perceber evidências de aprendizagem significativa nas atividades de interação com o conhecimento que o estudante venha a efetivar.

A proposta das UEPS de Moreira (2011) organiza-se em aspectos sequenciais, os quais listamos a seguir em oito etapas resumidas no Quadro 1.

Quadro 1: Etapas constitutivas de uma UEPS

Aspectos sequenciais das UEPS	
Etapa 1	Definição do Tópico Específico do que se propõe ensinar. Conhecimento declarativo e procedimentais, tais como aceitos no contexto da matéria de ensino;
Etapa 2	Proposição de situações-problema que levem o aluno a exteriorizar o que sabem sobre a matéria de Ensino. Ex: Mapas, questionamento, tempestade de ideais;
Etapa 3	Proposição de situações-problema em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio - vídeos, problemas do cotidiano, que instiguem a necessidade de modelá-los mentalmente;
Etapa 4	Apresentação do conhecimento a ser ensinado, levando em conta a diferenciação progressiva, ou seja, partindo dos aspectos mais gerais e inclusivos do conhecimento, para os menos inclusivos e específicos;
Etapa 5	Retomada de aspectos mais gerais e inclusivos - reconciliação integrativa;
Etapa 6	Prosseguimento ao processo de diferenciação progressiva numa perspectiva integradora (vídeo, texto), com novas situações-problema em níveis maiores de complexidade;
Etapa 7	A avaliação da aprendizagem por meio da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser

	considerado evidência de uma aprendizagem significativa do conteúdo, também deve haver uma avaliação somativa individual;
Etapa 8	Avaliação da UEPS, que será considerada exitosa se a avaliação de desempenho dos alunos/professores fornecer evidências da aprendizagem significativa.

As etapas descritas contemplam processos importantes da aprendizagem significativa sendo necessário verificar desde o início do processo o avanço conceitual em relação aos subsunçores apresentados nas etapas iniciais, a diferenciação progressiva estabelecida no decorrer da evolução da complexidade das atividades desenvolvidas e a retomada integrativa do conhecimento estudado.

Dessa forma, o professor terá elementos para identificar de que forma ocorreu a aprendizagem do estudante e assim verificar os indícios da aprendizagem significativa. Sobre a avaliação, Moreira (2011, p. 5) destaca que “a aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase é em evidências, não em comportamentos finais”. Assim entende-se que a avaliação de uma UEPS não pode ser reduzida a verificação final, mas sim de todo o processo desenvolvido ao longo das oito etapas das UEPS.

2.4 As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no Ensino

É inegável dizer que a sociedade está inserida na era digital, não muito distante como parte fundamental na formação social, cultural e educacional do indivíduo a escola como parte integrante no contexto social, também, está na era tecnológica.

No cenário contemporâneo, o que se espera é que a educação tire proveito das tecnologias digitais, pois com a necessidade de manter o distanciamento social devido a escalada da pandemia no Brasil, os meios tecnológicos passaram a ser uma ferramenta fundamental e imprescindível na educação.

Consoante o aumento do uso do computador nas escolas, tornando-se uma nova ferramenta de apoio ao ensino, assim como os livros, apostilas, aparatos experimentais, dentre outros. A grosso modo, é preciso ter cautela na utilização das metodologias na qual essas ferramentas de tecnologia da informação serão utilizadas, a fim de que elas não se tornem, apenas, uma forma de entretenimento nas instituições de ensino, mas sim uma ferramenta concreta que contribua para o ensino mais efetivo, mais dinâmico e que tenha relevância no processo de ensino e aprendizagem no que diz respeito a formação dos estudantes.

É nesse contexto que as universidades e as escolas adotaram o uso de tecnologias digitais para ampliar e levar o conhecimento aos estudantes. Embora, enxergamos os limites do espectro da utilização das tecnologias no ensino por parte dos professores, ainda assim, de um lado temos aqueles que são descrentes em relação à efetividade da aplicação de propostas com o uso das TDIC, sejam por falta de conhecimento, vivências na formação pedagógica ou até mesmo utilizando do argumento que o uso privaria o contato do estudante com a realidade, abstraindo-o muito do processo de observação e aferições propiciadas pelos experimentos (SILVA, 2016) e, no outro lado aqueles que acreditam que o uso do computador poderá resolver todos os problemas educacionais.

Segundo Andrade (2016):

isso acontece por diversos fatores, mas acreditamos que um dos principais está no fato de que, por ainda estarmos num processo de transição, a maior parte dos professores não possui uma formação específica que contemple o uso das novas tecnologias no contexto da sala de aula (ANDRADE, 2016, p. 16).

Algo que não devemos opor é que os modelos anteriores de aquisição e tratamento dos dados coletados em uma atividade experimental sejam descartados, mas sim agregados e melhorados a partir de uma nova perspectiva.

Nesse panorama, vemos hoje a necessidade que temos de transitar na região de equilíbrio entre essas duas posturas de pensamento em relação ao uso da tecnologia, nem céticos demais a ponto de descartamos o seu uso e nem tão inocentes acreditando que ela seja a solução para todos os problemas no ensino, que como sabemos passa por questões mais complexas e de um caráter multifatorial.

Com a pandemia (COVID-19) o processo de utilização de computadores e de ferramentas de TDIC principalmente o uso de aulas virtuais síncronas ou assíncrona foi acelerado, levando alguns professores a se reinventarem com o uso em prol das novas práticas educacionais.

Do ponto de vista das aulas presenciais em tempos pós-pandemia, após ao retorno das atividades presenciais nas escolas, o professor volta à sala de aula mantendo sua autonomia para ministrar à sua turma adequando a sua realidade a contextualização, o cálculo, os experimentos e as simulações. É nesse momento que as TDIC, então, se configuram como mais uma ferramenta de ensino e de aprendizagem à disposição de professores e estudantes dos mais variados níveis de ensino, propiciando o uso de computadores nas escolas.

As TDIC são ferramentas de apoio para o ensino de Ciências, em especial quando tratamos a Física, principal impulsionadora das tecnologias necessárias ao desenvolvimento desses dispositivos. Como descreve Soares e Carmo (2016), os dispositivos eletrônicos, por se

tratar de um elemento de uso diário na vida dos estudantes, pode apresentar amplo potencial para o desenvolvimento de um ensino repleto de significação para os jovens aprendizes.

O uso das TDIC como objeto de aprendizagem, possibilita uma maior interação entre professor e estudante e essa interação e simultaneidade de animações, vídeos, arquivos de áudio e hipertexto oportunizam uma participação mais ativa do estudante frente a tela do computador, sustentando a motivação e impulsionando o professor a pensar novas e variadas estratégias didáticas de uso dessas tecnologias (SCHWEDER, 2015).

Nesse contexto a escola deve se tornar palco de preparação para um mundo contemporâneo o qual tem a tecnologia como base, conduzindo a necessidade de repensar os métodos educacionais como forma de construção do saber. Portanto, a figura do professor como mediador deve ser ressaltada nesse novo cenário educacional, considerando que além de propiciar o aprendizado ainda é responsável por intermediar os meios digitais para os estudantes e por enfatizar a importância dessas ferramentas como facilitadoras no processo de ensino, em especial o ensino de Física.

Araújo *et. al.* (2021, p.7) ressalta essa ideia, apontando que “toda proposta que investe na introdução das TDIC na escola só pode dar certo passando pelas mãos dos professores. O que transforma tecnologia em aprendizagem não é a máquina, o programa eletrônico, o software, mas o professor”.

Cabe, então, aos professores e aos pesquisadores do Ensino proceder com o desenvolvimento e análise de propostas e métodos de transposição didática entre os elementos tecnológicos, que são os objetos do saber a ensinar, para um efetivo ensinar, para um efetivo objeto de ensino.

As TDIC confirmam como proposta de experimentos no contexto da Educação Básica Brasileira atendendo às demandas requeridas para a melhoria do ensino de Física pelo fato desses simuladores permitirem que sejam trabalhadas habilidades apontadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) como, por exemplo:

construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (BRASIL, 2018, p. 561).

A BNCC (BRASIL, 2018) traz, em linhas gerais, que o Ensino Médio deve fazer uso amplo das TDIC para promover a compreensão e a apropriação pelos educandos do modo que as Ciências da Natureza se expressam, na qual se encaixa a Física, garantindo seu envolvimento nos processos de comunicação e divulgação do conhecimento científico (BRASIL, 2018).

Vale ressaltar que as atividades tradicionais desenvolvidas no âmbito educacional não serão substituídas pelas TDIC, visto que elas fazem parte do objeto de conhecimento da Unidade Curricular (UC) de Física.

Neste contexto, as ferramentas didáticas tem a intenção de desmistificar e desfazer o mito de que a Física se baseia, apenas, em cálculos.

Conforme Veras (2018), é através das pesquisas de autores que se utilizam das TDIC que se busca inserir tais recursos tecnológicos que vem se tornando crescente no contexto contemporâneo como mais uma ferramenta que poderá auxiliar o processo ensino aprendizagem. Castilho (2015, p. 13) endossa dizendo que “é necessário repensar a educação, a integração do ensino com as facilidades proporcionadas pelos recursos da tecnologia da informação e comunicação e os novos papéis que os professores assumirão para possibilitar novas formas de construção do conhecimento”.

Portanto, o professor deve utilizar-se das TDIC na educação como ferramenta para criar condições e possibilidades de aprendizagem aos estudantes afim de descrever seus pensamentos ou reconstruí-los por meio de novas linguagens e novas simbologias.

2.5 Simulações Computacionais

As Simulações Computacionais (SC) no contexto científico contemporâneo assumem um papel fundamental na busca por respostas que auxiliam o homem a compreender o mundo em que vive. No contexto do Ensino, as SC potencializam estratégias que podem levar os estudantes a construir o seu conhecimento de forma mais ampla.

Dito isso, “sabemos que a ciência em geral, e em particular a Física trabalha com modelos que são por sua vez transcrições da realidade, e que se utilizam de aproximações e idealizações” (ANDRADE, 2016, p. 19).

A modelagem computacional é a área que trata das SC sublinhando soluções para problemas científicos, analisando os fenômenos, desenvolvendo modelos matemáticos para sua descrição e elaborando códigos computacionais para obtenção daquela solução em especial. Já a simulação consiste em empregar técnicas da modelagem matemática em computadores com o propósito de imitar um processo ou operação do mundo real (MACÊDO; DICKMAN; ANDRADE, 2012).

Já a SC aplicada à experimentação em Física consiste no “processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o

propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para a sua operação” (PEGDEN, 1990 *apud* GREIS; REATEGUI; MARQUES., 2011, p. 52). O cerne dessa definição é acompanhado por autores como Nieves (2013), Sievers Junior *et al.* (2011), Monteiro *et al.* (2013) e Dantas *et al.* (2014).

Simões Junior *et al.* (2011, p. 1), intitulam os experimentos virtuais de experimentos computacionais e definem a ideia básica desses recursos “é simular de forma controlada o comportamento físico de um sistema complexo resolvendo um conjunto de equações matemáticas baseado em um modelo físico-matemático fundamental e bem aceito pela comunidade científica”.

Para Lapa (2009) as SC são classificadas em três categorias:

os parâmetros de entrada que geram o gráfico: a) simulação por primeiros princípios; b) simulação semi-empírica e; c) simulação empírica. As simulações por primeiros princípios são aquelas que interpretam os fenômenos a partir de representações algébricas derivadas de modelos teóricos *stricto sensu*, ou seja, sem a participação de medidas experimentais. As simulações semi-empíricas são aquelas nas quais a programação codifica leis que contêm parâmetros ajustados para reproduzir medidas experimentais. Já as simulações empíricas são aquelas nas quais o código pode se basear em leis puramente empíricas, ou seja, em representações algébricas derivadas das medidas experimentalmente observadas (2009, p. 37).

Ainda, Coelho (2002), destaca que as SC podem subdividir em dois grupos: as estáticas e as dinâmicas.

Nas simulações estáticas, o estudante tem pouco ou nenhum controle sobre os parâmetros da simulação. Já nas dinâmicas, estes parâmetros podem ser modificados com um grau de liberdade bem maior, de modo que o estudante possa verificar as implicações de cada variável no resultado do fenômeno estudado, tendo assim maior autonomia, tanto com o professor presente quanto sozinho ou em grupo (2002, p. 39).

Nessa linha de pensamento as simulações computacionais oferecem um grande potencial, pois permitem aos estudantes uma compreensão dos princípios teóricos das Ciências Naturais buscando sempre ampliar sua interação com o objeto de estudo.

Silva e Mercado (2019) compreendem os experimentos virtuais como conteúdos digitais, baseados em modelos matemáticos que descrevem padrões naturais e que são aceitos pela comunidade científica, a partir dos quais é possível controlar as variáveis pré-definidas neste modelo e visualizar rapidamente os efeitos produzidos.

Notadamente, o uso das SC como recurso de demonstração da teoria trabalhada em sala de aula possibilita a manipulação de inúmeros experimentos de variados tipos, desde os mais simples aos mais complexos, dos demorados e perigosos de realizar nos laboratório convencionais das escolas aos simples e com poucas dificuldades e variáveis, o que resultam ao para o estudante a visualização de suas hipóteses de acordo com o que o simuladores

oferecem e verificando as alterações do modelo diante das inúmeras condições nele apresentadas (MORAI; PAIA, 2007).

As SC entendidas como atividades experimentais são importantes para mediar e motivar o ensino e aprendizagem, a fim de instigá-los a estabelecer relações entre as grandezas por meio das simulações, assim Moreira (1999, p. 156) afirma que “o material de ensino deve ser potencialmente significativo e o estudante deve estar disposto a utilizá-lo”, sendo que o computador é utilizado atualmente por todos os estudantes.

Dentro do rol de ferramentas didáticas para simulação virtual de conceitos que se utilizam da modelagem de eventos dinâmicos, pode-se incluir os laboratórios virtuais, como as simulações interativas do PhET¹. O PhET simula, em ambiente virtual, experimentos sobre temas da Física em geral e permite o controle de variáveis relevantes, bem como a visualização imediata dos fenômenos simulados. Os temas do PhET são claramente delimitados e são apresentados em cenários previamente construídos, colocados à disposição de professores e estudantes (RODRIGUES; LAVINO, 2020).

Diante disso, é relevante apontar alguns benefícios da utilização dos simuladores, pois de acordo Rodrigues e Lavino (2020) os simuladores computacionais facilitam ao acesso virtual de experimentos que demandariam custo de montagem elevado e a expertise de operação em um laboratório físico, além de tudo os laboratórios virtuais tem uma vantagem importante que é o seu baixo custo de instalação e manutenção.

Os recursos necessários para sua utilização, demanda apenas o uso de *software* de simulação e/ou *site* no qual encontra-se hospedado o simulador, permitindo acesso via *internet on-line* e até mesmo *off-line* realizando o *download* no computador, *tablet* ou *smartphone*, os quais podem ser utilizados para a realização de uma gama enorme de experimentos na forma virtual.

Para Lapa (2009), as SC configuram-se como instrumento interessante para facilitar o processo de aprendizagem, principalmente o aumento na interação com aquilo que está aprendendo. Logo, Lapa (2009, p. 25) faz a inferência que “as novas gerações de alunos criadas em um ambiente onde a imagem é parte fundamental de seus cotidianos, sentem-se muito mais

¹ PhET Interactive Simulations é um *site* com simulações de Física, Matemática, Química e Biologia, desenvolvido e hospedado na Universidade do Colorado, Estados Unidos. Tais Simulações são desenvolvidas em Java ou HTML5 e podem ser utilizadas de forma *On line* ou serem baixadas no computador. As simulações são de código aberto e o recurso é livre e gratuito. Endereço eletrônico: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?type=html,prototype. Acesso em 30 mar. 2022.

confortáveis quando algum tipo de estímulo visual é utilizado para a transmissão de qualquer tipo de informação”.

Outro ponto que deixa claro por Figueira (2005) *apud* Lapa (2009) quanto aos benefícios das SC:

- a) Permitem a visualização gráfica de elementos sutis do modelo teórico.
- b) Possibilitam a participação ativa dos alunos: sistemas interativos exigem respostas e tomadas de decisões, fazendo com que o aluno construa seu próprio conhecimento.
- c) Contribuem na interpretação de modelos físicos: ao utilizar laboratórios virtuais e testar hipóteses, obtendo previsões sobre esses sistemas, o aluno é capaz de refletir sobre diferentes modelos teóricos (LAPA, 2009, p. 25).

Em consonância com Lapa (2009), Schneider (2017) e Schweder (2015) destacam algumas das vantagens no uso de SC como uma ferramenta para o ensino de Física à distância é a possibilidade de representar fenômenos físicos de forma gráfica, por meio de figuras animadas ou interativas; tornando visível fenômenos que ocorrem em escalas pequenas, impossível de serem vistas a olho nu e assim permitindo que acontecimentos sejam pausados, adiantados ou atrasados através da manipulação de uma ou mais variáveis.

Beraldo, Oliveira e Stringhini (2021) apontam, em uma revisão sistêmica realizada, algumas vantagens e aplicabilidades das SC com ênfase na área de exatas e descreve sua presença desde o ensino fundamental até o ensino superior, propiciando ao estudante uma maior dedicação ao estudo extraclasses como sendo um dos principais fatores citados nos artigos analisados. O autor destaca que a inserção das SC no ensino revelou um aprendizado dinâmico e lúdico, um ambiente atrativo, segurança, maior disponibilidade de acesso do laboratório, possibilidade de repetição do experimento e, principalmente, economia de tempo.

Silva (2020) ainda tece fortes argumentos sobre o contexto no qual o SC estará inserido:

o simulador por si, sem a interferência do professor, tem pouco significado para o processo de aprendizagem. Mas, ele precisa estar inserido no contexto da aula. Na introdução do tema, como instrumento de problematização onde os estudantes irão buscar respostas durante o seu desenvolvimento; para demonstrar o conceito físico durante o desenvolvimento da aula; ou no final, como instrumento de aplicação de conhecimento para exemplificar o tema estudado (SILVA 2020, p. 5).

Na contramão ao que aponta Silva (2020), Beraldo, Oliveira e Stringhini (2021) assevera que uma das desvantagens no uso das SC é a dependência de conexão de *internet*, impondo ao professor a necessidade de realizar agendamentos prévios nos laboratórios da escola além de problemas técnicos referente a roteadores por um número expressivo de acesso e perda de tempo com equipamentos de péssima qualidade.

Assim a metodologia, em especial o uso de SC, podem relacionar de forma íntima com vários métodos e possibilitam a inserção de atividades lúdicas em grupo, o debate de ideias

e soluções com maior participação do estudante e a compreensão de fenômenos físicos através de modelagem e simulação (ARAÚJO, *et al.*, 2021) levando o ambiente de ensino a um patamar prazeroso e atrativo ao estudante tornando-o agente ativo na construção do próprio conhecimento.

Desta forma, percebe-se que a utilização das TDIC na educação pode proporcionar avanços qualitativos na aprendizagem e no desenvolvimento de habilidades e competências nos estudantes, pois através delas podemos oferecer diversas situações em que os levem a refletir a realidade, discutindo e testando os princípios físicos envolvidos.

Por consequente, as ferramentas computacionais e em especial as SC, não vieram para disputar lugar com os professores na sala de aula, mas para apoiar e reforçar a rede dialógica de interação existente entre estudantes agentes na sala de aula. Para tanto, o professor deve ter uma nova função e passa a assumir, mais ainda, o papel mediador do conhecimento, reforçando as formas para manter seus estudantes motivados criando, assim, competências e habilidades necessárias à formação de um cidadão.

No âmbito educacional, a Ciência e mais especificamente a Física, traz vantagens em práticas experimentais que enfatizam o saber-fazer como meio do aprendizado.

A seguinte premissa torna-se verdadeira acerca do uso de laboratórios virtuais, pois estes viabilizam a realização de atividades virtuais e experimentais simultâneas, pois a característica principal é a simulação das atividades e possibilita utilizar quantas vezes forem necessárias para realizar os experimentos.

Assim, de acordo com Guaita e Gonçalves (2014) os laboratórios virtuais simulam funções essenciais que estejam relacionadas em um determinado experimento, neste caso a condição física da atividade é substituída por um modelo computacional.

De acordo com Beraldo, Oliveira e Stringhini (2021) o uso de laboratórios virtuais apresenta vantagens no processo de ensino com o aprendizado dinâmico, lúdico, ambiente atrativo, segurança, maior disponibilidade de acesso do laboratório, possibilidade de repetição do experimento e economia de tempo. Consoante a essa realidade Beraldo, Oliveira e Stringhini (2021) tecem sobre as dificuldades na implantação de um laboratório do tipo remoto, que é preciso considerar a necessidade de disponibilizar equipamentos reais para acesso e a dificuldade de executar os experimentos, o número de laboratórios remotos é menor.

Ainda, segundo o autor, quanto à aplicabilidade dos laboratórios no ensino sendo possível utilização em vários segmentos, no entanto a maioria dos laboratórios virtuais estão

concentrados nas áreas de exatas e logo depois biológicas e por último, não menos importante, na área de humanas.

Vale ressaltar que tanto os laboratórios virtuais quanto os remotos podem ser utilizados no apoio ao processo de ensino aprendizagem de forma presencial ou remoto (síncrono ou assíncrono). Neste contexto, Beraldo, Oliveira e Stringhini (2021) jogam luz sobre algumas das vantagens em utilizar laboratórios virtuais:

Apresenta resultados precisos em certas situações em que é difícil medir diretamente as grandezas de interesse sem intervenção de filmagem; Possibilidade de repetição do experimento. Realização de experimentos impossíveis de serem feitos num laboratório real devido ao alto custo ou alto risco; Economia de tempo com instalação e configuração de computadores (BERALDO; OLIVEIRA; STRINGHINI, 2021).

Ainda, diante no âmbito de avaliação pedagógica sobre o aprendizado dos estudantes, uma comparação de resultados entre grupos que utilizaram os laboratórios virtuais como ferramenta de apoio a aprendizagem ao grupo de estudantes que utilizaram o laboratório convencional tem uma constatação interessante referente a eficácia descrita como uso do laboratório remoto/virtual contribuir com a melhoria do aprendizado dos alunos e que de fato pode ser verificado pelo melhor rendimento (BERALDO, OLIVEIRA E STRINGHINI, 2021) e, apenas, em um dos artigos consultados os resultados obtidos mostram um rendimento menos expressivo.

Logo, Araújo *et. al.* (2021) concorda que o processo de ensino e aprendizagem utilizando o uso dos simuladores virtuais podem ser uma experiência pedagógica eficaz na medida em que viabiliza aos estudantes uma construção do conhecimento de forma mais estimulante, interativa, desafiadora e prazerosa.

Além do mais, os diversos simuladores permitem a esses estudantes um ambiente lúdico e interativo, capaz de estimular o raciocínio e a criatividade, ao mesmo tempo em que eles se divertem, facilitando a compreensão de conceitos que na maioria das vezes são apresentados apenas a partir de livros didáticos.

Neste contexto, os simuladores virtuais podem ser entendidos como recursos que aperfeiçoam as práticas de ensino e aprendizagem, com novas possibilidades de metodologias, técnicas e ambientes virtuais de aprendizagem (LARA; MARTINS, 2017). Assim, as simulações possuem, ainda, grande utilidade como organizadores prévios no contexto da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (ARANTES; MIRANDA; STUART, 2010).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo apresenta o viés metodológico e as estratégias de investigação utilizados na organização da pesquisa, contemplado pela teoria aprendizagem significativa de David Ausubel, adotada pela presente dissertação.

Primeiramente, discorre-se, o contexto da metodologia da pesquisa, pois optamos por uma abordagem especificamente qualitativa, considerando que a proposta é caracterizada por uma série de abordagens e ou recursos metodológicos com o propósito de estudar um tema relevante da Física.

Para tanto, essa pesquisa é representada por um estudo qualitativo, através de uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa sobre o tema de Eletrodinâmica com uso da simulação computacional e *kits* experimentais. Na concepção de Moreira (2011) a pesquisa qualitativa envolve aprendizagem, currículo, avaliação e contexto.

Nesse sentido, discorre-se sobre os sujeitos envolvidos na pesquisa além dos instrumentos metodológicos de coleta de dados representados pelos registros de vários eventos, observamos a participação efetiva dos estudantes no ambiente de sala de aula, analisamos informações conceituais por intermédio de dados coletados por meio de questionários com perguntas abertas, simulações computacionais, aplicação de *kit* de experimentos com sequências didáticas contendo perguntas estruturadoras. Os resultados foram analisados, interpretados e descritos de forma minuciosa, contemplando os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora.

3.1 Caracterização da pesquisa

Essa pesquisa utilizou da abordagem qualitativa, que por sua vez, pode ser considerada uma investigação adequada no campo da educação, uma vez que o investigador se insere no ambiente da pesquisa, interagindo ali e verificando fenômenos sobre os quais esteja interessado visto que se preocupa com o contexto (GIL, 2008).

A abordagem qualitativa faz referência às análises e interpretações dos conceitos por meio de investigações, hábitos, atitudes e tendências de comportamento.

Segundo Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa possibilita fomentar a compreensão do fenômeno, focaliza e analisa as informações do contexto de forma ordenada e intuitiva.

Na abordagem qualitativa, o pesquisador faz a análise dos dados de forma que seus argumentos passem de uma premissa particular às conclusões de caráter mais amplas. Consoante, Marconi e Lakatos (2011) apontam que neste processo o pesquisador se destaca por interagir diretamente com a pesquisa, sendo ao mesmo tempo sujeito e objeto, ou seja, existe uma proximidade maior entre o pesquisador e os fenômenos propostos em sua área de estudo.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, essa pesquisa classifica-se como uma pesquisa participante, sendo definida por Brandão (1998, p. 43) como “a metodologia que procura incentivar o desenvolvimento autônomo (autoconfiante) a partir das bases e uma relativa independência do exterior”. Ainda, a pesquisa participante busca o desenvolvimento da comunidade na análise da sua própria realidade. Ela se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas, que segundo Gil (1991), a pesquisa participante, assim como a pesquisa ação, caracteriza-se pela interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

Dito isso, o pesquisador estar inteiramente inserido no ambiente da pesquisa devido ser servidor da instituição da qual foi aplicada e, também, por haver o envolvimento do pesquisador e pesquisado, vivenciando as dificuldades apresentadas dentro da sala de aula, aplicou-se procedimentos metodológico com o objetivo de desenvolver atividades educativas que pudesse minimizar os problemas relativos ao tema, a realidade concreta da vida cotidiana dos próprios participantes individuais e coletivos.

Quanto a natureza das fontes, a presente pesquisa, caracteriza-se como uma pesquisa de campo exploratória visto que são investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema, de acordo com Marconi; Lakatos (2011), ainda de conquistar informações e conhecimentos acerca de um problema ou descobrir novos fenômenos ou as relações. Apropriando-se de Tripodi, Fellin, Meyer (1975, p. 71), “as pesquisas de campo de cunho exploratório possuem como objetivo a formulação de questões ou de um problema, ou modificar e clarificar conceitos.”

Com essa premissa em mente, Gil (2008) afirma que uma pesquisa com abordagem exploratória, preocupa-se em colocar de forma clara e significativa a questão-problema, para que o estudante seja capaz de compreender as proposições colocadas pelo professor.

Ainda, a pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa do tipo exploratória explicativa, pois de acordo com Gil (1991) visam identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrência dos fenômenos, aprofunda o conhecimento da realidade explicando “o porquê” das coisas. Além disso, busca-se evidências de uma aprendizagem significativa e

não mecânica, estimulando os estudantes a explicarem com suas próprias palavras, por meio de verbalização, os novos conhecimentos adquiridos.

Nessa perspectiva pretende-se, primeiramente, a construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), pois a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) pressupõe um processo de ensino e aprendizagem distinto do modelo clássico que se baseia “[...] na narrativa do professor e na aprendizagem mecânica do aluno.” (MOREIRA, 2011, p. 43).

Nesse viés, Moreira (2011) propõe as UEPS, que segundo ele “[...] são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula.” (MOREIRA, 2011, p. 44).

Uma UEPS pressupõe um processo de ensino e aprendizagem dinâmico a partir do uso de materiais e métodos diversificados, da participação ativa dos alunos, da proposição de situações-problema e de atividades colaborativas (MOREIRA, 2011).

Neste sentido, faz-se necessária uma nova abordagem educacional, principalmente por parte do professor, objetivando potencializar os meios para uma aprendizagem significativa.

Portanto, o enfoque da pesquisa em uma turma do Ensino Médio de uma escola pública, tendo como objetivo investigar a aprendizagem sobre Eletrodinâmica por meio de uma UEPS, aliados a diferentes instrumentos didáticos aplicados em uma sequência didática.

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa CEPE/CAAE da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e do Mucuri (CEP/UFVJM) e foi aprovado com parecer nº 5.161.121 no dia 14/12/21 e, somente, após sua aprovação foram iniciadas as atividades no IFNMG.

Para realização dessa pesquisa foi realizado o convite para participação e a solicitação de autorização dos seus responsáveis legais através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A). Nele contém o resumo das principais informações da pesquisa (justificativa e objetivo geral), destacando-se a voluntariedade na participação, a isenção de qualquer penalidade caso o estudante se recusasse em participar, o sigilo das identidades dos participantes e a explicação de que a proposta não envolvia nenhum valor econômico.

3.2 Local da pesquisa

A presente pesquisa foi desenvolvida no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Campus Salinas, no município de Salinas no estado de Minas Gerais. A instituição de ensino é de nível federal que se propõem a oferecer ensino público gratuito de qualidade para a população da região do Vale do Jequitinhonha.

O IFNMG oferece cursos técnicos integrados concomitante ao Ensino Médio, e cursos Superior e pós graduação lato e *Stricto Senso*.

Para tanto, foi solicitado autorização quanto a execução da pesquisa junto à direção da instituição e o professor titular da disciplina de Física, informando todas as etapas da pesquisa e possibilidades de aplicação. Ressalta-se que a razão pela escolha desta instituição de ensino para realização da pesquisa passa pelo fato de o pesquisador trabalhar como técnico de laboratório de Física na instituição.

Além disso, a instituição de ensino em que foi aplicada a presente pesquisa, proporciona e incentiva o uso de diferentes TDIC e metodologias de ensino que inserem o estudante como protagonista do seu conhecimento.

O IFNMG adota um material didático digital, ambiente virtual de aprendizagem, plataforma adaptativa, entre outros recursos pertencentes ao *Google Forms*, incentivando a sua adoção e utilização, inclusive com o uso de outras TDIC gratuitas.

Outro fator relevante, associa-se ao fato de os estudantes terem acesso contínuo às TDIC, estando familiarizados a abordagens didáticas que estimulem o uso de diferentes tecnologias digitais. Tal fato exige uma maior preparação e adaptação do professor, o qual necessita acompanhar os avanços tecnológicos e explorar possibilidades de aulas mais dinâmicas e criativas que despertem o interesse dos estudantes aliando a teoria à prática.

3.3 Sujeito da pesquisa

A amostra foi constituída por 54 estudantes do 3º ano do Ensino Médio, das turmas A e B do curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Informática, matriculados na Unidade Curricular (UC) de Física, com faixas etárias entre 16 e 18 anos de idade e que aceitaram o convite de participação na pesquisa.

A turma A do curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Informática tem 29 estudantes matriculados e a turma B possui 25 estudantes.

Foi utilizado como parâmetro, um identificador do público alvo, representado especificamente pelo número do estudante no diário eletrônico de cada turma e uma divisão dos estudantes em 03 grupos identificados por Amarelo (AM), Vermelho (VM) e Verde (VD), como se observa no Quadro 1, a seguir:

Quadro 2 - Identificador do público alvo conforme diário eletrônico da unidade escolar

Nº do estudante no Diário Eletrônico do IFNMG	GRUPO	Modelo de Código Identificador do Estudante e do Grupo.
123, 124, 125	AMARELO (AM)	123AM, 124AM, 125AM
126, 127, 128	VERMELHO (VE)	126VE, 127VE, 128VE
129, 130, 131	VERDE (VD)	129VD, 130VD, 131VD

No currículo do IFNMG, cada turma tem 02 aulas semanais da disciplina de Física, com duração de 50 minutos cada aula e para que haja efetivamente uma aprendizagem significativa frente ao tempo disponibilizado é fundamental planejar minuciosamente os aspectos conceituais a serem abordados.

3.4 Instrumentos de coleta de dados

A seleção dos instrumentos de coleta de dados para a realização desta pesquisa está diretamente vinculada à aplicação do produto educacional uma vez que a tarefa se torna mais desafiadora quando o produto requer um período significativo de aplicação e envolve diferentes ações e instrumentos.

Analisamos informações conceituais por intermédio de dados coletados por meio de uma UEPS e que é composta por um questionário de sondagem inicial, SC com suas respectivas SD, *Kits* de Experimentos de Eletrodinâmica e SD além de Vídeos-Tutoriais e mapas conceituais. E estes foram analisados em consonância com o referencial teórico que embasa a pesquisa.

Em síntese, apresentam-se no Quadro 3 os instrumentos de coleta de dados e a forma como foram utilizados. Posteriormente serão descritos e analisados de acordo com o papel desempenhado dentro da intervenção pedagógica e à luz dos referenciais teóricos.

Quadro 3 - Instrumentos de coleta de dados

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS			
Etapa	Instrumento	Forma de coleta	Objetivos específicos
Sondagens Inicial	Questionário	Atividade de sondagem conceitual: aplicada no início.	Identificar os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva dos estudantes em relação ao conceito de Eletrodinâmica;
Aplicação da SC	Atividades	Aplicação das SD que foram desenvolvidas através da execução e ou manipulação do simulador virtual e atividades experimentais	Verificar a ocorrência de subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes a consolidação dos conceitos relativos à eletrodinâmica através de uma UEPS, utilizando como suporte simulação computacional como parâmetro para a aquisição de uma aprendizagem significativa;
Aplicação da Atividade Experimental			Identificar o processo de consolidação efetiva dos conceitos relacionados à eletrodinâmica por meio da utilização de <i>kit</i> experimentais com componentes eletrônicos;
Avaliação Final	Mapa Conceitual	Elaboração de mapa conceitual utilizando dos conceitos de eletrodinâmica. Avaliação ao final.	d) Verificar como se caracterizam os indicadores dos Mapas Conceituais e se eles promovem aprendizagem significativa.

Fonte: ELABORADO PELO AUTOR

A exibição do vídeo tem como objetivo de contemplar o princípio do conhecimento prévio dos estudantes a partir de um ponto de vista macro sobre o tema em questão possibilitando aos estudantes compreender que a eletrodinâmica está inserida nos aparelhos eletrônicos no nosso dia a dia.

O questionário aplicado após a exibição do vídeo, contém 09 questões entre dissertativas e optativas, contemplando o Princípio do Conhecimento Prévio dos estudantes a partir de um ponto de vista macro sobre eletrodinâmica.

Para a intervenção utilizando a UEPS junto aos estudantes, utilizamos de uma SC livre disponível no *site* PhET acompanhadas com uma SD disponibilizada via *Google forms*². O *Google forms* consiste em uma ferramenta que permite planejar eventos, enviar pesquisas, aplicar testes para alunos e colher informações, de forma direta. Na SC utilizando o PhET é possível encenar, replicar, interagir, criar hipóteses, reproduzir e exercitar as possibilidades de relacionar os conceitos que envolvem o tema em questão, através de animações e interação entre o estudante e a SC.

Já os *Kits* experimentais de Eletrodinâmica que compõem com suas respectivas SD, contemplam o passo a passo para realização das atividades de natureza experimental, constando ainda perguntas de cunho dissertativo e optativo.

A sequência didática foi organizada com vistas à promoção de condições para que a aprendizagem significativa ocorresse em detrimento da aprendizagem mecânica, buscando formas de relacionar os conceitos de eletrodinâmica àquilo que o aprendiz já sabia, possibilitando, desta forma, que o significado dos conceitos pudesse ser assimilado de forma mais estável, contribuindo para uma postura crítica frente às questões energéticas atuais.

Segundo Moreira, (2011):

[...] sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa. Partindo das premissas de que não há ensino sem aprendizagem, de que o ensino é o meio e a aprendizagem é o fim, essa sequência é proposta como sendo uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) (MOREIRA, 2011, p. 44).

Para tanto, as SD abordam uma problematização por meio de uma pergunta chave (questão norteadora), voltada para o tema, estimulando o estudante a levantar hipóteses e a sensibilizar todos seus conhecimentos prévios com a finalidade de explicar/responder o fenômeno proposto.

A vantagem de se aplicar uma SD como uma lista de exercícios é que se obtêm respostas mais diretas que podem fornecer uma vasta categoria de informações sobre os conceitos estudados até aquele momento.

² *Google Forms* é uma das ferramentas disponibilizadas pelo Google, especificamente pelo *Google Docs* capaz de facilitar a tarefa do professor, tornando-o capaz de ouvir a “voz do aluno” online, organizando suas opiniões em tabelas e gráficos estatísticos. (HEIDEMANN, OLIVEIRA e VEIT, 2010).

3.5 Técnicas para Análise de dados

A análise utilizada neste trabalho é a luz dos referenciais teóricos, descritos no capítulo 2, que embasaram toda a pesquisa. Para tanto, discutem-se os resultados a partir dos teóricos já citados, sobre aprendizagem significativa e as teorias a ela subjacentes (mapas conceituais e UEPS). Entretanto, para análise e coleta dos dados foram usados os instrumentos que já estavam inseridos dentro da própria UEPS como:

- Avaliação da sondagem inicial

Para tratamento do material que consiste na atividade de sondagem conceitual, aplicada na PRIMEIRA etapa da UEPS será utilizada a Análise de Conteúdo de Bardin (2010), que é definida como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 2010, p. 47).

Ainda, consoante Bardin (2010), a análise de conteúdo envolve três etapas: i) pré-análise; ii) exploração do material; iii) e o tratamento dos resultados - a inferência e a interpretação. A primeira etapa é marcada pela definição dos procedimentos de trabalho, marcados pela leitura “flutuante” do material (primeiro contato com o material), hipóteses, objetivos e elaboração dos indicadores que nortearão o exame do material; já a segunda visa codificar os dados em unidades de registro, e por fim, faz-se a categorização, considerando as características em comum dos dados, seguida das deduções e explicações.

A análise dos dados foi de forma qualitativa nas respostas e organizadas em categorias por nível de semelhança. As categorias foram criadas após a leitura de todos os questionários e os resultados apresentados seguidos das interpretações com base nos referenciais teóricos.

- Simulação Computacional e Atividade Experimental

Avaliações sistemáticas, as quais não se resumiram a um momento específico, mas ao longo de toda a aplicação da UEPS, como sugere Moreira (2011). Haja vista nos exemplos de UEPS fornecidos por Moreira (2011) como, também, em outros trabalhos que utilizaram a

UEPS, nota-se o cuidado de não se focar, apenas, em um instrumento que envolvam questões de “certo” ou “errado” para identificar se houve indícios de aprendizagem significativa.

Os dados foram analisados de forma qualitativa, comparando se houve mudança nas respostas obtidas no questionário de sondagem inicial, e organizadas em categorias por nível de semelhança. As categorias emergiram após a leitura de todos as SD com as listas de exercícios. Ainda, o pesquisador determinou dois momentos de uma mesma amostra, para medir o “antes e depois”. Todas as categorias advindas da análise resultaram do confronto entre as ideias básicas dos teóricos que fundamentam a pesquisa e os dados obtidos, isto é, todos os dados levantados foram analisados na perspectiva dos pressupostos teóricos da pesquisa.

- Análise dos mapas conceituais

Para análise dos mapas conceituais, segundo Novak; Gowin (1999) o professor, ao analisar e classificar um mapa, deve utilizar quatro critérios principais: proposições, hierarquia, ligações cruzadas e exemplos. Em relação a preposição o professor deve averiguar veracidade nas ligações entre os conceitos, nos quais os conceitos mais gerais devem estar em destaque dos subordinados, ou seja, deve ser observado essa hierarquia, observar se as ligações cruzadas são válidas, expressão um resumo entre um grupo de proposições ou conceitos e ainda se estas, são peculiares, e pôr fim a presença de exemplos que demonstram uma vivência ou um objeto concreto (ALMEIDA; SOUZA; URENDA, 2004).

Portanto, utilizamos como critérios para avaliação dos mapas, neste trabalho: a) conceito principal (conceitos fornecidos); b) Proposições (acréscimo de pelo menos mais três outros conceitos); c) ligações cruzadas (ligações válidas e inválidas) e exemplos; d) hierarquia (múltiplos relacionamentos entre os conceitos); e e) conteúdo. Dessa forma, os mapas elaborados pelo grupo serão analisados de modo conjunto, sendo especificados alguns casos que se destacarem. Serão atribuídas as seguintes avaliações: “satisfatório”, “parcialmente satisfatório” e “insatisfatório”, conforme cada critério de análise, sendo os resultados discutidos a luz da teoria de mapas conceituais.

3.6 Descrição das Etapas do Produto Educacional

Apresenta-se aqui uma descrição minuciosa da metodologia que foi desenvolvida ao longo do processo de execução da intervenção de ensino sobre Eletrodinâmica até chegarmos

à versão final do produto. Para tanto, são demonstrados os recursos didáticos utilizados, tempo de cada atividade e seus objetivos gerais e específicos e as análises obtidas através da coleta dos dados e os respectivos resultados obtidos.

3.6.1 Etapa 1 – Sondagem Inicial

Ao iniciar a intervenção, como forma de organizar e sistematizar os conhecimentos prévios referente ao conteúdo a ser trabalhado, o professor pesquisador utilizou no início da intervenção a exibição de um vídeo referente ao funcionamento das telas sensíveis ao toque: “**Como funcionam as telas sensíveis ao toque**”. A exibição do vídeo tem como objetivo de contemplar o princípio do conhecimento prévio dos estudantes a partir de um ponto de vista macro sobre o tema em questão possibilitando aos estudantes compreender que a eletrodinâmica está inserida nos aparelhos eletrônicos no nosso dia a dia.

O vídeo foi exibido no laboratório de informática, e após o término o professor pesquisador fez breves comentários e posterior disponibilizado aos estudantes via *Google Forms* um questionário de conhecimentos prévios (APÊNDICE B) visando obter os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do público alvo.

Ao final da aula, após os estudantes responderem o questionário, foi disponibilizado documento contendo roteiro dos vídeos-tutoriais (APÊNDICE C) contemplando as informações relevantes sobre a manipulação da SC do PhET. O roteiro contém endereço dos vídeos que estão disponibilizados via *link* e encontram-se alocados no repositório do *YouTube* podendo ser acessados via *internet* a qualquer momento.

Foi recomendado aos estudantes, assistirem o vídeo-tutorial de apresentação do SC PhET para ambientação e discussão de possíveis dúvidas na próxima aula.

O professor-pesquisador para uma melhor visualização da aplicação da proposta sistematizou (Apêndice A da UEPS) e desfragmentamos as etapas de cada aula, visando demonstrar as ações pedagógicas utilizadas e posterior análise dos dados coletados através da aula 1, como se verifica na Quadro 4.

Quadro 4 – Etapas de Aplicação 1 - Sondagens Inicial

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	TEMPO PREVISTO		OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Organizador Prévio Exibição do vídeo que retrata como as telas sensíveis ao toque funcionam?	Aula 01	10 minutos	Identificar os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva dos estudantes em relação ao conceito de Eletrodinâmica.
Intervenção pedagógica face às situações problema;		10 minutos	
Situações – Problema Contextualização dos aspectos conceituais presentes no vídeo, relativos à eletrodinâmica, por intermédio da aplicação de questionamentos; Análise qualitativa com base no princípio do conhecimento prévio;		20 minutos	
Questionário de conhecimentos prévios	Aula 02	40 minutos	

3.6.2 Etapa 2 – Aplicação da Simulação Computacional

A etapa 02 é representada com a aplicação das Simulações Computacionais utilizando-se do site PhET - Tecnologia no Ensino de Física da Universidade do Colorado – USA e disponíveis gratuitamente *on-line* e *off-line* como se observa na Figura 6 abaixo, caracterizado como um recurso instrucional potencialmente significativo e representado especificamente por imagens representativas e apresentado ao público alvo.

Figura 6 – Recorte da página do PhET com a SC Kit para Montar Circuito AC - Lab Virtual



Fonte: [HTTPS://PHET.COLORADO.EDU/PT_BR/SIMULATIONS/CIRCUIT-CONSTRUCTION-KIT-AC-VIRTUAL-LAB](https://phet.colorado.edu/pt_br/simulations/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab) - acesso em 30 de julho. 2022.

O Quadro 5 representa as etapas de aplicação das aulas 03 e 04 com o simulador computacional.

Quadro 5 - Etapa de aplicação 2: Simulador computacional

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	TEMPO PREVISTO		OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Caracterização dos grupos	Aula 03	10 minutos	Dividir a turma em grupos de no máximo 03 estudantes e manter estes grupos indissociáveis em toda a intervenção (uso das SC e dos Kits experimentais.)
Apresentação PhET		20 minutos	Contextualização dos aspectos conceituais presentes no vídeo, relativos ao PhET, por intermédio da aplicação de questionamentos;
Familiarização com PhET		20 minutos	Manipulação e ambientação com PhET
Intervenção pedagógica SC Situação – Problema	Aula 04	45 minutos	Verificar a ocorrência de subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes a consolidação dos conceitos relativos à eletrodinâmica através de uma UEPS, utilizando como suporte

Aplicação de um SD que foi desenvolvida através da execução e ou manipulação do simulador virtual.			simulação computacional como parâmetro para a aquisição de uma aprendizagem significativa;
Análise qualitativa			

A SC foi acessada pelo endereço <https://phet.colorado.edu/pt/simulations/circuit-construction-kit-dc> e os estudantes tiveram a liberdade de manipular o simulador e conhecer a teclas de execução, após se familiarizaram com o *layout* do PhET, foi disponibilizado as SD (Apêndice D) via *Google forms*. Salienta-se que o uso do *Google forms* nesta etapa da pesquisa facilita sobremaneira a análise dos dados, permitindo a construção de gráficos e a utilização de outros recursos estatísticos.

Esta etapa possibilitou aos estudantes a consolidação dos conceitos relativos à eletrodinâmica, através da utilização das simulações computacionais, desenvolvido como parâmetro para a aquisição de uma aprendizagem significativa. As simulações computacionais são interativas, dinâmica e permite aos estudantes visualizarem fenômenos físicos “micros”, contribuindo para construir seus modelos mentais, possibilitando adquirir uma aprendizagem significativa.

3.6.3 Etapa 3 – Aplicação da Atividade Experimental 1

Nas etapas de aplicação da UEPS com as atividades experimentais é utilizado os Kit de componentes eletrônicos na intervenção pedagógica como se observa na Figura 8.

Figura 7 – Kit com os componentes eletrônicos



Fonte: ACERVO DO AUTOR

O kit de componentes eletrônicos é composto de: (1) Multímetro; (2) Pilhas 1,5V; (3) Bateria 9V; (4) Jumper macho-macho; (5) Canudo de refresco – diâmetro de 5mm; (6) Led 5mm - verde, vermelho, azul – branco; (7) Resistor 50/100/150/470 Ω ; (8) Fotoresistor LDR 5mm; (9) Push Button; (10) Mini Placa Protoboard; (11) Suporte de Pilhas; (12) Suporte de Bateria; (13) Fios; (14) Mini Motor DC 3 a 6V – hélice ; (15) Clips; (16) Mini chave gangorra; (17) Mini Lanterna

Essa etapa foi representada pela continuidade da intervenção pedagógica, face às situações problema, visando possibilitar aos estudantes a consolidação parcial dos aspectos conceituais relativos à Eletrodinâmica, por meio da atividade experimental 01 conforme observa-se na Quadro 6.

Quadro 6 - Etapa de aplicação 3: Atividade Experimental 1

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	TEMPO PREVISTO		OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Atividade Experimental 1	Aula 05	10 minutos	Identificar o processo de consolidação efetiva dos conceitos relacionados à eletrodinâmica por meio da utilização de <i>kit</i> experimentais com componentes eletrônicos;
Apresentação de instrumento de medida (Multímetro)		10 minutos	
Intervenção pedagógica face às situações problema com a pergunta norteadora		30 minutos	
Situação Problema: Aplicação de SD com lista de exercício			

A SD contém uma questão norteadora sendo a problematização inicial lançado pelo professor-pesquisador, uma vez que no ensino por investigação, inicia-se sempre de um problema aberto que faça sentido para o estudante, pois, como ressalta Bachelard (2001, p. 166), “[...] todo conhecimento é resposta a uma questão”.

Os estudantes foram direcionados ao laboratório de Física do IFNMG para realizar as atividades utilizando os kits contendo os componentes eletrônicos, com a preocupação de manutenção dos mesmos grupos formados na intervenção anterior.

Foi apresentado aos estudantes o *Kit* com seus respectivos componentes eletrônicos que compõem a UEPS e, por seguinte, o professor-pesquisador fez a distribuição aos estudantes das SD (Apêndice E). Notadamente o professor-pesquisador discutiu os cuidados necessários na utilização de equipamentos elétricos e eletrônicos alertando os estudantes dos riscos à sua saúde e também da possível queima de alguns componentes. Ressalta-se que neste momento da intervenção pedagógica da pesquisa o próprio professor de Física do IFNMG acompanhou as atividades, apenas na posição de observador.

Na sequência, o professor-pesquisador distribuiu os componentes eletrônicos utilizados para realizar as atividades experimentais orientadas pelas SD, e solicitou aos estudantes a realizar algumas medidas com o multímetro digital, configurado na tensão elétrica (V).

Em seguida, foi retomado a expressão matemática a ser utilizada na atividade e discutiu com os estudantes as hipóteses para responder à questão norteadora. Considera-se que o conteúdo, neste momento, não apresenta novidade para os estudantes, pois estes acessaram os vídeos-tutoriais (Apêndice C). Assim, as hipóteses foram rapidamente discutidas e o tempo para responderem o que se pede nas SD foi mínimo.

Nesse encontro foi observado quão significativo é para os estudantes o uso de dispositivos manipuláveis que despertam a curiosidade deles. Além disso, a atividade foi realizada de forma colaborativa e compartilhada favorecendo a aprendizagem.

3.6.4 Etapa 4 – Aplicação da Atividade Experimental 2

A etapa 04 segue com a intervenção no mesmo encontro com a realização da atividade 2 na aula 06. Essa etapa segue a organização conforme observa-se no Quadro 7.

Quadro 7 - Etapa de aplicação 4: Atividade experimental 2

ATIVIDADES ESENVOLVIDAS	TEMPO PREVISTO		OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Atividade Experimental 2	Aula 06	10 minutos	Identificar o processo de consolidação efetiva dos conceitos relacionados à eletrodinâmica por meio da utilização de <i>kit</i> experimentais com componentes eletrônicos;
Apresentação dos <i>Kit</i> com componentes eletrônicos		10 minutos	
Intervenção pedagógica face às situações problema com a pergunta norteadora, contemplando a Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integradora;		10 minutos	
Situação Problema: Aplicação de SD com lista de exercício		30 minutos	
Análise qualitativa e quantitativa.			

A atividade 2 foi desenvolvida com os estudantes na aula 06 permanecendo os mesmos grupos. Inicialmente, foi entregue os componentes eletrônicos e apresentado os estudantes. Logo em seguida foi entregue a SD da atividade experimental SD (Apêndice E) e levantado hipóteses sobre a pergunta norteadora.

3.6.5 Etapa 5 – Aplicação da Atividade Experimental 3

A etapa 5 representada pela atividade 3 seguida SD (Apêndice E) segue a mesma dinâmica anterior, sendo realizada em duas aulas com os componentes eletrônicos e apresentado os estudantes. A organização da etapa segue conforme observa-se na Quadro 8.

Quadro 8 - Etapa de aplicação 5: Atividade Experimental 3

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	TEMPO PREVISTO		OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Atividade Experimental 3			
Apresentação dos <i>Kit</i> com componentes eletrônicos	Aula 07	10 minutos	Identificar o processo de consolidação efetiva dos conceitos relacionados à eletrodinâmica por meio da utilização de <i>kit</i> experimentais com componentes eletrônicos;
Intervenção pedagógica face às situações problema com a pergunta norteadora, contemplando a Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integradora;		10 minutos	
Situação Problema: Aplicação de SD com lista de exercício Análise qualitativa e quantitativa.	Aula 08	70 minutos	

3.6.6 Etapa 7 – Avaliação Final

A proposição dos mapas enquanto atividade e instrumento de coleta de dados se deram na perspectiva de ser condizente com toda a proposta educacional, que foi pautada na TAS. Portanto, os mapas conceituais poderiam ser instrumentos pelos quais os estudantes representariam o conhecimento retido em suas estruturas cognitivas.

Desta maneira, se propôs a elaboração de mapas conceituais nesta etapa baseando nos conceitos estudados na UEPS.

Ressalta-se que, foi programada para o final do primeiro encontro uma oficina para que o professor pesquisador explicasse em que consistia um mapa conceitual, detalhando os elementos que um mapa precisaria ter e destacando como este deveria ser elaborado. Para a

ocasião, também foi planejado que o professor e a turma desenvolvessem um mapa, com a temática a escolha da turma para exemplificar.

Além disso, entendendo que o conhecimento ainda estaria no início de sua construção, foi elaborado um guia impresso sobre elaboração de mapas conceituais (Apêndice F), para ser disponibilizado aos estudantes no dia da atividade.

As medidas explicativas sobre a elaboração de mapas conceituais foram pensadas e elaboradas objetivando minimizar as dificuldades que os estudantes poderiam ter no desenvolvimento destes, pois se cogitou ser esta a primeira vez que fariam tal atividade.

A elaboração dos mapas conceituais ao final da proposta foi pensando para conclusão da unidade, visando captar quais conceitos e como estes se organizaram nas estruturas cognitivas dos estudantes, uma vez que já teria trabalhado todo os conteúdos do tópico específico de estudo.

A etapa de aplicação 06 compreende a construção de Mapa Conceitual e posterior apresentação, como se observa no Quadro 8.

Quadro 9 - Etapa de aplicação 6: Avaliação final

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	TEMPO PREVISTO		OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Realização de uma oficina de como construir um Mapa Conceitual	Aula 09	30 minutos	Compreender aspectos conceituais utilizando como suporte a oficina sobre a construção de um mapa conceitual
Intervenção pedagógica		30 minutos	
Construção do Mapa Conceitual	Aula 10	20 minutos	Verificar como se caracterizam os indicadores dos Mapas Conceituais e se eles promovem aprendizagem significativa.
Análise qualitativa			

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo traz os resultados gerais obtidos ao longo da pesquisa. A princípio, apresentam-se os resultados da sondagem inicial realizados com o questionário. Em seguida, trazem-se os dados da intervenção com a UEPS, obtidos por meio das atividades realizadas pelos estudantes, que se constituíram nos instrumentos de coleta de dados da pesquisa, bem como à análise dos mesmos. Por fim, apresentam-se os resultados da avaliação final referente ao conteúdo por meio dos mapas conceituais.

4.1 Análise da Sondagem inicial

A intervenção iniciou no dia 04/07/2022 no período de aula logo após o retorno das atividades presenciais, no início do calendário do ano letivo de 2022, com apresentação da pesquisa aos estudantes da UC de Física. Foi solicitado ao professor da UC a concessão de 10 minutos da aula nos dias 04 e 07/07 a fim de expor os objetivos da pesquisa, a metodologia e os instrumentos que serão utilizados no decorrer da intervenção pedagógica. O pesquisador explanou sobre as etapas da pesquisa e fez o convite aos estudantes para participação e a solicitação de autorização dos seus responsáveis legais através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A). Neste último contém o resumo das principais informações da pesquisa (justificativa e objetivo geral), destacando-se a voluntariedade na participação, a isenção de qualquer penalidade caso o estudante se recusasse em participar, o sigilo das identidades dos participantes e a explicação de que a proposta não envolvia nenhum valor econômico.

Aulas 01 e 02

A etapa inicial da proposta ocorreu nas turmas A e B de informática no dia 11/07/20022 com a exibição do vídeo “**Como funcionam as telas sensíveis ao toque**”³ como objetivo de contemplar o princípio do conhecimento prévio dos estudantes, ou seja, os subsunçores sobre os conteúdos referentes ao tema.

Após exibição, foram debatidas as situações-problema previamente elaboradas pelo professor pesquisador, inclusive sobre os conceitos de eletrodinâmica nos *smartphones*, de

³ <https://youtu.be/BF211C15zW8>

modo que os estudantes participaram ativamente, perguntando, respondendo e comparando com o que havia sido exibido no vídeo. Esta dinâmica gerou novas situações-problema fazendo com que os estudantes ansiassem por novas informações, constatando-se que “[...] são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente.” (MOREIRA, 2011, p. 45).

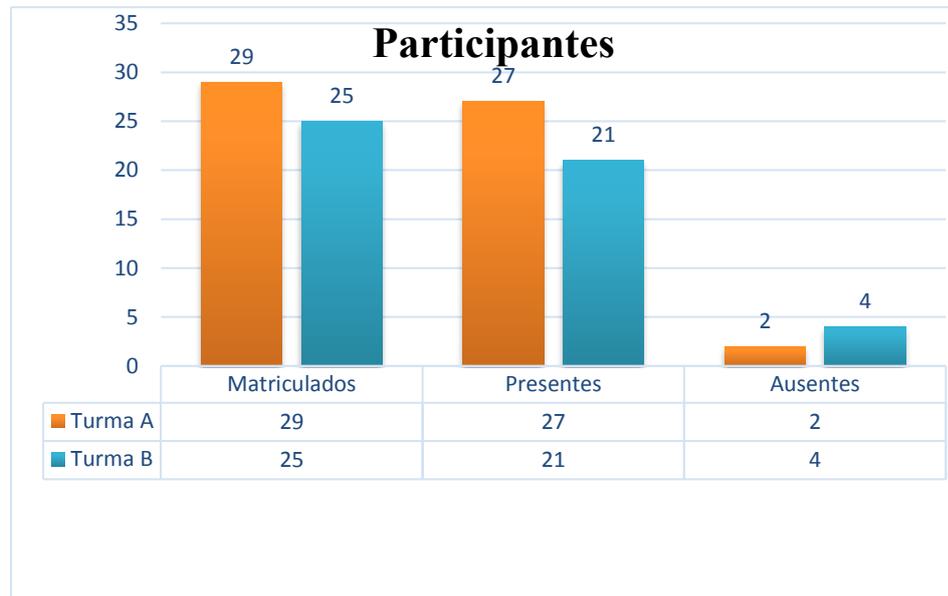
Após as discussões sobre o vídeo, que durou cerca de 20 minutos, o professor pesquisador disponibilizou aos estudantes, via *Google Forms*, um questionário de conhecimentos prévios (Apêndice B) visando obter os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do público alvo.

Nesta primeira etapa de aplicação, os estudantes ainda não tiveram contato com os conceitos relacionados à Eletrodinâmica, considera-se até este momento que os estudantes tiveram contato apenas com conceitos de eletrostática.

No início da atividade alguns estudantes se mostraram preocupados em não terem condições de responder adequadamente às questões, devido desconhecem ao certo os conceitos de eletrodinâmica de que se tratavam a pesquisa, também se a atividade valeria ou não nota, apontando que as questões seriam mais fáceis se fossem todas de múltipla escolha. Diante das manifestações dos estudantes o professor deixou claro que aquele era um momento importante para expressarem seus conhecimentos, sendo estes corretos ou não sobre o conteúdo que seria abordado (MOREIRA, 2011), por isso que haviam sido feitas as solicitações iniciais.

A análise que aqui se apresenta está em sua forma quantitativa apenas para balizar as etapas posteriores da pesquisa.

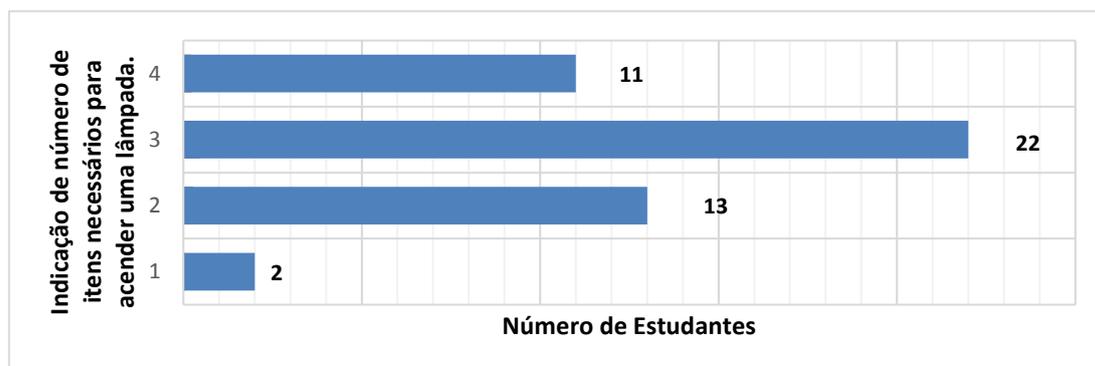
O questionário de aplicação respondido pelos estudantes nesta etapa, conforme mostra o gráfico da Figura 9, possui ausência de 06 estudantes, sendo 02 da turma A e 04 da turma B, totalizando 11% de ausentes. Embora o número não seja muito expressivo de ausentes se deu devido ao retorno das atividades após um período de greve no IFNMG.

Figura 8 – Número de participantes na aplicação de sondagem inicial

Fonte: ACERVO DO AUTOR

Analisando a etapa de aplicação 1 e considerando a análise de conteúdo proposta por Bardin (2010), deu-se início a avaliação das respostas dada pelos estudantes, em que inicialmente não foram estabelecidas categorias previamente, mas elaboradas a partir das suas respostas.

A questão 01 envolveu conceitos de circuito elétrico, em que é solicitado aos estudantes a responder quais os itens são necessários para acender uma lâmpada.

Figura 9 – Respostas dos estudantes à Questão 01

Verificando as respostas, foi identificado que nas alternativas selecionadas “Fio condutor”, “Lâmpada”, “Bateria”, “Interruptor”, houve um quantitativo de 11 (onze) estudantes que responderam de forma assertiva indicando 04 (quatro) alternativas possíveis que

compunham a resposta corretas, demonstrando que conseguem fazer uma relação com os conhecimentos prévios. Houve, ainda, 22 (vinte e dois) estudantes que indicaram 03 alternativas assertivas que satisfazem a questão solicitada. Além disso, 13 (treze) estudantes indicaram 02 respostas que satisfazem o solicitado evidenciando que de alguma forma demonstram em sua estrutura cognitiva algum conhecimento prévio necessário para selecionar componentes elétricos para realizar a ligação de uma lâmpada, como se observa ao responderem “o que motivou sua resposta à questão”:

Estudante 172027VD: “Pelos meus conhecimentos gerais, os nomes que eu relaciono com energia, luz, são os que marquei. Não q eu saiba essencialmente oq significa cada um.”

Estudante 172142VD: “Porque é necessário um fio para conduzir a eletricidade para a lâmpada, e também um interruptor para ligar e desligar, e a bateria para armazenar eletricidade.”

Estudante 172127VE “Lembrei das instalações de lâmpadas que eu já vi”

Ao se observar a resposta do Estudante 172027VD, nota-se a necessidade durante a intervenção, de se exemplificar a função de cada um dos componentes necessários para se acender uma lâmpada.

Ainda, verificamos nesta primeira questão, que existiam equívocos nas respostas de estudantes a respeito da função das grandezas elétricas envolvidas num circuito simples. Sete (07) estudantes, por exemplo, afirmaram que o fio serve para conduzir energia. No entanto, sabemos que um fio condutor possui elétrons livres que passam a ter um movimento ordenado em função da diferença de potencial submetida pela fonte de tensão, transmitindo assim energia através do circuito, em função do movimento ordenado destes elétrons livres (conceito do portador de carga elétrica).

Notamos, ainda, que apenas dois (02) estudantes apresentaram conhecimento prévio muito aquém dos demais colegas, quando se estabelece uma relação ao conteúdo na aplicação do questionário. As afirmativas abaixo relatam o que os motivou para assinalar as respostas:

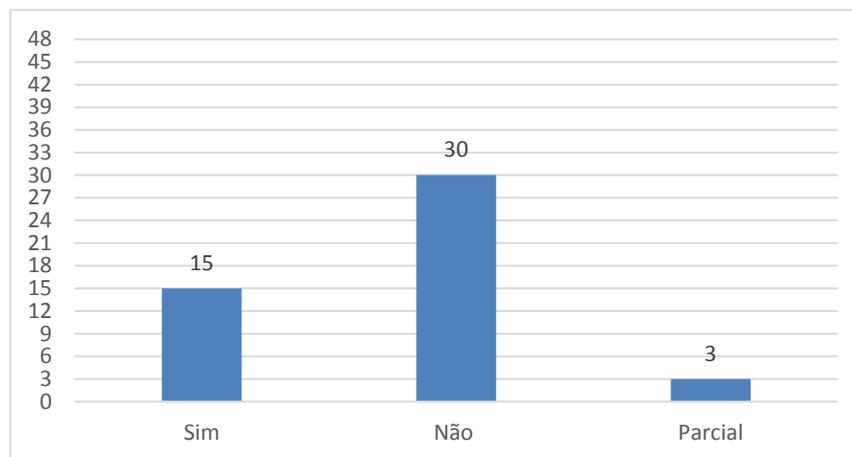
Estudante 172005VE “Necessariamente só e preciso de uma forma de conduzir a eletricidade até a lâmpada, independente da forma.”

Estudante 172087VD “Lembrei-me de que o fogo na vela só continua devido ter um pavio, um cordão que queima até o fim”

Para se buscar um aprofundamento maior sobre os conhecimentos prévios dos estudantes, foi solicitado que afirmassem se saberiam explicar o funcionamento de um circuito elétrico. Ao analisarmos as respostas, percebemos que 15 (quinze) estudantes responderam

“sim” saberia explicar, 30 (trinta) “não” e, do quantitativo total 03 (três) responderam “talvez” a qual enquadrámos na categoria “parcial”.

Figura 10 – Respostas dos estudantes à Questão 02



Ao analisar as respostas apresentadas, verificamos que a maior parte dos estudantes explicita o funcionamento de um circuito elétrico com abordagens conceituais ingênuas, como se observa no recorte aos depoimentos dados na questão:

Estudante 172014VE “*A energia sai de uma fonte e através de cabos condutores chega a um receptor como uma lâmpada por exemplo*”;

Estudante 172066VE “*um circuito elétrico é uma ligação que permite a circulação de energia elétrica, conduzindo a eletricidade de um ponto ao outro*”.

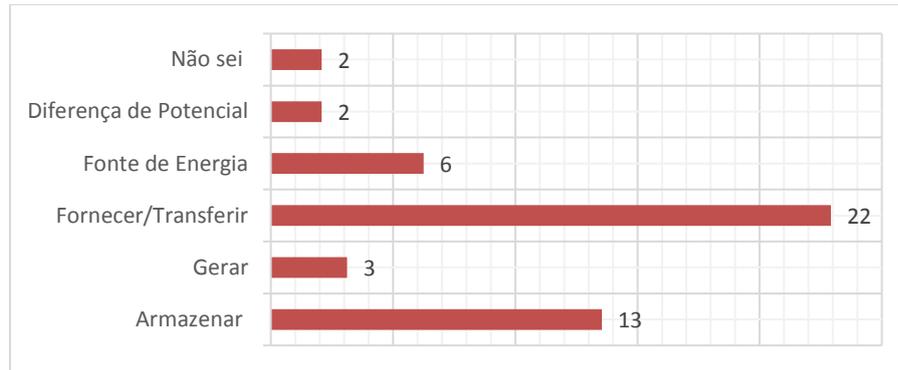
Identifica-se, nestes depoimentos, que os estudantes reconhecem o circuito elétrico como um fluxo descontínuo de energia, descrevendo uma semelhança com uma fonte de água em uma residência.

Estudante 172080AM “*Existe um fio condutor que conduz a energia por um circuito, nesse circuito você pode ter um interruptor que vai interromper ou continuar com a corrente, ou seja você pode acender ou desligar algo. Aí existem os tipos de circuito em série e paralelo e a diferença entre eles é a forma em que são dispostos os elementos para que a energia os percorra.*”

No depoimento descrito acima, o estudante descreve algumas características de circuito com a disposição dos elementos de interrupção e componentes, manifestando conhecimentos prévios alicerçados no que se refere à disposição desses componentes.

Na sequência (questão 3), solicitamos que os estudantes determinassem qual a função da pilha ou bateria no circuito elétrico. 22 (vinte e dois) estudantes responderam que a pilha ou bateria é responsável por fornecer, transmitir energia para o circuito elétrico, outros 13 (treze) estudantes responderam que armazenar, 6 (seis) servi com uma fonte elétrica, 03 (seis) gera energia, 02 (quatro) diferença de potencial e 02 (quatro) não soube explicar.

Figura 11 – Respostas dos estudantes à questão 03.



Sabemos que a fonte de tensão fornece uma diferença de potencial e quando fechamos o circuito entre a fonte e a lâmpada, circula uma corrente elétrica que tem a função de transportar energia ao longo do circuito. Logo, 24 estudantes deram uma justificativa assertiva, semelhante ao que se espera. Como podemos perceber nos extratos das falas dos estudantes:

Estudante 172140VE “*Causar uma diferença de elétrons nas extremidades do circuito*”;

Estudante 172022VE “*causar uma carga diferencial de quantidade de elétrons nos extremos dos circuitos*”;

Estudante 172012VD “*transmitir a energia para o objeto*”;

Estudante 172105VD” *Fornecer energia, cria uma corrente elétrica*”

Verificou-se que a maior parte dos estudantes traz consigo algum conhecimento prévio quanto a função da pilha ou bateria como fonte de tensão no circuito, que é produzir uma diferença de potencial (tensão elétrica), fornecendo energia mínima necessária a um equipamento ou circuito.

No entanto, surgiram dúvidas entre os estudantes, pois alguns não conseguiram descrever a função de uma fonte de tensão, identificando aqui a necessidade de uma abordagem durante a intervenção pedagógica, que retrate a função do gerador de tensão em um circuito.

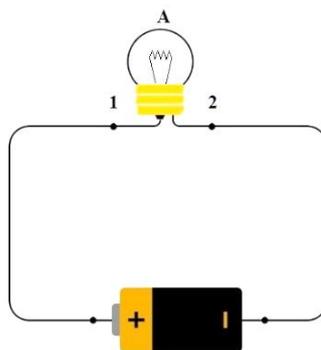
Analisando as respostas dadas pelos estudantes na questão 4, nos quais buscamos aprofundar sobre os conhecimentos prévios referente à função da bateria solicitado a eles explicar qual a função da pilha ou bateria no circuito elétrico?

Observamos nas respostas que os estudantes apresentam algumas dúvidas em relação a uma lâmpada brilhar. Haja vista que 29 estudantes afirmaram que a bateria ou pilha transfere a energia ao circuito sendo que a corrente elétrica servirá para transportar os elétrons.

Sabemos que a corrente elétrica serve para transportar esta energia ao longo do circuito, pois a força elétrica realizará um trabalho sobre os elétrons e a realização de um trabalho fisicamente está relacionado a transferência de energia entre dois pontos.

A quinta questão é composta por duas perguntas: "a" e "b". Primeiramente na pergunta "a" solicitamos ao estudante descrevesse o motivo da lâmpada acender no circuito elétrico representado na Figura 12.

Figura 12 – Circuito em série simples



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Analisando as respostas apresentadas pelos estudantes foi possível perceber indícios de alguns conhecimentos prévios sobre o conteúdo, principalmente quando mencionam nas respostas algumas expressões como “cargas positiva” e “negativa”, “corrente elétrica”, “energia” “eletricidade”, “circuito elétrico”, dentre outras palavras. Entretanto, nota-se que desconhecem o significado dos termos elencados. Assim, as expressões citadas são tratadas, apenas como hipóteses, pois o fato de o estudante mencionar uma dessas expressões não implica que ele compreende o fenômeno ou mesmo o significado daquela expressão e como ela se associa a novos conceitos de Eletrodinâmica.

As respostas foram analisadas de forma resumidas, tratadas como possíveis hipóteses, possibilitando a divisão e organização em quatro grandes categorias como: (a) explica que, como a pilha tem dois polos que devem ser ligados para que a lâmpada acenda, devem existir dois tipos de cargas, o "positivo" e o "negativo", que saem desses polos e se encontram na lâmpada; (b) a explicação é semelhante, mas fala somente de energias positivas e negativas; (c) supõe que a energia pode percorrer o fio nos dois sentidos simultaneamente, prevendo que algo sai de um dos polo da pilha e chega ao outro, mas no circuito interno da lâmpada (o filamento), não fazem parte desse caminho; (d) preveem sobre a diferença de

elétrons, dando a ideia sobre tensão elétrica, campo eletromagnético, demonstrando confusão total do tipo de fenômeno ocorre na pilha para que ela forneça energia aos elétrons, mas uma corrente elétrica irá percorrer o condutor elétrico até a filamento da lâmpada, indicando a constituição interna de uma lâmpada, que irá acender.

Na categoria (a) observamos que 10 (dez) estudantes responderam de forma semelhante, descrevendo que a pilha tem dois polos que devem ser ligados para que a lâmpada acenda, devem existir dois tipos de cargas, o "positivo" e o "negativo", que saem desses polos até a lâmpada. Como podemos observar na resposta do estudante 172014VE *“As cargas positivas e negativas saem da pilha e são ligadas à lâmpada que reagindo com o material presente nesta fazem-na acender”*.

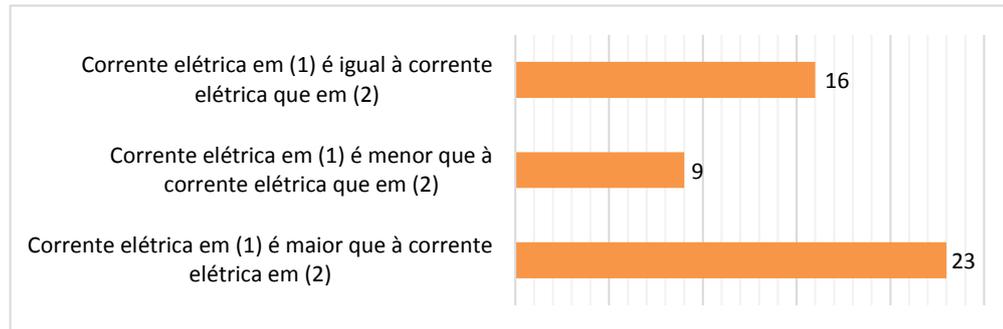
Já na categoria (b) 14 (quatorze) estudantes responderam de forma semelhante, mas somente as energias positiva e negativa passa através de fios condutores. Como é possível observar na resposta do estudante 172085VE *“A bateria transfere energia positiva e negativa para a lâmpada através de fios condutores fazendo com que a lâmpada acenda.”*

A categoria (c) com 17 (dezesete) dos estudantes, sendo a maior parte, responderam de forma semelhante que a energia da pilha percorrer o fio nos dois sentidos simultaneamente, conforme resposta do estudante 172084AM *“A energia das pilhas faz com que os elétrons sigam um fluxo, negativo/positivo, passando pela lâmpada. A agitação na lâmpada produz luz.”*

Na categoria (d) notamos que 06 (seis) estudantes responderam de forma semelhante conforme observamos na resposta do estudante 172150VE *“Os elétrons irão percorrer a corrente elétrica do polo de maior concentração de elétrons para o de menor, eles irão passar pela lâmpada esquentar o fio e gerar calor e conseqüentemente luz e o fluxo continua”*.

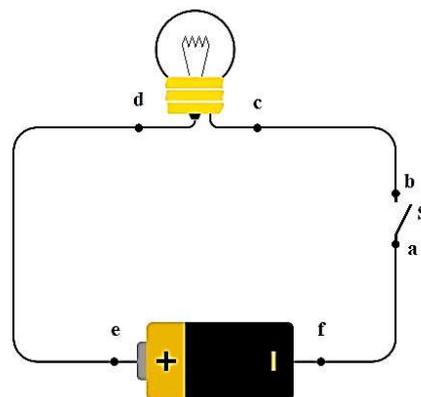
Obtivemos, apenas, 01 (um) estudante que não soube responder à pergunta não sendo enquadrado em nenhuma das categorias anteriores, despertando neste pesquisador a necessidade de uma maior atenção.

A pergunta “b” da quinta questão, foi solicitando ao estudante que escolha uma alternativa acerca do que ocorre com a corrente elétrica em pontos diferentes de um circuito o que requer um aprofundamento maior sobre os conhecimentos relativo a circuito elétrico, corrente elétrica e tensão elétrica relacionando-se com a questão anterior.

Figura 13 – Respostas da Questão Q5 - b

Analisando as respostas apresentadas pelos estudantes na pergunta “b” da quinta questão, apenas 16 estudantes indicaram a resposta como sendo a corrente elétrica em (1) sendo igual à corrente elétrica que em (2) como assertiva, demonstrando conhecimento prévios significativos sobre os conceitos relacionados. Outros 23 estudantes indicaram que a corrente elétrica em (1) deve ser maior que à corrente elétrica em (2) e 09 responderam que a corrente elétrica em (1) deve ser menor que em (2) dando a entender, de maneira geral, desconhecerem que os elétrons iniciam seu movimento a partir do polo negativo (menor potencial) da pilha, exibindo total desconhecimento quanto aos conceitos relacionados à polaridade da pilha como determinante no sentido dos movimentos dos elétrons livres. Abre-se um alerta para esta situação, necessitando intensificar o aprofundamento nos conceitos relacionados à geração de energia pela fonte elétrica.

Na sexta questão solicitamos aos estudantes que indicassem a existência de diferença de potencial (DDP) em um circuito simples com chave aberta, pergunta “a”, e depois com a chave fechada, pergunta “b” conforme representado na Figura abaixo.

Figura 14 – Circuito simples com chave aberta

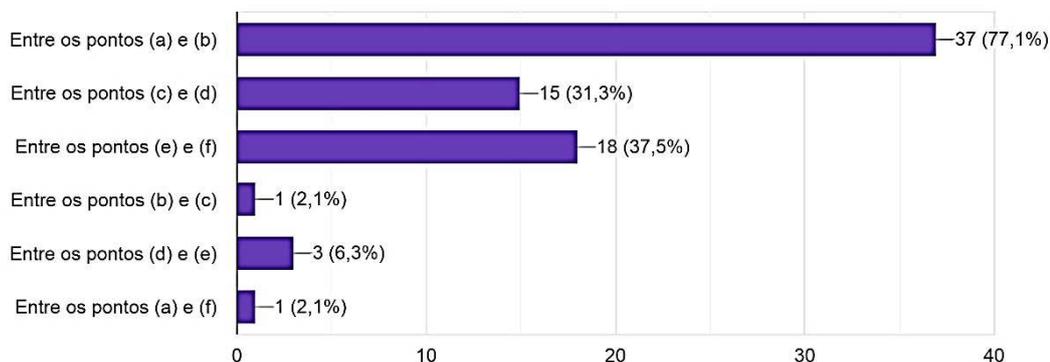
Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Analisando as respostas apresentadas pelos estudantes com a chave interruptora aberta.

Figura 15 – Respostas da Questão Q6 – a

a) Marque qual alternativa indica a existência de diferença de potencial (DDP):

48 respostas



Entre os pontos (a) e (b), nos extremos do interruptor, 37 estudantes afirmaram que existe diferença de potencial entre estes dois pontos, provavelmente por estar aberto o circuito naquela região. Contudo, medindo a diferença de potencial entre aqueles pontos, estaremos medindo a tensão fornecida pela bateria, ou seja, estamos fechando o circuito, o que não desejamos para a questão.

Os pontos (c) e (d), nos extremos da lâmpada, estão conectados somente ao terminal positivo da bateria, sem haver uma tensão elétrica, mas 15 estudantes afirmaram que haverá uma diferença de potencial nesta situação. Entre os pontos (e) e (f), que está conectado diretamente nos terminais da bateria e medindo a diferença de potencial fornecida por ela, 18 estudantes afirmaram que haveria tensão elétrica entre estes pontos.

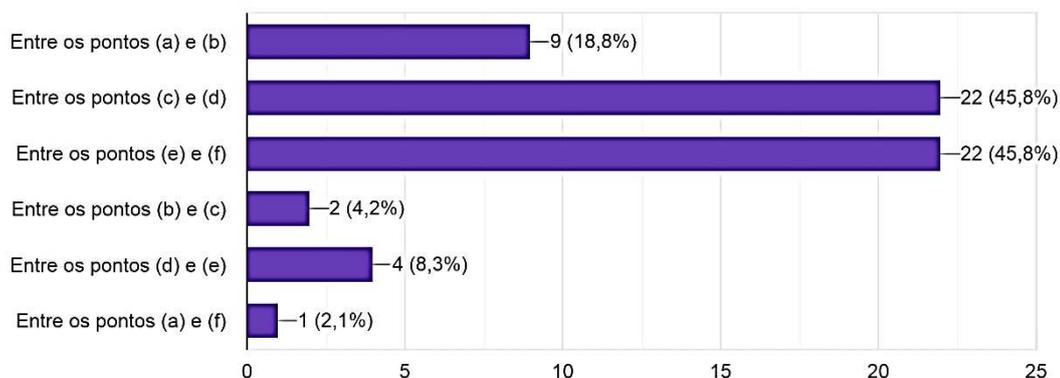
Ainda, a questão trazia a opção de marcar entre os pontos (a) e (f) no extremo da chave aberta e a bateria. Assiste-se que um estudante indicou que haveria diferença de potencial naquele local, revelando total desconhecimento sobre o significado de DDP. Do outro lado da chave nos pontos (b) e (c) entre a chave aberta e lâmpada, também foi indicada por um estudante e, também, do outro lado do circuito entre os pontos (d) e (e) na extremidade da lâmpada e da bateria três estudantes afirmaram existir DDP.

As respostas apresentadas pelos estudantes com a chave interruptora fechada.

Figura 16 –Respostas da Questão Q6 – b

b) Se fecharmos a chave, existe diferença de potencial:

48 respostas



Com a chave interruptora fechada (Figura 14), nove estudantes afirmaram haver diferença de potencial entre estes dois pontos, provavelmente por haver corrente elétrica circulando e a lâmpada brilhando. No entanto, medindo a tensão elétrica entre aqueles pontos com o multímetro na função voltímetro, estaremos submetendo os terminais desse voltímetro a um mesmo potencial.

Nos pontos (c) e (d), há uma diferença de potencial sobre a lâmpada indicado pelo voltímetro no polo positivo e negativo da bateria, onde 22 estudantes afirmaram que há uma diferença de potencial entre estes pontos.

Entre os pontos (e) e (f), extremidade da bateria, um número expressivo de 22 estudantes afirmaram haver DDP entre estes pontos.

Nos pontos (a) e (f) um estudante indicou haver diferença de potencial entre eles e nos pontos (b) e (c) dois estudantes afirmaram que há diferença de potencial neste local.

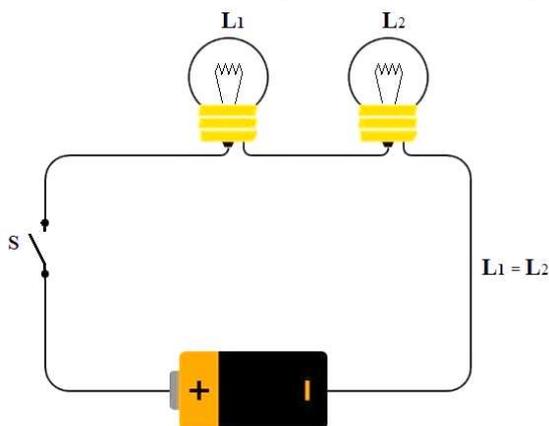
Entre os terminais (d) e (e) quatro estudantes anunciaram haver DDP no local, testemunhando total desconhecimento sobre como se comporta a corrente elétrica e a tensão entre pontos de um circuito simples.

As respostas dos estudantes evidenciam a existência de lacunas conceituais acerca dos conceitos de corrente e tensão elétrica, principalmente quando o assunto se trata de DDP fornecida por uma fonte de tensão, mesmo com corrente contínua. Percebe-se nitidamente que corrente elétrica era, em alguns casos, confundida com uma tensão elétrica. Também quando o circuito está aberto, alguns estudantes afirmam que não existe tensão elétrica nesta situação. De modo geral as afirmações dos estudantes evidenciam alguns resquícios de conhecimento prévio,

mas deixando claro a necessidade de uma atenção maior ao se abordar esses conceitos nas próximas atividades.

A sétima questão é composta por três perguntas a, b, e c sendo a pergunta a aquela que solicita ao estudante respostas sobre a ordem de acendimento de uma lâmpada num circuito simples, onde há duas lâmpadas idênticas ligadas em série como mostra a Figura 18.

Figura 17 – Circuito simples com duas lâmpadas



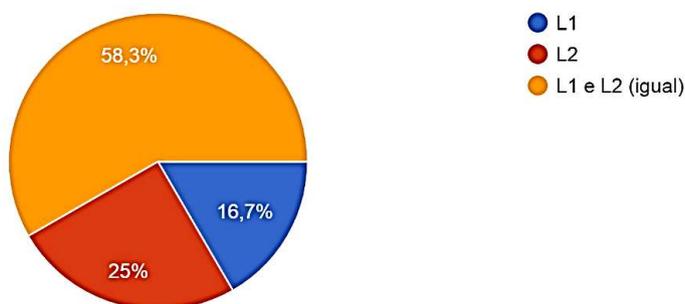
Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Ao analisar as repostas verificamos que existem muitas dúvidas e erros conceituais nas conclusões destes estudantes quanto à circulação de corrente elétrica, como se observa nas repostas apresentadas pela Figura 19 abaixo.

Figura 18 – Respostas da questão Q7 – a

a) Qual lâmpada irá brilhar primeiro?

48 repostas



Ao analisar dentro de um universo de 48 repostas, cerca de 58% dos estudantes responderam que ao fechar a chave interruptora as lâmpadas (L1) e (L2) brilharão (acenderão) ao mesmo tempo. Nota-se que os estudantes tem a percepção que ao fechar a chave interruptora

a pilha fornece uma corrente que circula por todas as lâmpadas e que a função da pilha é transportar energia ao longo do circuito, e por sua vez, transforma essa energia elétrica em energia luminosa. Como podemos perceber nas respostas ao ser perguntado “o que motivou a sua resposta?”, o Estudante 157478VE afirma: “*A energia chega igual em ambas as partes*”.

Observa-se que o estudante sequer compreendeu a pergunta, pois ele apenas respondeu o que havia assinalado na questão.

O Estudante 172140VE consegue complementar o motivo de ter assinalado a alternativa onde as duas lâmpadas acendem juntas afirmando que, “*Pois, mesmo que existam duas lâmpadas, a carga elétrica terá que obrigatoriamente passar pelas duas para alcançar o polo negativo*”, expressando algum conhecimento prévio acerca do conceito de corrente elétrica em circuito com ligações em série ao afirmar que a carga tem que alcançar o polo negativo da pilha, caracterizando a corrente como um fluxo de cargas.

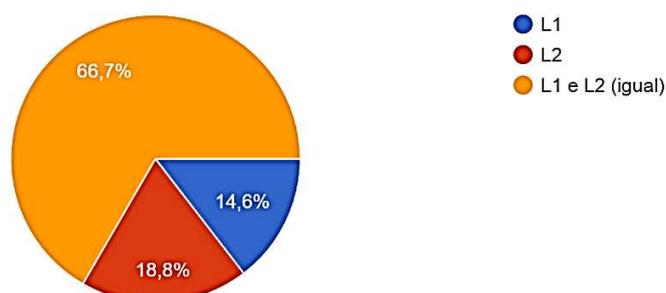
Outros 25% dos estudantes responderam que L2 brilhará primeiro, possivelmente por acreditar que a corrente elétrica sairá do polo positivo da pilha chegando primeiro na lâmpada L2 e por seguinte na lâmpada L1 e retornando para o polo negativo da pilha. Outros 16,7% dos estudantes marcaram que a corrente elétrica fará o caminho inverso e por isso acenderá L1 primeiro.

Na mesma questão, a pergunta b solicita que indiquem qual das lâmpadas brilhará com mais intensidade. A grande maioria dos estudantes, cerca de 66% deles, indicaram a opção que satisfaz corretamente a pergunta que faz relação com o conceito de resistência e potência elétrica. Destaca-se, aqui, a possibilidade de terem manipulado lâmpadas para serem substituídas ou mesmo possuírem conhecimentos prévios acerca do conceito de potência elétrica quando em momento de aquisição desses receptores domésticos.

Figura 19 – Respostas da questão Q7 – b

b) Qual das lâmpadas brilhará mais?

48 respostas



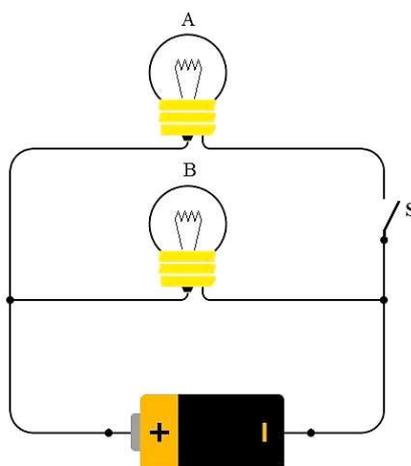
Com base na amostra, e considerando o universo de 48 estudantes, 66% destes afirmam que o brilho das lâmpadas L1 e L2 são iguais. Ao se observar o percentual de estudantes que indicaram que certa lâmpada brilhará (acenderá) primeiro que outra, numa soma de cerca de 34%, nota-se que há um forte indício que esses estudantes fazem uma forte associação entre o circuito elétrico e o um “circuito” hidráulico de suas residências, corroborando com a situação dada pela mesma questão no item a.

Com o intuito de buscar conhecimento prévio que se relaciona com o conceito de resistência elétrica, foi perguntado ainda, se L1 tiver maior resistência que L2, qual brilhará mais? Nesta questão o intuito era fazer com que os estudantes buscassem em sua estrutura cognitiva a relação entre corrente em receptores ligados em série e resistência elétrica atribuídas como a lei de Ohm. Para esta questão, cerca de 65% dos estudantes apresentam conhecimento prévio satisfatório, indicando que conseguem perceber a relação onde a lâmpada que apresenta resistência interna de maior valor brilhará com mais intensidade. Entretanto, cerca de 35% dos estudantes indicaram que a L2 terá o brilho mais intenso ou apresentam o mesmo brilho, mostrando desconhecer a relação entre resistência elétrica de uma lâmpada e seu brilho característico, situação cotidiana apresentada no momento de aquisição de uma lâmpada.

Fica evidenciado em suas respostas que precisamos reforçar as ideias relacionadas a função destas grandezas físicas num circuito elétrico e também as características das respectivas associações de resistores e ou receptores, necessitando assim, de uma análise mais detalhada e de uma construção destes conceitos auxiliados por simulações e experimentos.

A questão 8 trouxe observações e conceitos com intuito de verificar algum conhecimento prévio relacionando a corrente elétrica em um circuito com receptores ligados em paralelo, conforme a Figura 20.

Figura 20 – Circuito com receptores em paralelo.

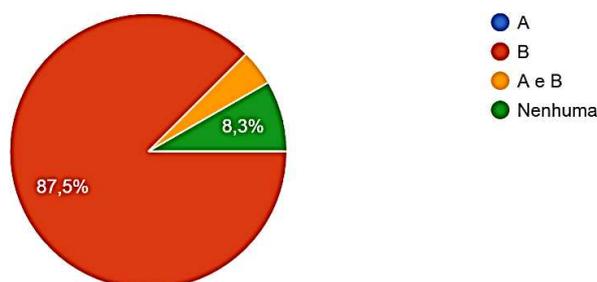


Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Indagamos os estudantes à seguinte situação: Em um circuito a chave interruptora (S) está inicialmente aberta. Nele temos duas lâmpadas (A) e (B) idênticas (em potência). a) Se o interruptor (S) estiver aberto, qual das lâmpadas irá brilhar?

Figura 21 – Respostas da questão Q8 – a

a) Se o interruptor (S) estiver aberto, qual das lâmpadas irá brilhar?
48 respostas



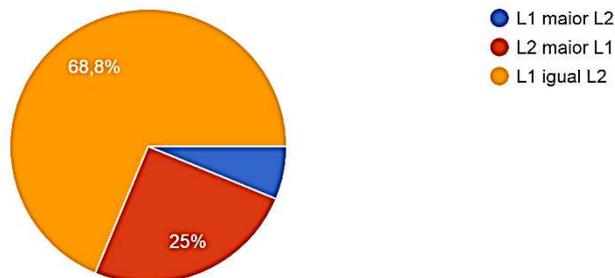
Ao analisar as respostas apresentadas pelos estudantes verifica-se que 87% dos estudantes afirmaram que a lâmpada B acenderá (brilhará) quando a chave interruptora estiver aberta, manifestando algum conhecimento prévio acerca do percurso descrito pela corrente elétrica em circuito em paralelo. Tal preceito se assinala pois, conforme se apresenta o circuito, os estudantes o reconhecem como uma ligação em série com apenas um receptor. Já 4,2% dos estudantes responderam que as duas lâmpadas “A” e “B” brilharão, apontando insciência em relação à função de um interruptor em um circuito em paralelo. Outros 8,3% estudantes responderam que nenhuma das lâmpadas brilhará, possivelmente por entender que a chave interruptora estando aberta não haverá corrente elétrica no circuito em paralelo, existindo assim algumas muitas dúvidas em relação à função do interruptor e dos conceitos de corrente elétrica no tipo de circuito apresentado. Nos chama atenção, que nenhum estudante assinalou a alternativa que indica que apenas a lâmpada “A” acende, identificando, mesmo que de forma ingênua, que a lâmpada não acenderá pois o circuito está aberto naquele ramo.

Para que fosse possível identificar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação a corrente elétrica submetida a um circuito com receptores ligados em paralelo indagamos: Ao fecharmos a chave interruptora (S), como será o brilho das lâmpadas?

Figura 22 – Respostas da questão Q8 – b

b) Ao fecharmos a chave interruptora (S), como será o brilho das lâmpadas?

48 respostas



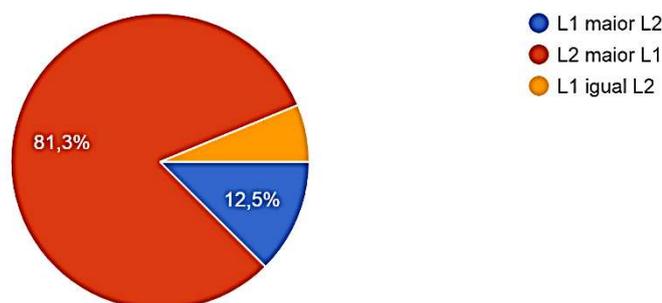
Identifica-se que cerca de 69% dos estudantes responderam que o brilho da lâmpada L1 seria igual a L2, apontando algum conhecimento no que diz respeito a ligações de receptores em paralelo por reconhecerem este tipo de ligação elétrica em suas residências. Nota-se que os estudantes têm a percepção que ao fechar a chave interruptora a pilha (gerador ou fonte) fornecerá uma corrente que circula pelo circuito e que as lâmpadas estão submetidas a um mesmo potencial, e por sua vez, terá o mesmo brilho transformando a energia elétrica em energia luminosa. Destaca-se, nesta questão, uma soma de cerca de 31% dos estudantes que afirmam brilhos diferentes entre as lâmpadas, atestando desconhecer os conceitos básicos de uma ligação em paralelo com receptores de mesma potência.

Para finalizar a questão perguntou-se: se a lâmpada (L1) for menor (em potência) que a lâmpada (L2), como será o brilho das lâmpadas?

Figura 23 – Respostas da questão Q8 – c

c) Se a lâmpada (L1) for menor (em potência) que a lâmpada (L2), como será o brilho das lâmpadas?

48 respostas



Cerca de 81% dos estudantes reconhecem que a lâmpada L2 terá o brilho mais intenso que a lâmpada L1 quando o interruptor estiver fechado, apoiados apenas no pressuposto que lâmpadas com menor potência brilham menos – conforme seus depoimentos à questão que solicita descrever o que motivou a resposta. As duas lâmpadas, por estarem associadas em paralelo, recebem a mesma tensão da fonte e o brilho será mais intenso naquela que circular maior corrente elétrica. Nesse caso, a lâmpada de maior potência possui menor resistência elétrica, por conseguinte menor oposição à passagem da corrente, assim o seu brilho será mais intenso.

Ao analisarmos as respostas dadas a esta questão, identifica-se que os estudantes conseguem relacionar de forma intuitiva a potência de uma lâmpada ao seu brilho característico, entretanto não são capazes de apresentar elementos conceituais que apoiem a decisão. O relato dos estudantes abaixo certifica o uso da intuição:

172085VE “Potência geralmente é condizente a força, então faria o brilho ser maior”.

172031VD “lógica básica, se a lâmpada tem menos potência logo ela brilha menos”.

172011AM “Utilizei a lógica”.

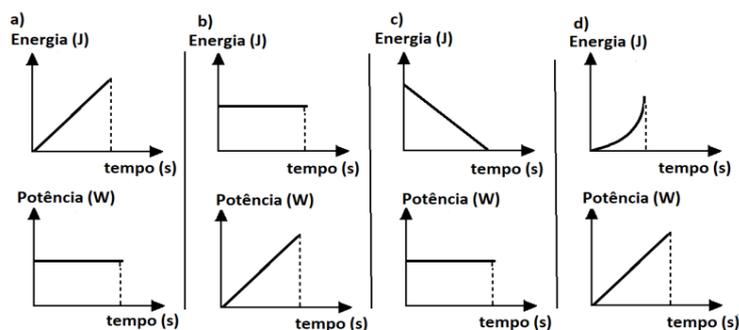
Pelos relatos, fica evidenciado a necessidade de reforçar as ideias relacionadas a função destas grandezas físicas num circuito elétrico e também as características de potência, resistência e corrente elétrica, necessitando assim, de uma análise mais detalhada e de uma construção destes conceitos auxiliados por experimentos e simulações, nos quais os estudantes podem criar inúmeras hipóteses para a verificação dos conceitos.

Para finalizar a aplicação do questionário, indagamos os estudantes na questão 9 a seguinte situação: Uma lâmpada de 60 W de potência fica ligada a uma rede elétrica durante 10 horas. Qual gráfico (energia x tempo e potência x tempo) representa a potência elétrica e a energia elétrica consumida por ela neste intervalo de tempo?

Na tentativa de buscar conhecimentos prévios relativos ao comportamento do consumo de energia elétrica e da potência de um receptor, optou-se por sua representação gráfica, oportunizando aos estudantes uma análise temporal dos conceitos envolvidos.

As alternativas são apresentadas pela Figura 24.

Figura 24 – Gráficos de Potência e Energia em função do tempo para um receptor

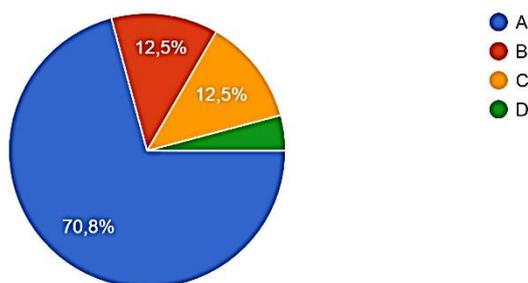


Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Figura 25 – Respostas da questão Q9

Uma lâmpada de 60 W de potência fica ligada a uma rede elétrica durante 10 horas. Qual gráfico (energia x tempo e potência x tempo) representa a ...ica e a energia elétrica neste intervalo de tempo?

48 respostas



Ao analisarmos as respostas, percebe-se que cerca de 29% dos estudantes possuem uma nítida dificuldade de relacionar consumo energético de um receptor ligado ao longo do tempo ao optarem pelas alternativas B, C ou mesmo a alternativa D, descaracterizando o aumento do consumo energético ao longo do período de funcionamento do receptor. Nota-se ainda, que alguns estudantes dentre estes 29%, rejeitam a ideia de que a potência da lâmpada fique invariável por este intervalo de tempo.

Ao observarmos com mais criticidade as respostas dadas a esta questão, percebemos que cerca de 71% dos estudantes indicaram a opção a sendo aquela que melhor representa o consumo de energia e potência da lâmpada ao longo do tempo. No entanto, a potência do receptor pode ser variada se alterarmos a tensão elétrica fornecida ou mesmo a corrente elétrica que circula pelo circuito, evidenciando que não há conhecimentos prévios em relação a estas definições. Logo, faz-se necessário um reforço teórico, simulado e prático ainda maior sobre a energia elétrica consumida pelos equipamentos.

De modo geral, após análise da atividade de sondagem inicial (questionário), algumas percepções relacionadas aos temas e conceitos de diferença de potencial, corrente elétrica, resistência elétrica, circuito elétrico, energia elétrica, foram percebidas, mesmo que de forma ingênua pelo pesquisador, quando se aprofunda nas respostas dadas pelos estudantes.

Nessa perspectiva, pode-se afirmar que poucos estudantes possuem em sua estrutura cognitiva conceitos científicos acerca da Eletrodinâmica conforme os temas abordados na sondagem inicial, reafirmando a necessidade de que o material elaborado, as intervenções pedagógicas através dos experimentos e das simulações computacionais sejam significativos, conforme aponta Moreira (2011, p. 62) “devemos oportunizar aos alunos obter e construir conhecimentos por intermédio de aspectos metodológicos diferenciados, dinâmicos e sistematizados.”

Nesta perspectiva, a sondagem inicial mostrou-se importante para mapear os conhecimentos prévios dos estudantes e particularmente, apontou elementos e até mesmo situações, nos quais as intervenções devem ser mais aguçadas.

4.2 Análise da aplicação da Simulação Computacional

Esta etapa possibilitou aos estudantes verificar a ocorrência de subsunções na estrutura cognitiva dos estudantes a consolidação dos conceitos relativos à eletrodinâmica através da utilização das simulações computacionais, nos quais se oportunizou a construção e interpretação dos conceitos abordados nas questões prévias e da coleta dos dados numéricos oriundos de circuitos elétricos fornecidos pelas SC. O intuito principal dessa atividade foi sanar dúvidas remanescentes da sondagem inicial.

Neste momento, os estudantes foram envolvidos em um ambiente nos quais as SC eram as únicas ferramentas disponíveis, possibilitando a observação da situação na sua forma virtual; a representação de um fenômeno cuja observação real a partir de um experimento não fosse possível de acontecer; elaboração e testagem de hipóteses; experienciar situações de perigo e/ou choque elétrico; replicar e testar o experimento quantas vezes forem necessárias; interagir com outros colegas e com o professor, expondo suas ideias e propiciando maior participação e envolvimento durante a intervenção principalmente quando se parte do pressuposto de que um papel mais ativo dos estudantes durante as aulas é importante não apenas pela possibilidade de despertar maior interesse deles, mas ampliar os conceitos abordados em sua estrutura cognitiva pois, conforme Novak e Cañas (2010, p. 11) a ideia fundamental na

psicologia cognitiva de Ausubel “é que a aprendizagem se dá por meio da assimilação de novos conceitos e proposições dentro de conceitos preexistentes e sistemas proposicionais já possuídos pelo aprendiz”.

Para que os processos elencados acima ocorram, as SC, como as apresentadas pelo repositório PhET-colorado, devem ser interativas, dinâmica e permitam aos estudantes visualizarem fenômenos físicos “micros” ou “macros”, contribuindo para edificar seus modelos mentais, possibilitando alavancar uma aprendizagem com significado. Dito isso Moreira (2011) afirma que para se aprender de forma significativa, o conhecimento deve fazer sentido para o aluno, ou seja, uma aplicabilidade em seu dia a dia. Logo, essa atividade motivou essa relação entre teoria e cotidiano.

Para que os objetivos acima fossem abarcados, utilizou-se o laboratório de informática do IFNMG – Campus Salinas, onde os estudantes acompanhados pelo professor-pesquisador, foram subdivididos em grupos com no máximo 3 estudantes. Neste momento, procurou-se ampliar ainda mais a interação entre os estudantes e dos estudantes com o objeto do conhecimento, visando promover uma aprendizagem significativa (MOREIRA 1999).

Após a composição dos grupos, foi apresentado o repositório internacional PhET-colorado e seus recursos, utilizando um computador e *Datashow* para visualização do vídeo-tutorial 1 (Conhecendo o Simulador Tutorial), disponibilizado na etapa 1, que aborda sobre a manipulação das trilhas possíveis do PhET-colorado com a finalidade de sanar as dúvidas elencadas pelos estudantes.

Em seguida, no momento da intervenção com as SC, após os estudantes já se familiarizarem com o *layout* e as trilhas do PhET-colorado, foram disponibilizadas as SD (Apêndice D) via *Google forms*. Salienta-se que o uso do *Google forms* nesta etapa da pesquisa facilita sobremaneira a análise dos dados, permitindo a construção de gráficos e a utilização de outros recursos estatísticos – caso o professor opte por esta metodologia de análise.

No decorrer da intervenção, os estudantes construíram circuitos que eram propostos nas SD (Apêndice D), elaborados para o desenvolvimento dessa sequência didática.

Figura 26 – Momento que os estudantes foram alocados no laboratório de Informática do IFNMG, familiarizando com o PhET-colorado.



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Aula 03 no dia 15/08/2022

A primeira atividade com as SD utilizando as simulações através do PhET-colorado, os estudantes foram solicitados a construir um circuito simples com uma lâmpada, uma bateria e uma pilha. Logo, em seguida sugerimos alterar a tensão elétrica da bateria para 12V e a resistência da Lâmpada para $10,0 \Omega$. Os estudantes puderam observar e analisar como se comporta a corrente elétrica ao longo do circuito elétrico através de medições com o amperímetro, confirmando o valor da intensidade da corrente elétrica em diferentes pontos do circuito.

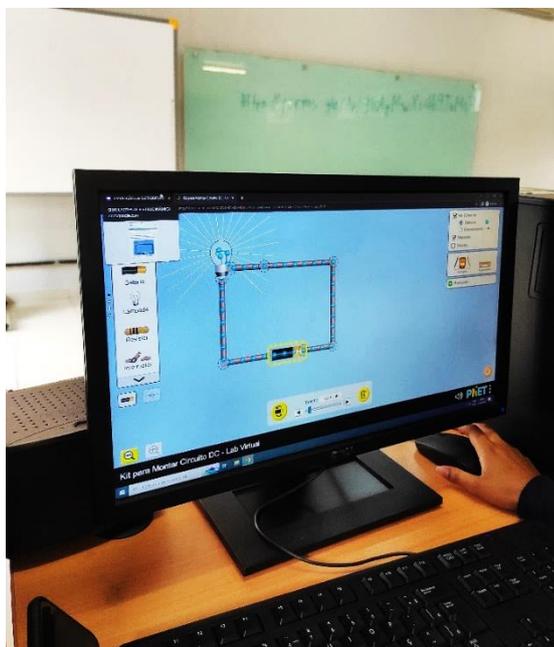
No início da intervenção os estudantes não apresentaram dificuldades em manipular o simulador, uma vez que foi disponibilizado um vídeo contendo o tutorial para esta finalidade, além do professor-pesquisador questionar a turma acerca de possíveis dúvidas.

Alguns estudantes, ao construir o circuito, provocaram curtos-circuitos por não estarem adaptados à SC e, por falta de habilidade no manuseio dos componentes do circuito usando o mouse, além do motivo de não correrem risco de um choque elétrico, queriam provocar um curto-circuito para perceberem o que poderia ocorrer caso essa situação se apresentasse em um circuito real. Chama-se atenção neste momento pois os estudantes extrapolavam a situação apresentada na SD, confirmando o que a literatura traz a respeito do uso das SC como criação de hipóteses e, sobretudo, montando corretamente os circuitos

indicados na SD, interpretando as relações existentes entre tensão elétrica, corrente elétrica e resistência elétrica.

Fazendo uma análise das respostas na atividade 1 que faz relação direta com a questão 6 do questionário inicial, no qual foi solicitado ao estudante realizar a medida da intensidade da corrente elétrica em dois pontos distintos do circuito e verificar se ela apresenta valores diferentes. Com base nestes questionamentos, já apresentados na sondagem inicial, os estudantes discutiram entre os integrantes do grupo e construíram circuitos elétricos para responder às questões. A Figura 28 apresenta o momento de aplicação do simulador virtual PhET – colorado e a construção apresentada pelo estudante à SD.

Figura 27 – Estudante realizando atividade 1 com a SC PhET-colorado



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

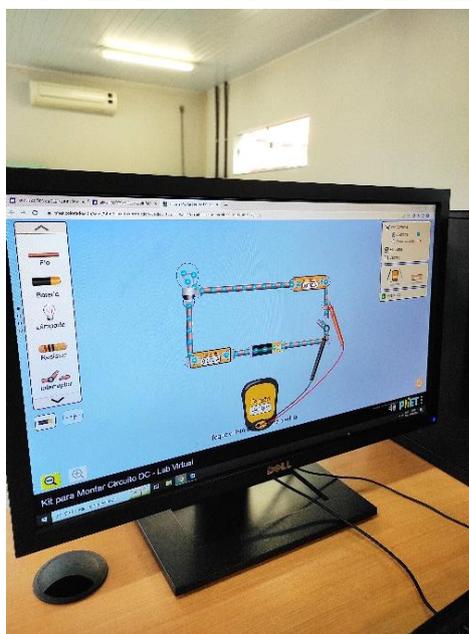
Verifica-se que todos os grupos conseguiram responder corretamente a primeira questão através da construção e manipulação dos componentes virtuais apresentados pela SC do PhET-colorado, contendo uma lâmpada num circuito simples, conectada a uma bateria. Presenciou-se, neste momento, que todos os grupos apresentaram uma resposta assertiva em relação à medida da intensidade da corrente elétrica em diferentes pontos do circuito simples, utilizando para essa ação o amperímetro do simulador ligado em série nestes pontos do circuito, confirmando o mesmo valor em quaisquer pontos onde o multímetro fosse conectado.

Durante a realização da SC, conforme a Figura 28, os estudantes perceberam a simultaneidade que havia no movimento dos pontos azuis (entes matemáticos) simbolizando os elétrons dentro do material condutor.

Presentemente, foram instigados a experienciar a existência de uma força capaz de empurrar todos os pontos ao mesmo tempo e que essa força se esgota quando a carga da pilha “descarrega”.

Ainda na Atividade 1, foi solicitado aos estudantes que construíssem um circuito simples adicionando um interruptor ao seu circuito virtual. Testaram várias posições da chave interruptora, verificando o movimento das cargas livres e o funcionamento do circuito. Por vez, os estudantes perceberam a necessidade de o interruptor fechar o circuito (onde os elétrons livres circundavam a montagem) provocando o deslocamento dos pontos azuis (representando os elétrons). A atividade solicitava simular um circuito elétrico inicialmente estando a chave interruptora (S) aberta, verificando concomitantemente a existência de diferença de potencial (DDP) entre os pontos identificados no circuito. O experimento foi repetido com a chave (S) fechada.

Figura 28 – Estudantes realizando atividade 2 com Simulador Virtual -PhET



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

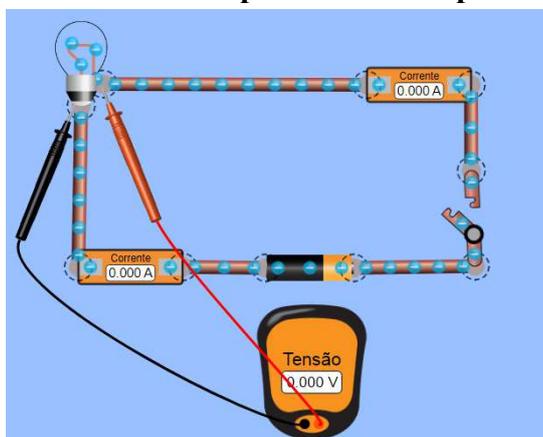
O conceito de interruptor aberto e fechado (interromper a passagem dos elétrons livres) foi melhor compreendido através da experimentação virtual por conta do formato da chave do interruptor, que possibilita visualizar a passagem destes entes matemáticos pelo seu

interior. Os estudantes identificaram a posição da chave que interrompia o circuito e controlava a passagem dos pontos azuis ao longo do circuito possibilitando assim analisar como se comportava a corrente elétrica ao longo de um circuito elétrico simples.

Ao se analisar as respostas apresentadas, inicialmente com a chave interruptora (S) aberta, a existência de tensão elétrica entre os pontos identificados no circuito, dos 17 grupos, 15 grupos, quase em sua totalidade, conseguiram realizar a medida e identificar a existência de diferença de potencial entre os pontos A e B (chave interruptora) e E e F (pilha). Entretanto, 02 grupos afirmaram que não existirá tensão elétrica, mesmo a chave estando aberta, possivelmente o que poderia ter como explicação é o fato de não realizarem corretamente o contato dos terminais do voltímetro com as partes do circuito além de não observarem com criticidade o que foi proposto da SD. Isso foi apontado por Ausubel, Novak; Hanesian (1980) que o fato de um aluno não conseguir resolver um problema, não significa não ter havido compreensão significativa do conceito.

Já nos pontos C e D (terminais da lâmpada) não há tensão elétrica entre seus terminais, com a chave interruptora aberta (Figura 30), mas 01 grupo, dentre os 17 grupos, afirmou que há tensão elétrica neste local, motivados por experiências cotidianas onde a tensão e a corrente elétrica possuem valores muito maiores que os apresentados na SC, e que, possivelmente experimentaram choques elétricos por imperícia em instalações residenciais onde o electricista tenha colocado o interruptor no fio neutro e não no fio fase em uma circuito monofásico. Assim, evidenciamos aprendizagem significativa em relação aos conceitos de tensão elétrica, conforme destacado no levantamento de dados.

Figura 29 – Circuito simples construído pelos estudantes



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Dentro da atividade 1 ainda foi solicitado ao estudante que realizasse a simulação com a chave interruptora fechada a fim de verificar a existência de tensão elétrica em locais destinados pela SD. As respostas dadas de forma assertiva a esta questão pelos estudantes é de que nos pontos A e B, com o interruptor fechado, não existe tensão elétrica entre os terminais do interruptor por não haver ali uma fonte de energia. Quando foram indagados sobre a existência de tensão elétrica nos pontos C e D (terminais da lâmpada) com a chave interruptora fechada, 02 duplas afirmaram que não existe, estimulados pelo consumo da energia elétrica fornecida pela pilha no momento em que é convertida em energia luminosa na lâmpada. Já os pontos E e F (pilha) teremos uma tensão elétrica entre os terminais da pilha (Figura 30), mas 07 estudantes, asseguraram que não existirá tensão elétrica entre estes terminais, tendo como explicação, o fato de não realizarem corretamente os contatos dos terminais do voltímetro com as partes do circuito.

Figura 30 – Estudantes medido a tensão nos terminais da pilha

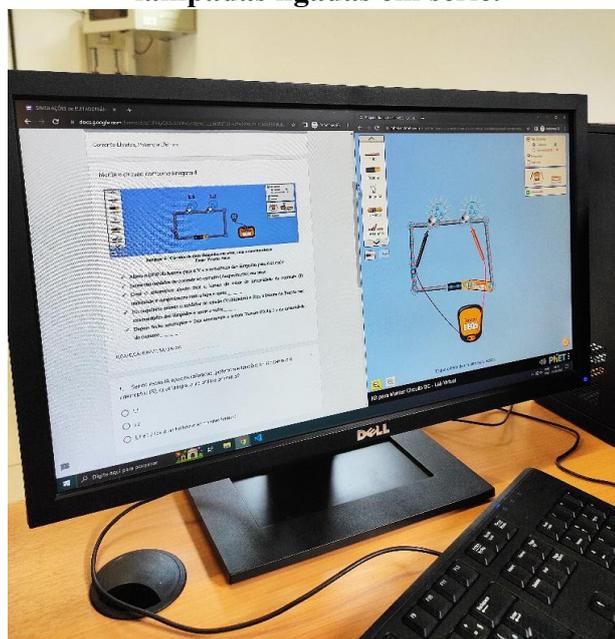


Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Durante a realização desta atividade os estudantes discutiam as dúvidas entre os integrantes do grupo, cujo principal assunto foi cometerem alguns erros na construção do circuito elétrico. Neste momento o papel do professor-pesquisador se fez ainda mais presente, pois a construção do circuito elétrico virtual e o uso dos medidores como o amperímetro e voltímetro, era primordial para que as estruturas cognitivas acerca dos conceitos de tensão e correntes fossem modificadas nos estudantes. Percebe-se a necessidade de intervenção do professor para esclarecer dúvidas no que diz respeito às construções dos circuitos e realizar um reforço teórico sobre o conteúdo de eletrodinâmica da unidade curricular visto em sala de aula pelo professor da turma.

A atividade 2 solicitou ao estudante construir um circuito com duas lâmpadas idênticas (Figura 31) ligadas em série, com possibilidade de analisar como se comporta a corrente elétrica ao longo de um circuito elétrico com esta disposição de componentes. Corroborando com Moreira (2011), são essas situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente.

Figura 31 – Atividade 2: Circuito montado por um dos estudantes com o uso de duas lâmpadas ligadas em série.



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Nesta atividade os estudantes foram questionados e provocados a comprovar através de medições com o voltímetro em quais situações existirá uma diferença de potencial em diferentes posições do circuito, e o que ocorre com o brilho das lâmpadas quando são conectadas em série e alimentadas por uma pilha. A situação problema passava por: Qual lâmpada brilhará primeiro? L1 ou L2, ou ainda se brilharão juntas. Ou brilharão com a mesma intensidade? Caso as resistências elétricas destas lâmpadas fossem diferentes, qual brilhará primeiro ao acionar o interruptor? Qual das lâmpadas brilhará com mais intensidade, após alterar as resistências? Ainda, qual será a potência de cada lâmpada e a energia consumida por cada uma após 2h?

Nesta atividade a qual duas lâmpadas idênticas eram associadas em série num circuito alimentado por uma pilha e que continha apenas um interruptor (Figura 31), 16 grupos afirmaram que as lâmpadas acenderão ao mesmo tempo e que terão brilhos idênticos,

comprovados pelas imagens apresentadas na SC. Todavia, alguns estudantes não tinham o conceito plenamente edificado sobre o funcionamento de circuitos elétricos e qual o papel de cada grandeza física no momento de aferi-la (corrente, tensão, resistência e potência) no circuito. As dúvidas sobre esta situação foram sanadas pelos próprios colegas de grupo, certificando o que afirma Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 103) “quando os estudantes trabalham em pequenos grupos e se esforçam em conjunto para aprenderem um tema, eles alcançam resultados cognitivos e afetivos positivos”.

Assim, esperava-se que os estudantes apresentassem respostas assertivas, como as apresentadas logo abaixo uma vez que as lâmpadas por possuírem a mesma resistência, terão a mesma tensão em seus terminais e por estarem associadas em série terão a mesma corrente elétrica percorrida. Como a potência dissipada por elas depende dessa tensão e também dessa corrente elétrica, terão o mesmo brilho característico.

Destacamos a seguir um trecho das respostas quando perguntado: O que motivou suas respostas?

172069VE “As lâmpadas terão o mesmo brilho porque ambas têm o mesmo valor de tensão, e a lâmpada tem o mesmo valor em voltagem, ou seja toda energia é dividida igualmente”;

172030VE “As lâmpadas terão o mesmo brilho. A observação da ilustração do circuito”;

172133VD “As lâmpadas terão o mesmo brilho. Observar o circuito elétrico”.

172081VD “ambas terão o mesmo brilho. porque elas tem a mesma potência e resistência”

172074VD “As lâmpadas terão o mesmo brilho. Pois cada uma delas possui a mesma resistência/potência e estão expostas a mesma tensão”

Após essa atividade envolvendo simulações, percebemos que os estudantes, mesmo visualizando os efeitos causados pela tensão elétrica e corrente elétrica sobre as lâmpadas, alguns não conseguiam associar os conceitos ao fenômeno investigado, mas ficaram motivados e curiosos para entender o que faz as lâmpadas terem estes comportamentos particulares.

Nesse sentido, o simulador PhET-colorado contribuiu em partes para as respostas dos estudantes levando em consideração que algumas respostas reverberadas pelos estudantes ainda estavam incompletas ou com concepções errôneas acerca dos conceitos envolvidos.

Ainda na atividade 2, no sentido de aprofundar a construção do conhecimento aproveitando-se dos resultados numéricos entregues pela SC do PhET-colorado, foi solicitado que alterassem a resistências elétricas das lâmpadas e verificar qual delas brilhará com mais intensidade, calculando a potência de cada lâmpada e a energia consumida após um período.

A princípio a lâmpada de maior resistência elétrica estará sujeita a uma tensão elétrica diretamente proporcional ao valor de sua resistência elétrica. Como a corrente elétrica numa associação em série é a mesma, a potência elétrica dissipada depende diretamente da tensão elétrica e dessa corrente elétrica que flui por ela. A lâmpada de maior resistência elétrica, numa associação em série produzirá um brilho maior. Neste contexto, Souza (2016) realizou uma simulação onde foi alterado o valor da tensão de uma lâmpada e observou-se a diminuição do brilho quando a tensão foi diminuída e, o rompimento do filamento quando o valor da voltagem foi superior ao valor nominal.

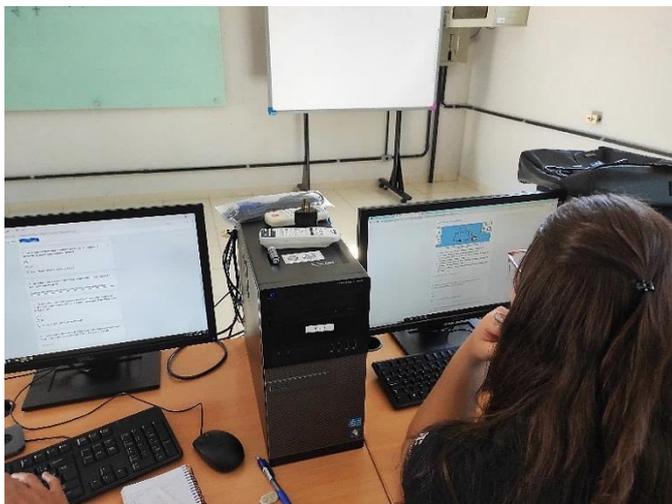
Dos dezessete (17) grupos que realizaram esta atividade, 16 grupos deram respostas convenientes à situação problema. Não obstante, percebe-se nos relatos algumas lacunas na interpretação dos resultados. O relato certifica as lacunas: *“172031VE A lâmpada L2 irá brilhar mais. Pois a corrente se dividiu mais a corrente se manteve a mesma.”* Este estudante apresenta uma janela relativa ao conceito de corrente elétrica, sendo necessário retomar tais conceitos no momento de o professor-pesquisador utilizar-se dos experimentos reais.

Já o estudante 172069VE relata o seguinte: *“A lâmpada que tem mais resistência brilhará mais, isso aconteceu pois ela precisava de mais energia pra não queimar, e esse aumento de energia faz ela ter mais brilho.”* O estudante utiliza-se do conceito de energia e do seu consumo para explicar o brilho da lâmpada, tonificando a necessidade de realizar as ligações de componentes em série em um circuito real para sanar suas dúvidas acerca dos conceitos de resistência e potência elétrica.

O estudante 172015AM relata que: *“L2, o tamanho dos tracinhos de luz da animação são diferentes, indicando que a L2 brilha mais em relação a L1.”* Por sua vez, este estudante sequer justificou conceitualmente o que ocorreu, ficando no campo da observação ao que lhe foi apresentado na SC. Ressalta-se a necessidade de uma intervenção que tenha uma duração maior para esta atividade, no qual o professor-pesquisador possa resgatar conceitos e oportunizar aos estudantes reconhecerem suas fragilidades quando se trata de circuitos com mais de um elemento receptor e principalmente quando estes receptores possuem características diferentes.

Na Figura 32, temos uma estudante simulando o circuito e resolvendo questões desta atividade no *Google Forms*.

Figura 32 – Estudante respondendo a atividade 2 no laboratório de informática



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

No decorrer da realização desta atividade os estudantes discutiram os conceitos entre os integrantes do grupo, mas ainda ocorreu a necessidade de mediação por parte do professor-pesquisador ao apresentarem dúvidas em relação a função das grandezas básicas num circuito elétrico com receptores diferentes, mesmo já tendo passado por estes conceitos em sala de aula com o professor da turma.

Quando foram indagados qual seria a potência de cada lâmpada e a energia consumida por cada uma delas após 2h, eles apresentaram respostas coerentes utilizando as equações matemáticas aprendidas em sala para chegarem aos valores corretos. Alguns apresentaram valores equivocados, mesmo após ver o conteúdo em sala de aula e realizar a simulação, talvez por falta de atenção, por pressa para dar a resposta ou por dificuldade interpretativa na hora de utilizar as equações matemáticas.

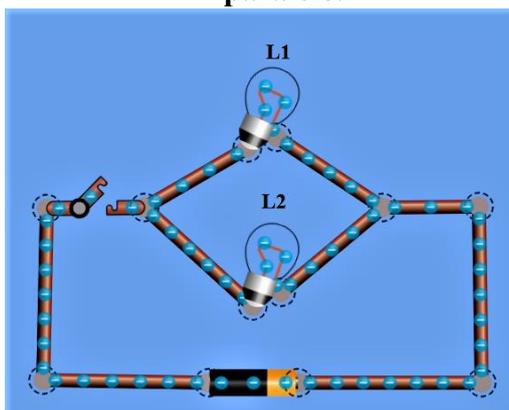
Identificou-se várias respostas e justificativas coerentes com a atividade e, sobretudo, momentos de ajuda mútua. Neste momento percebeu-se uma sintonia grande entre os estudantes – seja em seu grupo ou mesmo extra grupo - pois aqueles que não tinham dúvidas queriam ajudar os colegas com suas explicações, e assim, com uma discussão sobre o que deveria ter sido feito e qual explicação se deveria utilizar. O professor-pesquisador apropriou-se deste momento e iniciou as atividades seguintes em meio a uma predisposição dos estudantes a descobertas e explicações.

Na atividade 3 contida no formulário *Google Forms* com a finalidade de trabalhar os conceitos que estão relacionados a intensidade da corrente, resistência elétrica, diferença de potencial e potência em um circuito em paralelo, os estudantes puderam verificar através de

medições com o voltímetro virtual em quais situações existirá uma diferença de potencial em diferentes posições do circuito e o que acontece com o brilho quando se coloca duas lâmpadas idênticas em paralelo alimentadas por uma pilha. Qual lâmpada brilhará primeiro, ou ainda se brilharão juntas, ou mesmo brilharão com a mesma intensidade. Foi indagado, ainda, que se as resistências elétricas destas lâmpadas forem diferentes, qual brilhará primeiro ao acionar o interruptor e qual das lâmpadas brilhará com mais intensidade, após alterarem o valor de suas resistências e, por fim, qual será a potência de cada lâmpada e a energia consumida por cada uma após 2h.

Inicialmente, os estudantes começaram verificando a corrente elétrica que circulava no circuito utilizando o amperímetro com a chave aberta e depois com a chave fechada conforme demonstra a Figura 33 da atividade 3.

Figura 33 – Atividade 3: Circuito alimentado por uma pilha e com receptores em paralelo.



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Os estudantes, também, puderam verificar a corrente que circulava em cada lâmpada, a potência elétrica e a energia dissipada por ela durante certo tempo e comprovaram estes valores confrontando com valores encontrados em algumas medições realizadas na simulação.

Para o circuito em paralelo as lâmpadas de resistência elétrica de mesmo valor estarão submetidas a mesma diferença de potencial. A corrente elétrica numa associação em paralelo é dividida inversamente proporcional à resistência elétrica, ou seja, a lâmpada de maior resistência terá menor corrente circulando por ela. Como a tensão elétrica numa associação em paralelo é a mesma, a potência elétrica dissipada dependerá de forma direta da corrente e da tensão elétrica que circula sobre ela. A lâmpada de maior resistência elétrica, numa associação em paralelo, tem um brilho menor.

Nesta atividade, 17 grupos afirmaram que as lâmpadas brilharão ao mesmo tempo e que terão brilhos idênticos, dando a entender que os estudantes conseguirão ter o princípio do conceito formado sobre como funcionam circuitos elétricos e qual o papel de cada grandeza física envolvida (corrente, tensão, resistência e potência) no circuito. Estas lâmpadas por possuírem a mesma resistência, terão a mesma tensão e por estarem associadas em paralelo a corrente elétrica dividiu-se. Como a potência dissipada por elas depende dessa corrente elétrica e também dessa tensão, neste caso, inicialmente terão o mesmo brilho.

Destacamos a seguir alguns trechos dos relatos:

172105VD “As duas terão o mesmo brilho. Pois estão expostas a mesma voltagem e possuem a mesma resistência”;

172069AM “Terão o mesmo brilho pois estão ligadas paralelamente no circuito e estão em série com a bateria”;

172114AM “Terão o mesmo brilho. Porque a resistência é igual e como a corrente se divide inversamente proporcional no circuito paralelo, as duas recebem a mesma corrente.”.

Nota-se que os estudantes compreenderam as relações de proporcionalidade entre tensão, corrente e resistência em um circuito paralelo. Consta-se que este tipo de ligação é bastante comum em seu cotidiano – em suas residências, principalmente. Na discussão em grupo, eles mostraram ter compreendido que a redução na resistência da lâmpada ou o aumento na tensão da pilha, experimentadas no momento da simulação, produziam um acréscimo na velocidade dos elétrons livres que correspondia a um aumento na intensidade de corrente elétrica que percorre o fio e conseqüentemente maior ou menor brilho das lâmpadas. O objetivo de se trabalhar com as SC foi aprofundar os conhecimentos promovendo a diferenciação progressiva, pois conforme Mansini e Moreira (2008, p. 35) relata que “na medida que o sujeito vai dominando, progressivamente, situações de um tipo conceitual e vai adquirindo novos conhecimentos, novos significados, ele também, progressivamente, diferenciando seus subsunçores”.

Na questão seguinte, ainda na atividade 3, com um nível maior de complexibilidade, a qual solicita-se aos estudantes alterarem o valor da resistência das lâmpadas L1 para 5Ω e L2 para 15Ω , sendo estas lâmpadas de potências diferentes, pergunta-se: ao fecharmos o interruptor (S), qual lâmpada brilhava primeiro?

Observamos que 13 grupos, ou seja, 39 estudantes responderam de forma correta que as duas lâmpadas brilharão ao mesmo tempo e 03 grupos afirmaram que L1 acenderia primeiro. Dando a entender que estes estudantes após terem alterado o valor da resistência elétrica da lâmpada (L1) para 5 Ohms a corrente elétrica teria uma menor oposição à passagem

e, por consequência, acenderia primeiro. Fica evidenciado algumas dúvidas quanto ao conceito relacionados a função destas grandezas físicas num circuito elétrico e, também, as características de potência, resistência e corrente elétrica, necessitando assim, de uma análise mais detalhada e de uma construção destes conceitos auxiliados por experimentos reais.

Destacamos que mesmo terem discutido em sala com o professor da turma os conceitos relacionados aos portadores de carga, aparentemente existem contradições, pois quando os estudantes realizaram as atividades com as simulações utilizando o PhET-colorado, não fica claro pra eles quanto ao movimento dos portadores de cargas na presença do campo elétrico ao provocarem o movimento dos elétrons livres após o fechamento do circuito, fato pelo qual as lâmpadas acendem quase instantaneamente quando apertamos o interruptor.

Ainda na atividade 3, solicitamos aos estudantes verificarem a queda de tensão sobre cada lâmpada e a potência (W) total das lâmpadas, além da energia em KWh consumida por ela após ficarem ligadas por 10 horas.

Ao analisar as respostas notamos que os estudantes afirmaram de forma assertiva ao utilizar o instrumento de medida (voltímetro) do simulador PhET-colorado, dando a entender a forma correta de realizar a medida (paralelo) com o componente eletrônico. Quanto às respostas que se exigiu um certo formalismo matemático, apresentaram valores distantes daqueles apresentados pela SC mesmo após verem o conteúdo em sala de aula e realizar o experimento na forma virtual. A falta de qualidade nas respostas fica evidente a partir do momento que estes estudantes não reconhecem os múltiplos ou submúltiplos das unidades de medida usadas na simulação, acarretado, talvez, por falta de atenção ou por dificuldade interpretativa no momento de utilizar as equações matemáticas e realização de conversões necessárias. Ainda evidenciamos que solicitar um formalismo matemático nas simulações deixou a atividade atrativa para os estudantes, pois de acordo com Macedo; Dickman; Andrade (2012), ao mesmo tempo que é preciso considerar que as simulações não podem substituir atividades concretas, a modelagem computacional possui um papel importante contribuindo para sanar parte da deficiência que os estudantes possuem em Matemática e Física, melhorando assim, a sua aprendizagem.

Na Figura 34, temos uma estudante simulando o circuito e resolvendo questões desta atividade no *Google Forms*.

Figura 34 – Em (a), estudantes respondendo a atividade 3. Em (b), recorte da simulação elaborada por um estudante conforme a SD.



(a)

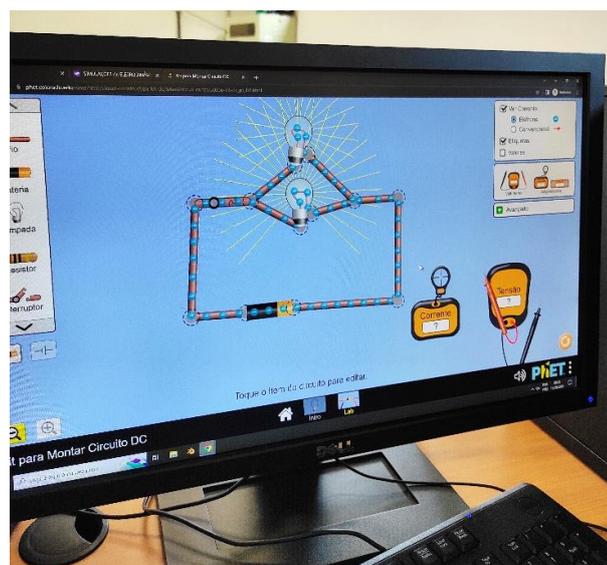
(b)

Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Para finalizar a última atividade de simulação utilizando o PhET-colorado, foram sugeridos que alterassem o valor da resistência de uma das lâmpadas para mais, com o intuito de verificarem o que aconteceria com a corrente, potência e com o consumo de energia elétrica, além de verificar qual das lâmpadas brilharia com mais intensidade, calculando a potência de cada uma delas e a energia consumida após um determinado período.

Na Figura 35 temos uma estudante simulando o circuito e resolvendo a questão desta atividade no *Google Forms*.

Figura 35 – Estudante simulando o circuito e resolvendo a atividade 3

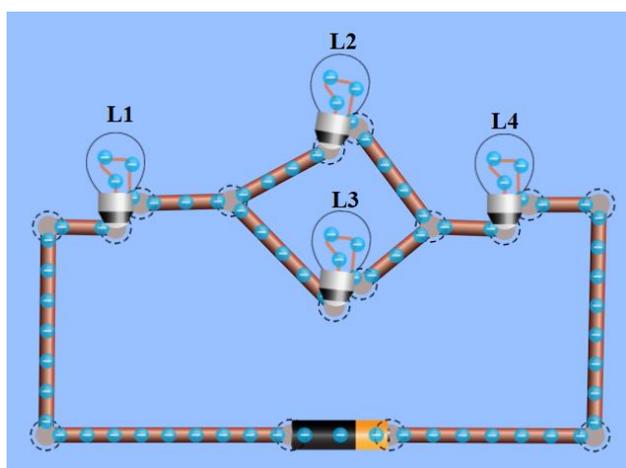


Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

As definições de potência elétrica e energia elétrica precisavam de algumas explicações, mas, em função da motivação demonstrada nas atividades com simulação computacional, conseguiram sanar as dúvidas ainda existentes. Reforçamos então, aqueles pontos em que alguns estudantes ainda tinham dúvidas, lembrando os conceitos envolvidos, preparando as turmas para explorar circuitos elétricos com lâmpadas em série, em paralelo e numa associação mista.

Na atividade 4 propostas através do formulário *Google Forms*, os estudantes analisaram circuitos elétricos mais complexos, com a finalidade de rememorar os conceitos que estão relacionados a intensidade da corrente, resistência elétrica, diferença de potencial e potência em um circuito que envolviam a interpretação de situações com lâmpadas em série e em paralelo. Os estudantes verificaram através de medições com o voltímetro em quais situações existiria uma diferença de potencial em diferentes posições do circuito e o que acontece com o brilho de cada uma das lâmpadas quando se coloca duas delas idênticas em série com duas em paralelo – circuito misto. Foi demandado que respondessem qual das lâmpadas terá o maior brilho, calculando a tensão em cada lâmpada, além de encontrarem qual delas terá a maior potência elétrica (W). Ainda, foi sugerido a retirada da lâmpada L3 do circuito e relatassem o que aconteceria com o brilho da lâmpada L1, conforme Figura 36.

Figura 36 – Atividade 4: Circuito com receptores ligados de forma mista.



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Ao analisar as respostas dadas a esta questão, notamos que todos os 17 grupos construíram o circuito sem problemas (Figura 36) utilizando o simulador PhET-colorado, verificaram que as lâmpadas que estão em série acabam brilhando mais, pois recebem a corrente elétrica total do circuito e atua sobre elas a maior diferença de potencial. As duas que estão em

paralelo acabam reduzindo a resistência elétrica, assim, atua sobre elas uma diferença de potencial menor, consumindo também uma menor quantidade de energia.

Destacamos algumas das respostas quando foram indagados o que motivou a resposta:

172107VE “As lâmpadas L1 e L4, pois recebem mais corrente elétrica”

172029VD “A L1 e a L4, porque como estão ligadas em séries, a corrente que atua sobre elas é maior em relação a que atua sobre as lâmpadas em série, e assim, suas potências são maiores”

172150AM “A L1 e a L4, pois elas estão em série, assim a intensidade delas não irá se dividir como ocorre no circuito paralelo”

Percebemos que os estudantes ao realizarem as atividades anteriores utilizando o Phet-colorado puderam notar o comportamento da corrente elétrica nos circuitos em série e/ou paralelo demonstrando ter compreendido que a redução na resistência da lâmpada tem relação direta com o brilho maior ou menor da lâmpada, experimentadas no momento da simulação, produziam um acréscimo na velocidade dos elétrons livres que correspondia a um aumento na intensidade de corrente elétrica que percorre o fio e conseqüentemente maior ou menor brilho nas lâmpadas.

Nas questões seguinte, quando indagamos sobre qual o valor da tensão elétrica sobre cada lâmpada e qual possuiria a maior potência, notamos que todos os grupos conseguiram realizar a medida de tensão sobre as lâmpadas, indicando sendo as lâmpadas L1 e L4 as que terão a maior potência. Observamos, ainda, que as concepções dos estudantes tornaram-se mais ricas e mais bem elaboradas através do uso da simulação computacional sob a orientação do professor. O interesse e a vontade em participar, em responder os questionários e explorar o simulador PhET-colorado foram elementos motivadores para os estudantes e para o professor-pesquisador.

Na questão 4 da atividade 4 indagamos os estudantes ao retirar a lâmpada L3 e verificar o que aconteceria com o brilho da lâmpada L1 e qual foi a motivação dada a resposta.

Ao retirar uma das lâmpadas que se encontra em paralelo, tem-se três lâmpadas idênticas em série, com a mesma resistência elétrica. Com isso, passam a ter o mesmo brilho e todas consumindo a mesma energia elétrica, sendo que as duas lâmpadas em série terão seus brilhos reduzidos e a que estava em paralelo terá seu brilho aumentado.

Analisando as respostas dos estudantes, 11 grupos afirmaram que a lâmpadas L1 diminuirá o brilho e todas as demais terão brilhos de mesma intensidade, como podemos perceber nas respostas. O estudante 172131VD afirma: “Ela brilha menos, e brilha o mesmo

quantidade das outras pois se torna um circuito em serie". Já o estudante 172130VE afirma que: *"O seu brilho diminui, porque o circuito deixa de ser misto e passa a ser em série, fazendo com que a corrente dissipada entre as lâmpadas seja a mesma, conseqüentemente, resultando em um brilho igual"*

Ainda, notamos que 5 grupos de estudantes afirmaram que a lâmpada L1 aumentaria o brilho ou nada aconteceria, mostrando desconhecer a relação entre resistência elétrica e tensão com uma lâmpada e seu brilho característico, demonstrando que o estudante não compreendeu a pergunta mesmo utilizado o simulador para visualizar tal situação. Conforme podemos perceber no relato do estudante 172105VD *"Continuará da mesma forma, um ocorrido não influenciará sobre outro"*. O estudante 172002VE reitera que *"Não acontece nada, a lâmpada continua brilhando"*.

Fica evidenciado nas respostas dadas acima, que precisamos reforçar as ideias relacionadas à função destas grandezas físicas num circuito elétrico e também as características das respectivas associações de resistores e ou receptores, necessitando assim, de uma análise mais detalhada e de uma construção destes conceitos auxiliados por atividades experimentais.

Notamos, nessa última atividade, em que foram desenvolvidas com as simulações mais complexas, uma ampliação do nível de segurança de alguns grupos ao construírem e manipularem as simulações, conectando corretamente os medidores – voltímetro e amperímetro – observando com mais criticidade o brilho das lâmpadas, qualificando e aperfeiçoando as respostas dadas às indagações e principalmente transcendendo o nível de interação com o material impresso e virtual e entre colegas de grupo e extra grupo.

De uma forma em geral foi possível perceber que os estudantes simpatizaram com as possibilidades de criação de hipótese proporcionadas pelas SC do PhET-colorado, especialmente pela facilidade de acesso e manipulação dos componentes, pela granularidade da SC, pelas respostas dadas ao modificarem uma característica de um componente do circuito, pela portabilidade, reusabilidade, pela intervenção do professor-pesquisador nos momentos de ansiedade e preocupação e pela objetividade das SD. Portanto, a atividade proporcionou, além do interesse pelas respostas e justificativas corretas demonstrado pelos estudantes, um momento de troca de saberes, fator primordial para uma aprendizagem significativa que, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) passa por três condições:

- 1 - O material a ser aprendido deve ser conceitualmente claro e apresentado com linguagem e exemplos relacionáveis com o conhecimento anterior do aprendiz;
- 2 - O aprendiz deve possuir conhecimento anterior relevante;
- 3 - O aprendiz precisa ter vontade de aprender de modo significativo (AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980, p. 47).

Neste contexto, certifica-se que os estudantes participaram integralmente no processo de aplicação da simulação e que mesmo aqueles que não se sobressaíram nas atividades anteriores não obtendo um resultado esperado, mesmo assim considera-se o resultado como importante, pois houve além da diferenciação progressiva e reconciliação integradora, a consolidação parcial de alguns conceitos, indicando indícios de uma aprendizagem significativa de acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), e de que esta aprendizagem contribuiu de forma efetiva para a construção de novos conhecimentos, pois no decorrer das atividades promovemos um ensino de conceitos de eletricidade mais dinâmico e significativo, oportunizando aos estudantes seguirem trilhas metodológicas que aprimorassem a sua predisposição em estudar os conceitos físicos discutidos sobre a temática.

4.3 Análise da aplicação das Atividades Experimentais

A realização das atividades experimentais teve por objetivo propiciar aos estudantes oportunidade para consolidar os conceitos relacionados a Eletrodinâmica utilizando as atividades experimentais com os *kits* de componentes eletrônicos que receberam e da coleta dos dados numéricos oriundos de circuitos elétricos fornecidos pelas SD.

A quinta, sexta e sétima aula, dedicadas à construção experimental de circuitos elétricos, aconteceram no Laboratório de Física com base nas etapas de aplicação do produto educacional (Apêndice A do produto).

Ao iniciarmos a aula, a principal preocupação era a manutenção dos grupos formados durante a intervenção com a Simulação Computacional. Notadamente o professor-pesquisador discutiu os cuidados necessários na utilização de equipamentos elétricos e eletrônicos alertando os estudantes dos riscos à sua saúde e também da possível queima de alguns componentes, conforme a Figura 37, o que poderia ocorrer devido à fragilidade dos componentes.

Figura 37 – Professor-pesquisador demonstrando as funções e os cuidados ao utilizar o Multímetro



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Os componentes eletrônicos para a realização da atividade 1 foi colocado sobre a bancada do laboratório de Física e estavam à disposição dos estudantes. O professor-pesquisador apresentou o *Kit* com seus respectivos componentes eletrônicos que compõem a UEPS e solicitou aos estudantes a realização de algumas medidas com o multímetro digital, configurado na função Voltímetro (V) e Ohmímetro (Ω), por seguinte, realizou a distribuição das SD (Apêndice E) referente à atividade 1.

A atividade foi elaborada objetivando retomar os aspectos mais gerais e estruturantes do conteúdo, ou seja, aquilo que realmente se pretendia que os estudantes aprendessem (MOREIRA, 2011), tendo sido desenvolvida na perspectiva de que a “[...] interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados.” (MOREIRA, 2011, p. 45). Por isso, o incentivo à pesquisa, a partir de diversas situações-problema que exigiam dos estudantes posturas investigativas, foi uma preocupação durante o desenvolvimento desta atividade (PIFFERO, 2017), tendo sido satisfatoriamente realizada pelos alunos.

Dando sequência a atividade realizou-se uma breve recapitulação dos assuntos abordados nas aulas anteriores para que os estudantes tivessem clareza nas abordagens realizadas na presente aula. Em seguida, foi retomado a expressão matemática a ser utilizada na atividade e discutida com os estudantes as hipóteses para responder à questão norteadora.

Para a realização da etapa experimental, é importante salientar que em cada atividade terá uma configuração e/ou montagem diferente para as medidas da tensão elétrica e da corrente elétrica, conforme se caracteriza na SD.

Aula 22/08/2022

Na atividade experimental 1 de aplicação da proposta, houve a participação de 53 estudantes, num universo de 54 matriculados, distribuídos em 18 grupos com três integrantes cada um. Foi demonstrado brevemente um multímetro digital, suas funções específicas, os cuidados necessários na manipulação desse instrumento de medida e a configuração ideal para medir a tensão elétrica do circuito que está alimentando.

A montagem de circuitos reais e a ampliação das discussões no grupo, com mais componentes fez com que os estudantes superassem as dificuldades encontradas na montagem, entre elas a de realizar as conexões entre os fios, de como aferir a resistência elétrica com o ohmímetro, de tensão com o voltímetro e de corrente elétrica com o amperímetro. Salienta-se que o professor-pesquisador tirou todas as dúvidas referentes ao receio de levar algum choque elétrico.

Atividade 1: Circuito em série

Na primeira atividade experimental com o *kit* de componentes eletrônico utilizando-se LED, resistores, placa *protoboard*, pilhas, bateria e aparelhos de medição, foram realizadas medidas de resistência elétrica, tensão elétrica e corrente elétrica nos resistores com resistência constante (para pequenas variações de tensão aplicada).

Inicialmente os estudantes tiveram algumas dificuldades na montagem na placa *protoboard*⁴ e na utilização dos aparelhos de medição de tensão, corrente e resistência elétrica ao trabalhar com circuitos elétricos reais, pois ainda não haviam tido contato com estes componentes ou instrumentos de medida em seu cotidiano ou mesmo em atividades escolares. Logo, os estudantes perceberam que alguns multímetros apresentaram problemas muito rápido, como por exemplo, variações abruptas nos valores encontrados devido sua bateria ser de baixa qualidade e descarregar rapidamente, outros devido as pontas de provas se romperem - soltar o cabo – sendo de qualidade muito inferior e até mesmo a queima dos fusíveis internos devido os estudantes realizarem medidas de forma incorreta. Assegura-se que estas limitações foram resolvidas rapidamente pelo professor-pesquisador pois o mesmo desfruta de uma experiência

⁴ É uma matriz de contatos, constituída por uma base plástica, contendo inúmeros orifícios destinados à inserção de terminais de componentes eletrônicos. Internamente existe ligação que conectam os orifícios, permitindo a montagem de circuitos sem a utilização de solda.

profissional como técnico de laboratório de Física. Após o professor-pesquisador substituir os equipamentos ou componentes que apresentaram avaria e discutir a forma correta de realizar medidas deu-se prosseguimento na atividade.

Tivemos então, alguns atrasos nas montagens destes circuitos, mas todos conseguiram realizar as medições da resistência elétrica dos resistores, a intensidade da corrente elétrica que fluía no circuito e da queda de tensão sobre cada resistor. Um dos aspectos positivos a ressaltar nesta aula, foi a interação entre os estudantes no intuito de auxiliar seu colega na tentativa de resolver os problemas e colocar os equipamentos em funcionamento. Sobressai, neste momento, o nível de interação entre os integrantes dos grupos e também nas relações extra grupo.

Após a montagem do circuito e das medidas realizadas, surgiram os primeiros questionamentos sobre a tensão elétrica, como se observa na atividade 1 da SD (Apêndice E). No primeiro questionamento, foi solicitado aos estudantes por intermédio de um multímetro configurado na função de voltímetro (DC), determinar a tensão elétrica sobre os resistores, R1, R2, R3, além de medir a tensão elétrica nas pilhas que alimenta o circuito e a corrente elétrica e preencher uma tabela com os valores encontrados na SD1 (Apêndice E).

Através dessas medidas, os estudantes responderam os questionamentos visando relacionar a tensão elétrica nas associações em série. A questão 1 tem como ponto principal, com o público alvo, o seguinte questionamento: O que ocorre com a corrente elétrica do circuito em uma ligação em série? Quando os resistores estão associados em série a corrente elétrica é a mesma ou diferente no circuito elétrico?

Ao se analisar as respostas, nota-se que o nível de compreensão foi satisfatório pois contata-se que todos os 18 grupos observados fizeram a reconciliação integradora conforme preconiza Ausubel, Novak e Hanesian (1980), pois esta organização caracteriza-se pelo fato de que em função de novas informações adquiridas, os subsunçores já existentes se reorganizem e apresentem novos significados. Os estudantes compreenderam de forma efetiva que a associação em série apresenta a mesma corrente elétrica em todos os resistores associados. Destacamos algumas das respostas dadas pelo grupo de estudantes à essa questão:

172159VM; 172022VM; 172140VM

elétrico? A corrente elétrica é a mesma sendo passada de forma igual

172108VM; 172026VM; 172109VM

elétrico? Os resistores compartilham da mesma corrente, a mesma

Percebe-se, através das amostras do questionário que houve indícios de aprendizagem significativa conforme preconiza Ausubel, Novak, Hanesian (1980), o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não literal, a seus conhecimentos prévios evidenciando a predisposição para aprender. Ao comparar as respostas apresentadas na atividade de sondagem inicial, os estudantes faziam relação da corrente elétrica com expressões como “cargas positiva” e “negativa”, “corrente elétrica”, “energia” “eletricidade”, “circuito elétrico”, no entanto desconheciam o significado dos termos elencados e após simulação computacional na questão 1 constatou-se que os estudantes conseguiram conceituar corretamente a intensidade da corrente elétrica em um circuito em série e que testaram sua hipótese ao verificarem essa situação nas atividade experimental. Sobre esse ponto Moreira (2011, p. 48) retrata a seguinte situação que a reconciliação integrativa ou integradora “é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva que ocorre simultaneamente a diferenciação progressiva, e tem a finalidade eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados e fazer superordenações entre os conceitos”.

Destaca-se que os conceitos foram gradativamente inseridos na estrutura cognitiva do estudante, com base da diferenciação progressiva e na reconciliação integradora. Assim, visando facilitar ao aprendiz a percepção das relações “horizontais” e “verticais” entre os conceitos, buscando construir um novo conceito ou dá uma nova posição hierárquica a um conceito já existente (MOREIRA, 2011).

A segunda pergunta era semelhante a primeira, só que analisando a tensão elétrica em um circuito com resistores associados em série, e está relacionada com a atividade 1 da simulação. Notamos que 17 grupos relataram de forma assertiva reforçando a ideia de que quando os estudantes entram em contato com os experimentos, eles conseguem assimilar o conteúdo de forma muito mais duradoura que em aulas somente expositivas. Consta-se através das respostas apresentadas como temos aqui:

171489VD;172029VD;157395VD

b) E com a DDP (Tensão)? ~~A tensão é diferente e se distribui de forma q~~
 As tensões são diferentes e se distribuem de forma que, ao serem somadas, totalizam a tensão do pilha.

172319VD; 172014VD;172148VD

b) E com a DDP (Tensão)? a tensão muda de acordo com a resistência

Não obstante, as amostras revelaram ainda que 01 grupo de estudante demonstrou incoerências na interpretação, dada a essa questão, informado que a tensão elétrica seria a mesma nos resistores associados em série como se observa o relato abaixo:

172108VM;172026VM;172109VM

b) E com a DDP (Tensão)? A mesma

Neste momento, cabe ao professor realizar uma intervenção individualizada ao grupo e ainda aos seus integrantes, solicitando que utilizem o multímetro na função desejada e realizem as medidas de forma correta, com a finalidade de se apontar onde ocorreram os erros nas aferições e na constatação dos resultados.

Na questão seguinte foi indagado a seguinte situação: Considerando os LEDs sejam da mesma cor, o brilho deles é o mesmo no circuito? Qual o motivo da sua resposta? Com base na amostra dos dados, 13 grupos responderam de forma efetiva, através de recurso experimental que numa associação em série a tensão elétrica será dividida proporcional às resistências dos LED, sendo a corrente elétrica que circula a mesma, dessa forma, percebe-se novamente que os resultados foram satisfatórios. Veja algumas respostas sobre a indagação:

172090VD; 172158VD;172156VD

c) Considerando que os LED's sejam da mesma cor, o brilho deles é o mesmo no circuito?

Qual o motivo da sua resposta? Sim, brilho exposto a mesma tensão e possuem a mesma resistência.

172084VM;172067VM;172087VM

c) Considerando que os LED's sejam da mesma cor, o brilho deles é o mesmo no circuito?

Qual o motivo da sua resposta? Sim, pois têm a mesma corrente e mesma tensão

172095VD; 172053VD;172088VD

c) Considerando que os LED's sejam da mesma cor, o brilho deles é o mesmo no circuito?

Qual o motivo da sua resposta? sim, pois tem uma resistência igual

Estes grupos reconhecem que os LED possuem a mesma cor (identificados com mesma resistência interna) e conseqüentemente estarão submetidos à mesma tensão e mesma corrente.

No entanto, um dos grupos, mesmo após os estudantes realizadas simulações computacionais e experimentos com LED, em que tiveram contato com situações concretas, os estudantes não compreenderam bem o comportamento da tensão, corrente e resistência elétrica ao longo das associações de resistores respondendo de forma incorreta o que aconteceria com o brilho do LED:

172084VM; 172067VM; 172087VM

c) Considerando que os LED's sejam da mesma cor, o brilho deles é o mesmo no circuito?

Qual o motivo da sua resposta? Não, pois como é um circuito em série o brilho é baseado no resistor

Atenta-se para esta questão pois avaliar de forma apenas visual o brilho dos LED possa não ser uma análise concreta para a questão, uma vez que este brilho pode ser ofuscado pela claridade do ambiente ou mesmo pela posição do grupo na sala onde se realizou o experimento.

Um dos grupos não soube explicar corretamente evidenciando uma lacuna como se observa o relato abaixo:

172101AM; 172080AM; 172150AM

c) Considerando que os LED's sejam da mesma cor, o brilho deles é o mesmo no circuito?

Qual o motivo da sua resposta? Não, o experimento motivou minha resposta.

O questionamento seguinte foi trivial e os resultados obtidos foram surpreendentes, indicando que houve a consolidação dos conhecimentos sobre a corrente elétrica em uma associação em série. A questão em discussão, se resume em retirar um dos LED do circuito e verificar se o outro permanece aceso.

Identificamos uma resposta predominante em 16 grupos em um universo de 18, correspondendo ao esperado para a atividade, conforme verificamos nas falas de alguns estudantes:

172322VM; 172149VM; 172099VM

d) Ao retirar um dos LED do circuito o outro permanece aceso? Qual o motivo da sua resposta? Não, pois retirando um dos leds o circuito se interrompe

172319VD; 172014VD; 172148VD

resposta? Não, pois é um circuito em série

Ainda percebemos que os estudantes puderam fazer referência aos experimentos e às ações que possibilitaram compreender os conceitos envolvidos, como retratada em uma das respostas, conforme verificamos abaixo:

172101AM; 172080AM; 172150AM

d) Ao retirar um dos LED do circuito o outro permanece aceso? Qual o motivo da sua resposta? Não, a gente comparou no experimento. É um

circuito em série se uma lâmpada desliga, a outra desliga também.

Outros 2 grupos identificaram que o LED acendeu, conforme se observa nas respostas apresentadas:

172321AM;172080AM;172150AM

resposta? Sim, pelo fato de ser um circuito em série
um led substituído não afeta o outro

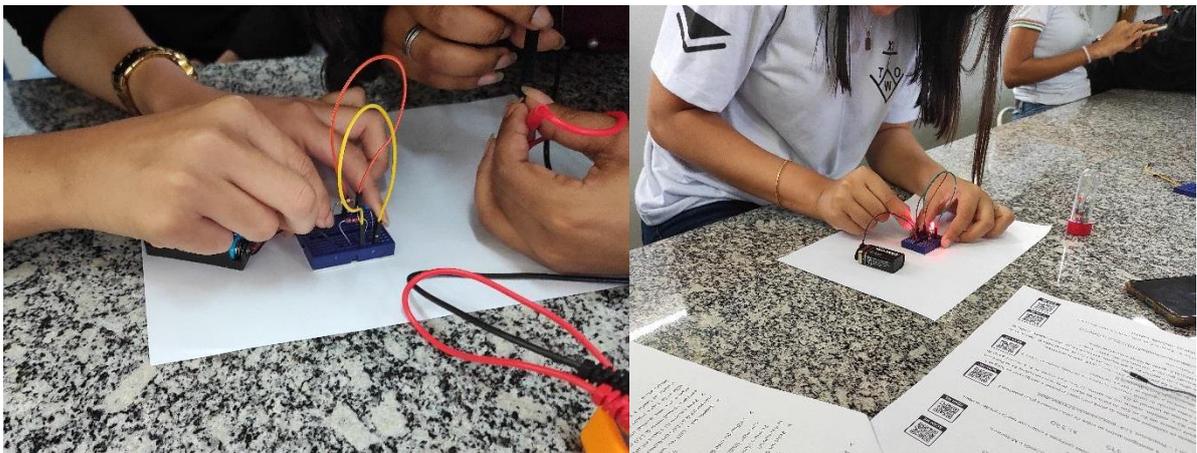
172064VM;173247VM;172098AM

resposta? Sim, pois não afeta o circuito

A resposta acima está, dentro do que se esperava, fisicamente incorreta, uma vez que a corrente que circula no circuito é a mesma e, mesmo em um sistema idealizado, ao retirarmos um dos LED a corrente que circula será interrompida, ou seja, não teremos uma corrente circulando por aquele caminho. Possivelmente os estudantes realizaram a atividade prática sem se atentarem ao responder às perguntas da atividade.

Na Figura 38 temos uma estudante simulando o circuito e resolvendo a questão desta atividade.

Figura 38 – Em (a), estudantes montando circuito em série com resistores. Em (b), estudantes substituindo os resistores por LED conforme a Atividade 1 da SD.



(a)

(b)

Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

As amostras em análise apresentaram evidências de aprendizagem significativa, considerando que relacionaram de forma efetiva a teoria e a prática, pois trabalhos com atividades experimentais contribuem para que os estudantes se tornem ativos no processo de aprendizagem, contribuindo para interpretar os fenômenos físicos.

Atividade 2: Circuito em paralelo

Aula 22/08/2022

Na atividade experimental 2 de aplicação da proposta, houve a participação de todos os 54 estudantes matriculados, distribuídos em 18 grupos com três integrantes. Iniciou a aula com a manutenção dos mesmos grupos formados na Simulação Computacional.

Antes de se realizar a intervenção, foi retomado brevemente a utilização do multímetro, suas funções específicas, os cuidados necessários na manipulação desse instrumento de medida e a configuração ideal para medir a intensidade da corrente elétrica do circuito que em paralelo.

O professor-pesquisador discutiu os cuidados necessários na utilização de equipamentos elétricos e eletrônicos alertando os grupos dos riscos à sua saúde e também da possível queima de alguns componentes eletrônicos.

Na atividade 2 apresentada (Apêndice E), semelhante a primeira, os estudantes construíram e analisaram circuitos com resistores associados em paralelo. Os estudantes realizaram medidas de resistência elétrica, tensão elétrica e corrente elétrica nos resistores com resistência constante (para pequenas variações de tensão aplicada). Logo após, foram promovidas discussões sobre as características dessa associação fazendo um comparativo com a atividade 1.

Na atividade 2 apresentada (Apêndice E), semelhante a primeira, busca-se a diferenciação progressiva, porém de uma perspectiva integradora a partir da apresentação de novos significados, procedeu-se a aplicação da atividade no qual os estudantes construíram e analisaram circuitos com resistores associados em paralelo, que retomava conceitos estruturantes do tópico específico que vinha sendo trabalhado e, em seguida, realizaram medidas de resistência elétrica, tensão elétrica e corrente elétrica nos resistores com resistência constante (para pequenas variações de tensão aplicada). Logo após, foram promovidas discussões sobre as características dessa associação fazendo um comparativo com a atividade 1. No entanto, inicialmente, a turma mostrou-se um pouco apática, sendo estimulada a participação e o debate entre os sujeitos do grupo e os demais estudantes. Sobre isso, Pellenz e Giovannini (2017) ressaltam que os estudantes quando habituados ao sistema tradicional de ensino criam certas resistências a novas configurações de aprendizagem.

Após a montagem do circuito e das medidas realizadas, foram iniciados os primeiros questionamentos sobre os valores experimentais aferidos em relação aos valores encontrados quando utilizado o formalismo matemático para calculá-los, percebendo uma discrepância entre esses valores.

Ao se utilizar os cálculos para verificar os resultados obtidos na experimentação, notou-se equívocos nas respostas dadas pelos estudantes. Constatou-se que os estudantes demonstraram muitas dificuldades com o formalismo matemático e, acredita-se que este fato está condicionado à inexperiência na leitura da indicação do amperímetro para os valores da corrente elétrica que era fornecida em submúltiplos de Ampère (mA). Assim, as respostas desses cálculos apresentadas na atividade experimental ficaram distantes do esperado e experienciado pelos estudantes, permanecendo a dificuldade demonstrada por eles nas simulações computacionais. Fica evidente, pelo nível das respostas, que as dificuldades apresentadas estão, ainda, no formalismo matemático e não no conceito dado ao contexto das atividades.

Ao analisar as respostas dadas a esta questão, notamos que dos 18 grupos que participaram da atividade, 16 notaram que os cálculos com as equações não foram iguais aos medidos e 02 grupos não responderam à questão.

Ainda os estudantes responderam de forma surpreendente levantando algumas hipóteses do que poderia ter ocorrido, conseguindo notar algo, por exemplo, “erros de medida devido o contato irregular”, “valores aproximados”, “instabilidade na medida apresentada pelos multímetros”. Destacamos algumas das respostas dadas pelo grupo de estudantes à essa questão:

172108VM;172026VM;172109VM

a) Por qual motivo os valores encontrados nos dados experimentais não são idênticos aos dados calculados pelas equações (1, 2 e 3)? Porque todos os valores são medidas de forma aproximada e podem variar.

a) Por qual motivo os valores encontrados nos dados experimentais não são idênticos aos dados calculados pelas equações (1, 2 e 3)? Por a natureza da medição dos valores os valores encontrados não são aproximados.

172321AM;172080AM;172150AM

a) Por qual motivo os valores encontrados nos dados experimentais não são idênticos aos dados calculados pelas equações (1, 2 e 3)? Por que os cálculos estão exatos, e os multímetros nos mostram interferência e assim varia.

Ressaltamos que, o papel do professor-pesquisador se fez ainda mais presente, pois aproveitou-se este momento da atividade de intervenção para elucidar dúvidas no que diz respeito às construções dos circuitos e realizar um reforço teórico sobre o conteúdo de circuitos

elétricos, embora já tenham visto na unidade curricular em sala de aula com o professor da turma.

A questão seguinte era semelhante à primeira da atividade experimental 1, só que analisando a corrente elétrica em um circuito em uma ligação em paralelo.

Discutimos com o público alvo o seguinte questionamento: O que ocorre com a corrente elétrica em uma ligação em paralelo? Quando os resistores estão associados em paralelo a corrente elétrica que flui por um dos componentes é a mesma ou diferente no circuito elétrico?

Observou-se que 16 grupos de estudantes identificaram corretamente a corrente elétrica no amperímetro e nas justificativas afirmaram que a corrente se dividia e passava uma parte da corrente por um resistor e a outra parte por outro.

Notamos, ainda, que dois grupos indicaram que a corrente elétrica não se divide. Percebe-se nos relatos algumas lacunas na interpretação dos resultados. Os relatos abaixo certificam as lacunas:

172063AM;172046AM;172023AM

b. A corrente elétrica por o mesmo por no circuito em paralelo a energia é dissipada igualmente.

172031VM;172049VM;172030AM

a mesma ou diferente no circuito elétrico? a corrente no circuito é a mesma

Na atividade prática os estudantes montaram circuitos paralelos com lâmpadas e amperímetros e na ocasião o professor explicou que a corrente elétrica ao chegar em um ponto de bifurcação denominado "nó", a corrente se divide como foi observado nos instrumentos de medição.

A questão seguinte era complementar à anterior, porém em relação a tensão elétrica num circuito com resistores associados em paralelo. Ao analisar as respostas percebemos que todos os 17 grupos de estudantes relataram de forma assertiva justificando corretamente que a tensão elétrica permanece constante em todos os resistores de um circuito em paralelo.

Ainda, indagamos sobre os valores das resistências encontradas utilizando as equações matemáticas e 11 grupos identificaram que os valores encontrados foram iguais ou bem próximos aos medidos utilizando o multímetro na função Ohmímetro. Ainda, cinco grupos identificaram que as tensões não foram iguais em todos os pontos do circuito e dois grupos sequer responderam à questão. Fica evidente uma lacuna entre o teórico e prático nas atividades experimentais, pois ainda os estudantes têm dificuldades de interpretar as equações

matemáticas na hora de utilizá-las, principalmente quando o intuito é a comprovação ou comparação entre o que se experienciou e o que a teoria certifica.

A última pergunta foi trivial e os resultados indicaram que houve a consolidação do conhecimento sobre a diferenciação de uma associação em série com uma associação em paralelo. De acordo os estudantes ao compararem os circuitos estavam promovendo reconciliação integradora, visto que o subsunçor circuito elétrico estava ficando cada vez mais elaborado e ganhando novos significados, pois de acordo com Moreira (2011), conforme ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, a estrutura cognitiva vai aumentando.

A questão em discussão se resume em retirar ou “queimar” um dos resistores e verificar o que aconteceria com o valor da corrente elétrica que flui por todo o circuito podendo fazer um comparativo com a atividade 1. As respostas dadas por 12 grupos apontam para uma aprendizagem com significado pois indicaram de forma correta que a corrente elétrica será redistribuída, ou seja, aumentará nos resistores restantes. Destacamos a seguir alguns trechos das respostas:

172101AM;172080AM;172150AM

que flui por todo o circuito? Para aumentar a corrente elétrica, retirar alguns resistores, dividindo a corrente para os dois resistores, ou seja, menor resistência.

172108VM;172026VM;172109VM

que flui por todo o circuito? A CORRENTE VAI AUMENTAR POIS, HÁ UM RESISTOR A MENOS PARA A DIVISÃO DA CORRENTE.

172095VD;172088VD;172053VD

que flui por todo o circuito? A CORRENTE VAI AUMENTAR POIS, HÁ UM RESISTOR A MENOS PARA A DIVISÃO DA CORRENTE.

Identificou-se que dois grupos indicaram que o valor da corrente elétrica diminuirá conforme se constata através das respostas apresentadas abaixo:

172321VM; 172669VM; 173526VM

que flui por todo o circuito? Observando os dados apresentados no experimento, podemos concluir que a corrente total diminuirá.

172090VD; 172158VD; 172156VD

que flui por todo o circuito? Ela diminuirá.

Ao se debruçar sobre o que motivou a resposta dos grupos anteriores, identifica-se uma desatenção total com o restante dos componentes que abarca o circuito. Possivelmente por terem retirado ou “queimado” um dos resistores, ou seja, interrompendo a passagem da corrente

elétrica em um dos ramos do circuito, interpretaram não haver circulação da corrente pelos outros ramos e não se atentaram em visualizar ou mesmo aferir a corrente nos outros componentes do circuito elétrico. Fato esse que demonstra uma lacuna na interpretação do conceito relacionado ao comportamento da corrente elétrica em circuitos com componentes conectados em paralelo, indicando uma incoerência na interpretação ou desatenção total ao observar o que ocorre com os restantes dos componentes no circuito.

Outros dois grupos informaram que o valor da corrente elétrica não se modifica e, apenas um dos grupos, não respondeu à questão. Ao responderem que a corrente elétrica não se modifica, os dois grupos evidenciam que não realizaram a atividade experimental na forma como descrita na SD. Aponta-se ao professor que replicará essa UEPS, que observe com mais criticidade a realização da atividade experimental com a finalidade de verificar como cada um dos grupos a realiza e se as trilhas das SD estão sendo seguida conforme sua descrição. Aquele grupo de não respondeu à questão demonstra um descaso com a atividade, o que denota uma maior atenção do professor quando se realiza atividades de cunho experimental com grupos numerosos.

Notamos que ao realizar a atividade onde os estudantes construíram seus circuitos, conectaram amperímetros, voltímetros e componentes eletrônicos na *protoboard* e foi possível analisar o comportamento da corrente elétrica e tensão em circuitos paralelo, observamos uma boa participação dos estudantes na realização dos experimentos, cujo empenho contribuiu para o bom desempenho dos estudantes na resolução das questões contidas na SD. Entretanto, destaca-se a necessidade de o professor visitar todos os grupos com muita atenção e dedicação pois há indícios de descasos com a atividade experimental em alguns grupos por desconhecerem as potencialidades dessa metodologia.

Com estas atividades, em que tiveram contato com situações concretas, identifica-se que os estudantes conseguiram assimilar bem o comportamento de tensão, corrente e resistência elétrica ao longo das associações de resistores. A atividade permite que as conclusões sejam feitas com mais veracidade, porque é possível visualizar o efeito causado pela corrente e tensão quando estas variam em um circuito.

Atividade 3: Circuito misto (série/paralelo)

Aula 29/08/2022

A atividade experimental 3 descritas no (Apêndice E) correspondem à última etapa de construção de circuitos elétricos utilizando o *kit* com componentes eletrônicos, circuitos estes que já foram interpretados nas simulações computacionais (Apêndice D), a qual foram importantes por ser trabalhado competências como coordenação, criação de hipóteses e cooperação, fatores que auxiliam na compreensão dos conceitos básicos de circuitos elétricos, conhecimento fundamental para realizar esta etapa envolvendo experimentos reais em um laboratório.

Nesta atividade, ocorreu a participação de 47 estudantes, num universo de 54 matriculados, distribuídos em 17 grupos com dois ou três integrantes. O professor-pesquisador recapitulou brevemente os conceitos relacionados aos circuitos em série e paralelo a fim de elucidar dúvidas no que diz respeito às construções dos circuitos e realizar um reforço teórico sobre o conteúdo de Eletrodinâmica.

Nessa atividade os estudantes construíram e analisaram um circuito elétrico que envolvia conhecimento adquiridos nas atividades anteriores 1 e 2, onde tinham à disposição um resistor (R_1) em série com outros dois resistores associadas em paralelo, resistores (R_2) e (R_3), cuja configuração é de um circuito conhecido por misto. As questões a serem respondidas por eles passam por: o motivo dos valores encontrados nos dados experimentais não é idêntico aos dados calculados pelas equações? O que ocorre com a corrente elétrica do circuito em uma ligação mista (série/paralelo)? E com a DDP (tensão)? O que acontece com o valor da intensidade da corrente e a DDP (tensão) que atravessa o LED? Ao resistor R_2 o que acontece com o valor da corrente elétrica? E a Tensão (DDP)? E qual é a nova configuração circuito ao retirar R_2 ? Os resistores (R_2) e (R_3) por estarem em paralelo produzem uma resistência equivalente com menor valor que a resistência de ambas e estarão submetidos a mesma queda de tensão (DDP), e por sua vez será dividida com o R_1 com uma maior queda de tensão. E por estarem associadas em paralelo, acabarão dividindo a corrente total do circuito. Desse modo, o resistor (R_1) circulará uma corrente maior que os outros dois resistores.

Na atividade experimental 3 (Apêndice E), semelhante a anterior, obtivemos novamente resultados surpreendentes e positivos, pois utilizando o formalismo matemático através das equações sugeridas para encontrar os valores por meio dos dados aferidos com o multímetro, os resultados ficaram mais próximos do esperado pelos grupos. Identificou-se, na

atividade experimental 2, que os estudantes apresentaram respostas equivocadas e distantes do que foi aferido no multímetro evidenciando uma lacuna quanto a interpretação das equações matemáticas, diferente nesta questão pois os resultados aferidos com o multímetro corroboraram com os resultados calculados pelos grupos, caracterizando uma aprendizagem com significado principalmente quando utilizaram as equações dispostas para a atividade. Neste sentido, Moreira, Mansini (2006) afirma que “a proposta cognitiva construtivista da aprendizagem significativa, não basta somente à diferenciação progressiva, mas também explorar, explicitamente, relações entre proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridades importantes e reconciliar inconsistências reais e aparentes.

Ao analisar as respostas dadas à primeira questão, todos os 17 grupos que participaram da atividade notaram que os cálculos com as equações não foram iguais aos resultados aferidos com o multímetro, pois há algumas diferenças entre valores aferidos, devido os instrumentos utilizados como o multímetro digital oferecem resistência interna à passagem da corrente elétrica (A). Essas medidas foram as bases para os estudantes responderem aos questionamentos relacionados à corrente elétrica (A) nas associações de resistores em série e em paralelo.

A segunda questão indagava os estudantes sobre o que ocorre com a corrente elétrica do circuito em uma ligação mista (série/paralelo). Através das respostas, foi constatado que 15 grupos, alcançaram a reconciliação integradora, compreenderam de forma efetiva que numa associação de resistores na forma misto a intensidade da corrente que atravessa R_1 é o valor total do circuito e se divide nos demais resistores R_2 e R_3 que estão em paralelo e, principalmente reconheceram que a intensidade da corrente que percorre o resistor em série é igual à soma das intensidades das correntes que percorrem os resistores que estão dispostos na forma paralelo. Destacamos algumas das respostas dadas pelo grupo de estudantes à essa questão:

172014VD; 172148VD

(série/paralelo)? o valor da corrente dos resistores em paralelo será igual a corrente do resistor em série

172081VD; 172025VD; 172142VD

(série/paralelo)? A corrente elétrica total se divide de acordo os resistores e depois se juntam novamente

172023AM; 172063AM; 172046AM

(série/paralelo)? a corrente passa totalmente na parte em série e no paralelo será dividido a corrente.

172090VD; 172158VD; 172156VD

(série/paralelo)? Em série se mantém τ entre os para-
lelos se divide

Ainda, 02 grupos de estudantes apresentaram respostas incoerentes, demonstrando uma certa displicência ou desatenção total ao realizar as medidas de intensidade da corrente elétrica e analisar o resultado encontrado conforme observamos nos relatos abaixo:

172149VM; 172322VM; 173099VM

(série/paralelo)? Ela se divide igualmente entre as ligações

172073VM; 172323VM; 172091VM

(série/paralelo)? Será sempre a mesma

A terceira questão era semelhante a anterior, só que os estudantes deveriam analisar a tensão elétrica em um circuito misto (serie/paralelo). Em uma associação de resistores misto a tensão elétrica se divide entre os resistores que estão em série e se mantém constante com aqueles que estão em paralelo.

Notamos que 15 grupos relataram de forma assertiva, reforçando a ideia de que quando os estudantes entram em contato com os experimentos, eles conseguem assimilar o conteúdo de forma muito mais produtiva que em aulas somente expositivas. Sobre isso Moreira (2011) cita que o aprendiz deve ter intencionalidade para aprender significativamente e o material de ensino deve ser potencialmente significativo. Constata-se através das respostas apresentadas pelos estudantes:

172149VM; 172322VM; 173099VM

c) E com a DDP (Tensão)? o potencial é menor por serem em série

172084VM; 172067VM; 1720087VM

Ela se divide entre a 1ª e os outros. É igual na 2ª e na 3ª

172141VM; 172085VM; 173064VM

tem a maior DDP no circuito em série e se divide no paralelo

Observamos que um grupo não respondeu à questão e, um dos grupos apresentou resposta incoerente, pois não percebeu a diferença dos valores aferidos na atividade experimental quando solicitado a análise do comportamento da tensão elétrica no circuito demonstrando um certo desinteresse ao analisar os resultados conforme observamos no relato abaixo:

172080AM; 172101AM; 172150AM

c) E com a DDP (Tensão)? é mesma coisa

Na quarta questão os estudantes substituíram o resistor R_2 por um LED e indagamos o que aconteceu com o valor da intensidade da corrente e a tensão elétrica que atravessa o LED.

Destacamos que neste momento algumas das baterias utilizada para montar o circuito elétrico já apresentava baixa carga, ou seja, uma tensão fornecida inferior à sua capacidade máxima, assim os resultados foram bem variados uns dos outros, mesmo os resistores sendo de iguais valores em todos os experimentos, apresentaram resultados discrepantes uns dos outros. Destaca-se, neste momento, a importância de se trabalhar com materiais experimentais, pois os mesmos não apresentam cargas elétricas infinitas, possuem resistência elétrica interna variável, não obedecem às leis de Ohm, enfim, não são ideais, são reais.

Através das respostas, foi constatado que seis grupos compreenderam de forma factual que numa associação de resistores misto (serie/paralelo) a intensidade da corrente que atravessa R_1 corresponde ao valor total fornecido pela fonte e se subdivide nos resistores R_2 e R_3 que estão em paralelo. Ao substituir o R_2 pelo LED, a intensidade da corrente que percorre o LED que está em paralelo com resistor R_3 aumentará e a tensão elétrica diminuirá.

Observamos que dois grupos afirmaram de forma inconsistente, devido a erros nas leituras do multímetro, que a intensidade da corrente permanece a mesma e a tensão elétrica diminuiu. Já quatro grupos responderam de forma ainda mais inconsistente, afirmando que tanto a corrente elétrica como a tensão aumentarão, indicando um certo descaso com a atividade. Percebe-se, ainda um menosprezo de dois grupos ao afirmarem que a elétrica no LED diminuiu. Outros dois grupos responderam que a corrente elétrica e a tensão têm o mesmo valor da resistência apresentada em R_1 . Ainda, nota-se que devido a indagação ser referente a intensidade da corrente e a tensão, um dos grupos respondeu de forma correta referindo-se à intensidade da corrente.

Percebe-se que os estudantes conseguiram aferir os valores da tensão e da corrente com o multímetro, entretanto no momento de responder a indagação feita pela SD tiveram dificuldade em apresentar uma resposta coerente com a aferição devido o nível de complexibilidade ser bem maior em ter que realizar várias medidas e comparar seus resultados obtidos.

A questão seguinte solicita a retirada do resistor R_2 do circuito elétrico e verificar o que acontece com o valor da corrente elétrica que flui por determinado caminho. Após retirar o resistor o circuito passa a ter uma configuração em série, ficando R_1 em série com R_3 . Logo,

eles produzirão uma resistência equivalente maior e conseqüentemente a corrente elétrica total tornar-se-á menor e, por isso, a queda de tensão em cada resistor será dividida entre eles.

Tal resposta foi verificada, de forma parcial, em cinco grupos ao afirmarem que a intensidade da corrente elétrica diminui, porém a tensão elétrica sobre cada resistor permanece a mesma, mas a tensão fornecida para o circuito é dividida entre os resistores, apresentando uma lacuna no aprendizado como vemos a seguir:

172029VD; 171489VD; 172133VD

(DDP)? A corrente diminui e a tensão permanece a mesma.

172159VM; 172022VM; 172140VM

a corrente diminuirá e a tensão continuará.

172321VM; 173526VM; 172669VM

A corrente diminuirá e a tensão continuará.

Outros oito grupos responderam de forma inconsistente afirmando que a corrente elétrica e a tensão (DDP) aumentarão. Destacamos algumas das respostas dadas pelo grupo de estudantes à essa questão:

172149VM; 172322VM; 172099VM

a corrente e a tensão aumentam

172047VM; 17085VM; 172064VM

elas irão aumentar pois o circuito será em série

172026VM; 172108VM; 172109VM

(DDP)? Como não haverá mais circuito paralelo, os valores não precisarão se dividir e os valores aumentarão.

Identifica-se, pelas respostas acima que os estudantes possivelmente ao avaliar os valores de forma incoerente em relação a queda de tensão justificam suas respostas como sendo o circuito elétrico em série com um divisor de tensão.

Destarte, três grupos afirmaram que os valores não se alteraram e um dos grupos sequer respondeu à questão.

A última pergunta, semelhante a pergunta da atividade experimental 2, foi trivial e os resultados indicaram que houve a consolidação do conhecimento sobre a diferenciação de uma associação em série e em paralelo. A questão em discussão se resume em retirar o R_2 e apontarem qual seria a nova configuração do circuito. As respostas dadas por 15 grupos foram assertivas, indicando de forma correta que a nova configuração do circuito seria aquele com ligações somente em série, como se observa em um dos relatos abaixo.

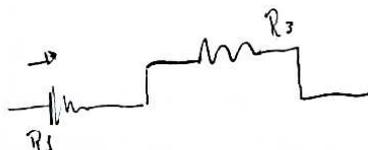
Estudantes 172023VM, 172063VM, 172046VM:

O circuito se transformará em série e deixará de ser paralelo.

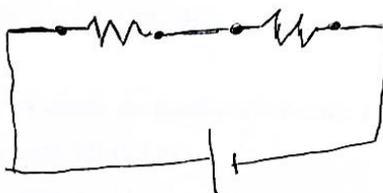
ntações, os procedimentos experimentais e os tutoriais de construção dos aparatos

Destacamos que alguns estudantes acharam mais esclarecedor desenhar a nova configuração do circuito, como se observa logo abaixo.

172047VM; 172085VM; 172064VM



172159VM; 172022VM; 172140VM



Até então, notamos que 2 grupos afirmaram que a configuração, mesmo após a retirada do resistor em questão permaneceria configurando-se com ligações em paralelo, demonstrando desconhecer ou mesmo diferenciar uma associação em série de uma associação em paralelo. Com esta resposta em mente, deduz-se que estes grupos não compreenderam a pergunta mesmo montando circuito elétricos nessas configurações nas atividades experimentais 1 e 2.

As atividades experimentais realizadas na UEPS, estruturada nesse estudo, apontaram a importância da sua organização na forma de itens que dialogavam com o público alvo, tanto nas etapas com o uso das SC do PhET-colorado, como nas atividades experimentais, uma vez que os resultados obtidos nessa atividade foram demasiadamente positivos e apontam para uma aprendizagem significativa dos conceitos elencados.

O nível das argumentações propostas pelos estudantes nas atividades práticas foram fundamentais para que a sua compreensão passasse do nível meramente mecânico ou memorístico para um nível em que ocorresse uma aprendizagem com significado, atestando o que afirma Moreira (2011, p.18) no qual o “subsunçor pode ser também uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio

especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos”.

Notamos que ao realizar as atividades na construção do circuito elétrico se fez presente, no qual os estudantes conectaram o multímetro e realizam medidas utilizando as funções de amperímetros e voltímetros, oportunizaram momentos únicos de análise e de elaboração de hipóteses reforçando a necessidade de um material onde os estudantes possam experimentar a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Outro ponto importante que se mostrou relevante foi a grande participação dos estudantes na realização dos experimentos, cujo empenho contribuiu para o bom desempenho na resolução das atividades, pois para Moreira (2010) uma maneira de sabermos se o estudante está aprendendo é observar se o mesmo se dispõe a relacionar o que foi aprendido com a estrutura cognitiva presente e isso pode ser percebido em diversas vezes ao longo da atividade experimental nos quais os estudantes relacionaram a associação série com a ligação de um pisca pisca de árvore de natal, que ao desconectar uma das lâmpadas, um conjunto de lâmpadas apagam e que a ligação em paralelo poderia ser representada como um circuito de nossas casas, em que as lâmpadas funcionam de forma independente.

As atividades experimentais, além de tornar as aulas mais movimentadas, contribuíram para melhorar o desempenho dos estudantes em relação aos conceitos discutidos sobre o tema. Além disso evidenciamos, com as discussões, que os objetivos da proposta de ensino utilizando os *kit* de componentes eletrônicos e suas SD foram atingidos, havendo indícios de aprendizagem significativa, e de que esta aprendizagem contribuiu de forma efetiva para a construção de novos conhecimentos, pois no decorrer das atividades promovemos um ensino de conceitos de eletricidade mais dinâmico e significativo, oportunizando aos estudantes seguirem trilhas metodológicas que aprimorassem a sua predisposição em estudar os conceitos físicos discutidos sobre a temática.

4.4 Avaliação final

Visando verificar as concepções científicas adquiridas através das intervenções pedagógicas com a aplicação da UEPS, e se as SD foram capazes de contribuir para direcionar os estudantes a uma aprendizagem significativa, propôs-se a elaboração de mapas conceituais de forma colaborativa, a partir dos grupos preestabelecidos nas atividades anteriores.

Após o término das atividades experimentais com o uso dos *kits* de componentes eletrônicos, especificamente na etapa seguinte, foi promovido uma oficina em que consistia em

uma formação dos grupos de estudantes na construção de Mapas Conceituais (MC), detalhando os elementos que o compõe, as trilhas necessárias e destacando como este deveria ser elaborado. Além disso, para facilitar o entendimento dos estudantes na construção dos mapas conceituais objetivando minimizar as dificuldades no desenvolvimento destes, foi disponibilizado um guia impresso sobre elaboração (Apêndice F) no dia da atividade.

Para a realização desta prática foram mantidos os mesmos grupos constituídos, com a finalidade de privilegiar o princípio da interação social e do questionamento (MOREIRA, 2005). Logo em seguida, foram repassadas explicações sobre como proceder na elaboração dos MC. Na ocasião, também foi desenvolvido em colaboração com a turma um MC com a temática escolhida de forma aleatória pelos estudantes com a finalidade de exemplificar a edificação dos MC. Assim, foi selecionado um tema de conhecimento livre dos estudantes, e os grupos construíram o mapa conceitual (MC) com a orientação do professor-pesquisador. Os estudantes, juntamente com a orientação do professor-pesquisador, pensaram e escreveram cinco conceitos relacionados ao tema proposto, e em seguida, foram relacionando tais conceitos entre si (trilhas), utilizando setas e palavras de ligação, para deixar o MC mais explicativo. Após a construção deste primeiro mapa, as mesmas etapas foram repetidas para o tema de estudo da turma, a Eletrodinâmica.

Dando continuidade à atividade foi solicitado aos estudantes a construírem um mapa conceitual, caracterizado como diagramas de significados, de relações e hierarquias conceituais (MOREIRA, 2012), utilizando como parâmetro 5 conceitos-chaves: corrente elétrica, tensão elétrica, potência elétrica, resistência elétrica e gerador elétrico.

Os estudantes tiveram em torno de 30 minutos para construir o mapa conceitual, com tempo limitado, o que dificultou uma melhor sistematização hierárquica conforme proposta estabelecida por Novak, Cañas (2010). É relevante informar que foi destinado um tempo de 20 minutos para os grupos apresentarem os MC após a sua elaboração, no qual cada grupo explicou para os demais estudantes em sala, visto que o MC não é autoexplicativo. Destaca-se a importância desta etapa para a consolidação dos significados pelos elaboradores e para a socialização das ideias aos demais grupos. Outro aspecto importante foi a elaboração dos MC ao final da proposta pensando na conclusão da UEPS, visando captar quais conceitos e como estes se organizaram nas estruturas cognitivas dos estudantes, uma vez que já teria trabalhado todos os conteúdos do tópico de Eletrodinâmica.

Após o término da aula, os mapas foram entregues e analisados com base nos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

4.4.1 Análise dos mapas conceituais

Aula 11/09/2022

A análise foi baseada em amostras compostas de 15 mapas conceituais e durante a aplicação dessa atividade foi constatado o envolvimento eminente dos estudantes, no qual se percebeu inúmeras interações e questionamentos aos colegas e ao professor-pesquisador, além de uma interação efetiva com o conteúdo de Eletrodinâmica visto em sala de aula e nas atividades desenvolvidas ao longo da aplicação da UEPS.

Os mapas são analisados de forma qualitativa, sendo adotados os seguintes critérios: a) conceito principal (conceitos fornecidos); b) Proposições (acréscimo de pelo menos mais três outros conceitos); c) ligações cruzadas (ligações válidas e inválidas) e exemplos; d) hierarquia (múltiplos relacionamentos entre os conceitos); e e) conteúdo.

Dessa forma, para cada um destes critérios serão atribuídas as seguintes avaliações: “satisfatório”, quando o critério estiver completamente adequado; “parcialmente satisfatório”, quando o critério estiver com alguns poucos equívocos; e “insatisfatório”, quando o critério apresentar muitos equívocos conceituais e de ligações. Para esta etapa da análise, optou-se pelo modo conjugado, pois foram observados os mesmos aspectos nos mapas elaborados pelos 15 grupos preestabelecidos e os resultados discutidos a luz da teoria de mapas conceituais de Novak e Cañas (2010). Acentua-se que em casos específicos e de relevância para a obtenção dos descritores estabelecidos, citou-se o grupo e o aspecto particular do MC em questão. O quadro 9 apresenta os descritores e a metodologia adotada para obtê-los.

Quadro 10 – Mapas conceituais avaliados como satisfatório

ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS							
	Cor do grupo	Conceito principal	Proposições	Ligações e exemplos	Hierarquia	Conteúdo	Descritor
172026	VM	S	P	S	S	P	Satisfatório
172101							
172109							
171489	VD	S	P	S	P	S	Satisfatório
172029							
172133							

172030	VM	S	S	P	S	S	Satisfatório
172031							
172014	VD	S	P	P	S	S	Satisfatório
172148							
172090	VD	S	P	S	P	S	Satisfatório
172158							
172156							
172081	VD	S	S	P	P	S	Satisfatório
172025							
172141							
Total de MC:							06

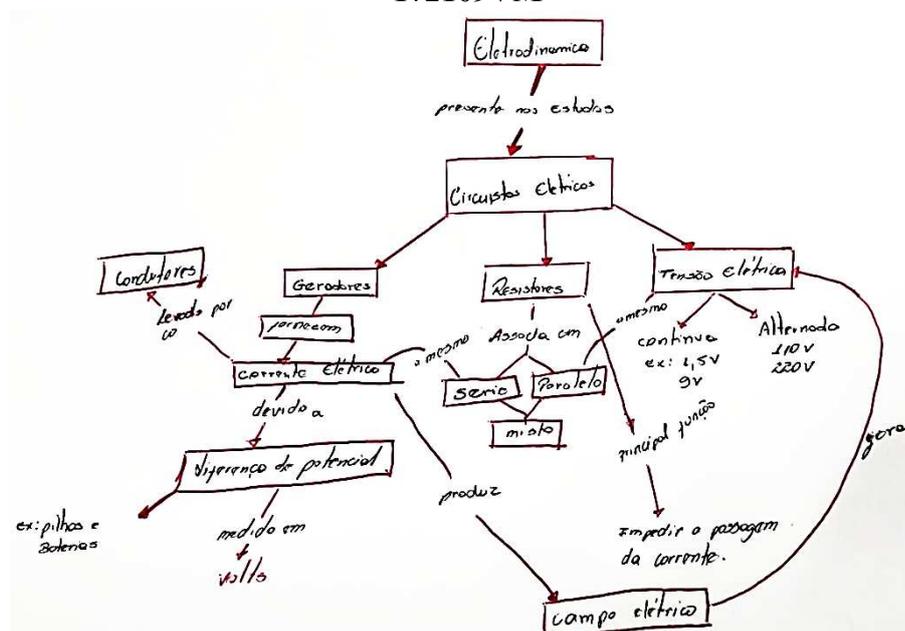
S = Satisfatório	P = Parcialmente	I = Insatisfatório
------------------	------------------	--------------------

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIO, A PARTIR DE DADOS DA PESQUISA

Ao avaliarmos os mapas conceituais, atribuiu-se o descritor como “satisfatório” quando o MC está completamente dentro dos critérios atribuídos como adequado, 06 mapas produzidos pelos grupos de estudantes. Sendo a análise feita de modo conjugado, pois foram observados os mesmos aspectos nos mapas elaborados pelos 15 grupos preestabelecidos.

Destaca-se três grupo em específico sobre os mapas conceituais produzido pelos estudantes, conforme mostra a seguir, tendo contemplado todos os conceitos mapeados.

Figura 39 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172026VM, 172101VM, 172109VM

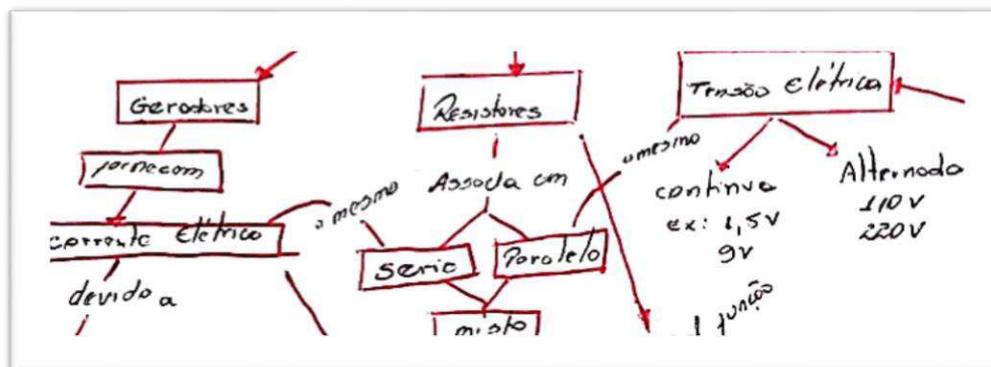


Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

No MC da Figura 39 constata-se indícios de aprendizagem significativa propondo que o conhecimento seja construído e se organize nas estruturas cognitivas do estudante de maneira hierárquica, onde os conceitos mais gerais e inclusivos devem subordinar os mais específicos e detalhados, (MOREIRA; MASINI, 2006), assim gerando a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa entre os conceitos destacados.

Alguns aspectos importantes no MC da Figura 39 devem ser destacados, quando se considera os termos de ligação entre os aspectos conceituais e a organização sequencial que tornaram o mapa claro e coerente, conforme aponta Novak e Cañas (2010). O grupo de estudantes manteve as palavras chaves (Tensão elétrica, Corrente elétrica, resistência elétrica, Potência e Geradores), porém agregou e ligou com novos conceitos, além de agregar ao mapa a função de um gerador, o conceito de diferença de potencial e campo elétrico, exemplificando com coerência alguns pensamentos e as relações de proporcionalidade utilizadas nos conectores. Um dos pontos importante que destacamos neste mapa e, ficou evidente, foi como os estudantes fizeram a representação conceitual referente aos três tipos de associação com os resistores indicando as ligações e suas características, bem como realizaram a referência ao comportamento da tensão e a corrente elétrica em um circuito simples como foi utilizado nas atividades com o PhET-colorado e as SD envolvendo as atividades práticas, além disso exemplificaram os tipos de tensão (contínua e alternada) e os valores, como é possível notar na Figura 40.

Figura 40 – Em (a) temos o recorte do mapa conceitual pelos estudantes, em (b) recorte da SC com PhET-Colorado e em (c) recorte da atividade práticas com a SD



(a)

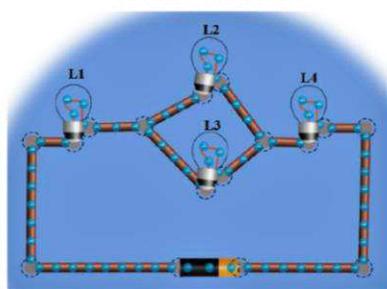
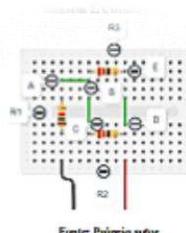


Imagem 9 – Quatro lâmpadas em associação mista.
Fonte: Próprio Autor

Com as lâmpadas no circuito:
a) Calcule a DDP da bateria para 24,0 V e a resistência das lâmpadas para 30 Ω.
b) Calcule o valor da intensidade da corrente (I) que passa por cada lâmpada.
c) Meça a tensão em cada lâmpada com o multímetro e anote.

(b)



Fonte: Próprio autor

Para realizar a medida utilize o multímetro na função de VOLTÍMETRO.

Conecte a tabela a seguir:

	1	2	3	Total
U (V)				$U_{T=}$
R (Ω)				$R_{E=}$
	A-B	B-C	D-E	

(c)

Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

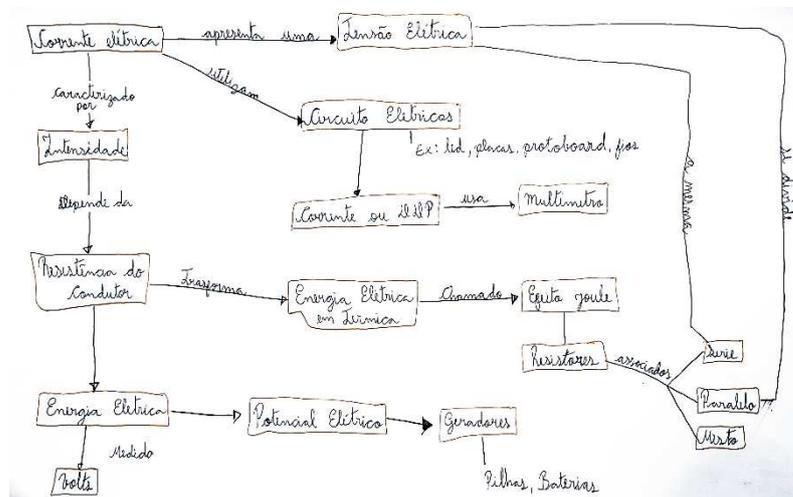
Nota-se que os estudantes 171489VD, 172029VD e 172133VD que teve o mapa conceitual avaliado como “satisfatório” – Figura 41, dentro dos descritores atribuídos, mantiveram as palavras-chaves fornecidas inicialmente e conectadas a mais conceitos como o de energia elétrica e condutores, apontando por onde é conduzido a corrente elétrica. Além de inserir novas preposições como elétron, energia mecânica, efeito Joule, campo elétrico foram ligados a um número maior de conceitos, ampliando seu nível hierárquico. Segundo Moreira (2006) os mapas conceituais se constituem uma visualização de conceitos e relações hierárquicas entre os conceitos que podem ser muito úteis tanto para o professor quanto para o estudante, como uma maneira de exteriorizar o que o aluno já sabe. Identifica-se que o grupo conservou as palavras-chaves sem modificar muito os conceitos, porém agregando ao conceito “circuito elétrico” indicando as transformações que ocorrem como efeito térmico e efeito luminoso, ampliaram também o número de ligação transversais, que segundo Novak e Cañas (2010), representa uma boa estrutura cognitiva em que os estudantes relacionam conceitos.

Figura 41 – Mapa conceitual construído pelos estudantes 171489VD, 172029VD e 172133VD

Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

O mapa conceitual do grupo 172030VM, 172031VM, Figura 42, que também foi avaliado como “satisfatório”, dentro dos descritores manteve as palavras-chaves fornecidas inicialmente e conectadas a um número maior de conceitos como a de energia elétrica e condutores em que trouxeram por onde é conduzido a corrente elétrica. Enfatiza-se que este grupo foi o único que apresentou a dependência da resistência do condutor com a transformação de energia e a variação da temperatura, além de apresentar as características das associações de resistores em série, paralelo e misto. O grupo ainda exemplificou sobre o aparelho utilizado para aferir a corrente e a tensão elétrica.

Figura 42 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172030VM, 172031VM



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Sublinha-se, aqui, que todos os mapas julgados como “satisfatório” apresentaram os conceitos que julgamos fundamentais sobre o tema, apresentando, também, em cada mapa, alterações nos conectores e a devida utilização de retas e setas, o que auxiliou na organização da relação entre os conceitos.

Alguns MC apresentaram descritores avaliados como parcialmente satisfatório. Forma sete mapas conceituais construído pelos grupos de estudantes, conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 11 – Mapas conceituais avaliados como parcialmente satisfatório

ANALISE DOS MAPAS CONCEITUAIS							
Estudante	Cor do grupo	Conceito principal	Proposições	Ligações e exemplos	Hierarquia	Conteúdo	Descritor
172159	VM	S	P	P	S	P	Parcialmente Satisfatório
172022							
172140							
172321	VM	P	P	P	I	P	Parcialmente Satisfatório
172669							
173526							
172023	AM	S	I	P	P	S	Parcialmente Satisfatório
172063							
172046							
172323	VM	S	P	P	P	S	Parcialmente Satisfatório
172073							
172091							
159584	AM	S	P	P	S	P	Parcialmente Satisfatório
172074							
172146							
172149	VM	P	P	P	P	P	Parcialmente Satisfatório
172322							
172099							
172080	AM	S	P	I	S	P	Parcialmente Satisfatório
172150							
						Total de MC:	07
S = Satisfatório		P = Parcialmente		I = Insatisfatório			

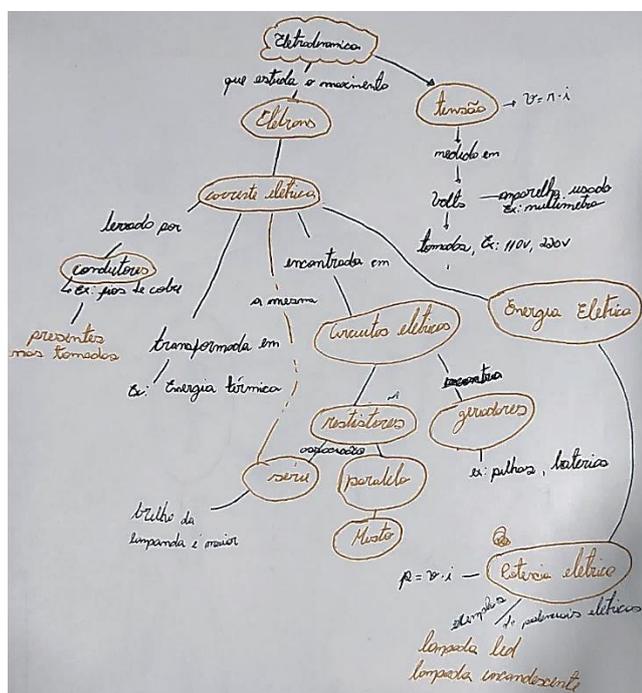
Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIO AUTOR, A PARTIR DE DADOS DA PESQUISA

Destacamos o mapa conceitual dos estudantes 172023AM, 172063AM e 172046AM, Figura 43, que foi semelhante aos demais mapas contidos no Quadro 10, estando dentro dos critérios atribuídos.

Apesar do grupo manter palavras-chaves fornecidas inicialmente, alguns conceitos estavam hierarquicamente inadequados, bem como as relações estabelecidas entre um conceito e outro ficando, por conta de algumas ligações não tão adequadas considerado parcialmente satisfatório.

O grupo conseguiu identificar três conceitos relevantes para o mapa, porém as relações estabelecidas entre alguns conceitos estavam equivocadas. Portanto, em termos de conteúdo, por apresentar alguns equívocos conceituais, o mapa foi considerado parcialmente satisfatório. As proposições foram consideradas insatisfatórias porque alguns não se apresentaram tão claros e coerentes, contudo, não houve erros no conteúdo, sendo neste ponto parcialmente satisfatório. Já a hierarquia foi considerada parcialmente satisfatória, por conta de algumas ligações não tão adequadas, por se tratar de um mapa com estrutura simples e sem ligações cruzadas, conforme se observa na Figura 43.

Figura 43 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172023AM, 172063AM e 172046AM

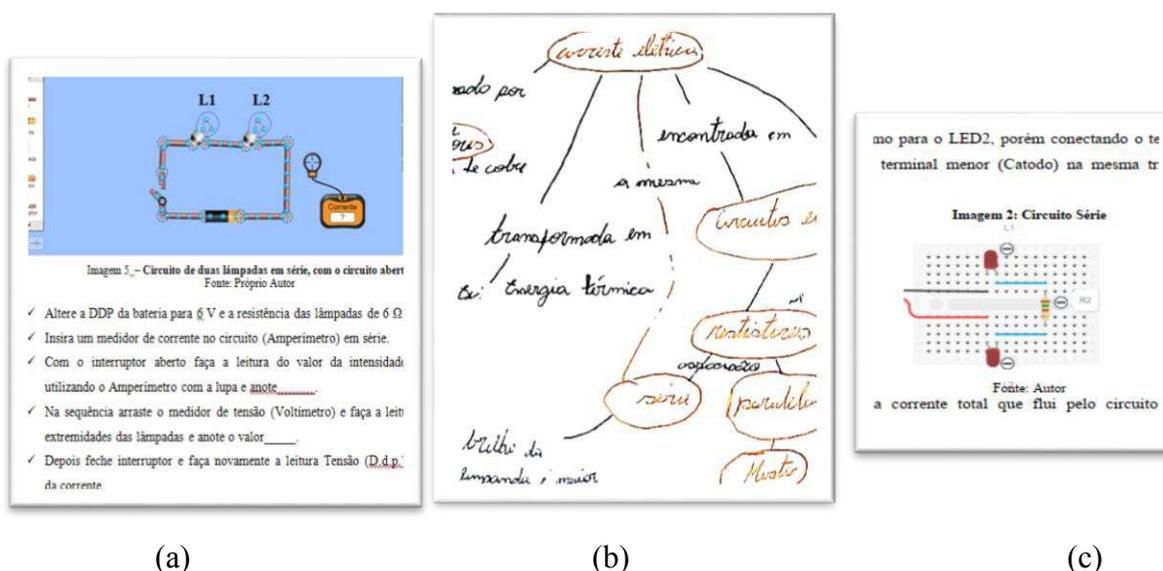


Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Quanto à subordinação de conceitos, caracterizada pela apresentação dos conceitos mais gerais no topo do mapa, seguidos dos mais específicos na sua base, foi identificado três níveis de hierarquia conceituais. Os estudantes fizeram poucas relações cruzadas, entretanto uma proposição obteve uma relação significativa. O grupo também aproveitou o mapa

conceitual para representar equações matemáticas como aquela utilizada para calcular a tensão e a potência elétrica. Os estudantes do grupo ainda identificaram onde se encontra a corrente elétrica e exemplificaram sobre esta palavra-chave; diferenciaram os tipos de associação de resistores sem se aterem à sua função no circuito elétrico; fizeram uma ligação transversal caracterizando o brilho da lâmpada em uma associação em série usando a proposição de que a corrente elétrica em circuito elétrico em série é maior em relação ao seu brilho, conforme destacamos na Figura 44:

Figura 44 – Em (a) temos recorte atividade 2 da SC com PhET-Colorado, em (b) recorte do mapa conceitual pelos estudantes, e em (c) recorte da atividade 1 com a SD.



(a)

(b)

(c)

Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

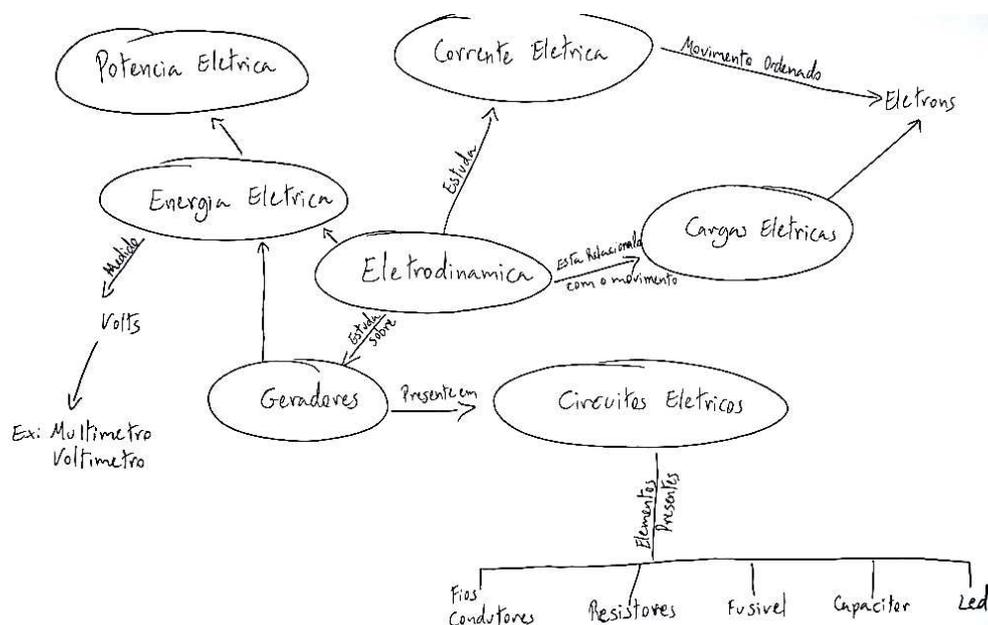
Reconhece-se que tanto as atividades utilizando as SC com PhET-colorado como as atividades experimentais realizadas com a SD contribuíram no processo de ensino aprendizagem, uma vez que os estudantes fizeram inferências em seus mapas na organização do conhecimento das atividades desenvolvidas em sala de aula.

Assim, identifica-se a importância do uso dos MC tanto para a avaliação do processo de ensino e de aprendizagem como para propiciar aos estudantes momentos para observarem a reorganização dos conceitos tratados ao longo das intervenções em sua estrutura cognitiva. Moreira (2012 p. 6) sustenta que: “Elementos existentes na estrutura cognitiva com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação são percebidos como relacionados, adquirem novos significados e levam a uma reorganização da estrutura cognitiva.” Esse tipo de

relação significativa é referido como reconciliação integrativa e é contemplada nos MC elaborados e defendidos pelos estudantes.

Destacamos, também o mapa conceitual construído pelo grupo de estudantes 172321VM, 172669VM e 173526VM, Figura 46, que foi avaliado como parcialmente satisfatório dentro dos descritores atribuídos. O grupo, por sua vez, manteve as palavras-chaves elencadas pelo professor-pesquisador e não acrescentou nenhuma preposição da mesma. Além disso atribuíram poucos conceitos ao MC, elencando apenas os que surgiram durante as aulas como por exemplo: resistores, LED e fios condutores. Entretanto, o grupo apresentou alguns elementos como fusível e capacitor que não foram trabalhados nos experimentos, mas foi dado como exemplo durante as aulas e explicações, quando solicitados pelos estudantes na intervenção didática. Acredita-se que a ação descrita abaixo demonstre a importância das atividades práticas na construção do conhecimento pois o grupo aproveitou e trouxe exemplos válidos, nos quais um deles nos chamou mais atenção, exemplificando o instrumento utilizado para realizar as medidas de tensão elétrica como foi utilizado nas atividades com o PhET-colorado e as SD. As proposições foram consideradas insatisfatórias porque alguns não se apresentaram tão claros e coerentes com os conceitos elencados pelo grupo, contudo, não houve erros no conteúdo relacionados, sendo neste ponto parcialmente satisfatório. Já a hierarquia foi considerada parcialmente satisfatória por conta de algumas ligações inadequadas, por se tratar de um mapa com estrutura simples e sem ligações cruzadas, como se observa na Figura 45. De acordo com Novak e Cañas (2010), as linhas devem estar rotuladas com palavras de ligação que definem a relação entre os dois ou mais conceitos. Ao ligar de modo hierárquico um grande número de ideias relacionadas, pode-se ver a estrutura de significados de um determinado domínio de assuntos.

Figura 45 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172321VM, 172669VM e 173526VM



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Percebe-se que, dada à complexidade do conteúdo e da própria atividade de elaboração dos mapas conceituais, os estudantes apresentaram algumas dificuldades em representar com clareza o conhecimento construído, constatando-se que as proposições entre conceitos realmente é uma tarefa complexa (NOVAK; CAÑAS, 2010), sobretudo, quando se leva em consideração as dificuldades que os estudantes possuem na escrita.

Todos os mapas finais apresentaram os conceitos que julgamos fundamentais sobre o tema, apresentando, também, em cada mapa, alterações nos conectores e a devida utilização de retas e setas, o que auxiliou na organização da relação entre os conceitos.

Para finalizarmos as análises, avaliamos como insatisfatório dois mapas conceituais construído pelos grupos de estudantes, conforme apresentado no Quadro 11.

Quadro 12 – Mapas conceituais avaliados como insatisfatório

ANALISE DOS MAPAS CONCEITUAIS							
Estudantes	Cor do grupo	Conceito principal	Proposições	Ligações e exemplos	Hierarquia	Conteúdo	Descritor
172064	VM	P	I	I	P	P	Insatisfatório
173247	VM						
172098	VM						

172087	VM	P	I	I	P	S	Insatisfatório
172084	VM						
172067	VM						
Total de MC:							02
S = Satisfatório		P = Parcialmente		I = Insatisfatório			

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIO, A PARTIR DE DADOS DA PESQUISA

Destacamos, de forma mais expressiva, o mapa conceitual do grupo 172064VM, 173247VM e 172098VM por não apresentarem os critérios mínimos elencados e avaliados.

O grupo não manteve as palavras-chaves apresentadas pelo professor-pesquisador e acrescentou apenas uma preposição. Os estudantes não fizeram ligações transversais – conforme se apresentou no exemplo realizado com toda a turma no início da formação, tão pouco trouxeram exemplos significativos. Apenas comentaram sobre o LED e fios condutores, elementos estes que foram trabalhados nas atividades experimentais durante a intervenção pedagógica. O grupo trouxe a palavra-chave “resistores”, porém apenas mencionaram a associações dos resistores, como é perceptível na Figura 46, expressando que esse conceito estava posto no seu cognitivo de forma arbitrária e literal. Este grupo apresentou elementos que denotaram ganhos sem muito significado para a pesquisa, pois já haviam estudado sobre o tema resistores nas aulas e não conseguiram relatar quase nada sobre os conceitos, dando o indicativo que apenas memorizaram. Durante a apresentação do MC, os próprios estudantes do grupo relataram essa vivência durante a construção do mapa conceitual. Por outro lado, as proposições foram consideradas insatisfatórias porque não se apresentaram tão claros e coerentes, contudo, não houve erros no conteúdo, sendo neste ponto parcialmente satisfatório. Já a hierarquia dos conceitos descritos no MC foi considerada parcialmente satisfatória por conta de algumas ligações frágeis por se tratar de um mapa com poucas e simples estruturas e, principalmente, sem ligações cruzadas, fatores importantes em um MC segundo (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Figura 46 – Mapa conceitual produzido pelos estudantes 172064VM, 173247VM e 172098VM



Fonte: ACERVO DO PRÓPRIO AUTOR

Durante a execução da atividade observou-se que os estudantes tiveram dificuldades tanto na execução da estrutura inicial do mapa, como na definição dos conceitos e nas suas ligação ou conexões. Em alguns momentos os estudantes solicitavam que o professor-pesquisador os ajudasse dando orientação sobre os conceitos, ligações, conexões, estrutura, sendo-lhes explicado que deveriam fazer esta discussão no grupo, e que deveriam chegar a um modelo que representasse o que estava em suas mentes.

De modo geral os MC foram instrumentos importantíssimos para avaliação, visto que foi possível analisarmos a estrutura organizacional dos conceitos estabelecidos pelos estudantes. Conhecer o que o estudante já sabe sobre determinado conteúdo é muito importante no processo de ensino aprendizagem, pois, como afirma Moreira (2011), a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre o conhecimento prévios e os novos conhecimentos. Os mapas permitiram analisar como os estudantes hierarquizam e organizam os principais conceitos em sua estrutura cognitiva, facilitando a percepção sobre as relações estabelecidas entre conceitos adquiridos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção de metodologias de ensino que utilizem os recursos tecnológicos para dentro da sala de aula é um trabalho árduo que necessita de muito planejamento, disposição e acima de tudo, coragem do professor.

Muito embora exista um grande receio na utilização de ferramentas tecnológicas nas aulas, percebo o quanto é importante que o professor da turma se predisponha a trabalhar neste viés metodológico, pois os estudantes da educação básica anseiam por propostas audaciosas, mais motivadoras e eficientes ao processo de ensino.

Desta forma acreditamos que esta pesquisa contribuirá na busca de uma melhor prática docente em refletir de forma crítica o uso dos recursos das tecnologias, e um pensar sobre se estes recursos poderão apoiar o trabalho do professor de Física.

A presente dissertação teve como objetivo principal investigar os aspectos conceituais relacionados ao tema de Eletrodinâmica dos estudantes do ensino médio através de atividades experimentais e virtuais por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

Disponibilizamos essa UEPS com inserção de SC utilizando o repositório PhET-colorado para que sejam utilizadas como uma ferramenta facilitadora, a qual estimule a aprendizagem significativa através uma atividade coletiva que incentiva a pesquisa, o protagonismo e, principalmente, a socialização de significados.

É importante elucidar que o produto educacional construído para ser potencialmente significativo, deve ser aplicado em todas as etapas, desde os organizadores prévios, questionário inicial e vídeos, as atividades com o simulador virtual e experimentais com as suas respectivas SD, até a avaliação final com os mapas conceituais, possibilitando assim, ao público alvo, adquirir e construir os aspectos conceituais inerentes à temática em discussão.

Contudo, para que a UEPS apresentada atinja seus objetivos, necessita do total empenho do professor no seu planejamento de aula, bem como no acompanhamento e na orientação das atividades. Dessa forma, a proposta, apesar de não infalível, possui grandes possibilidades de alcançar seu propósito, promovendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa e conseqüentemente a aprendizagem significativa.

Ressaltamos que cada ambiente de ensino possui suas especificidades e assim sendo, a proposta poder sofrer adaptações para se adequar ao público alvo, para isso, mais uma vez cabe ao professor a capacidade de transformar sua metodologia à sua realidade educacional.

Durante a aplicação da proposta de ensino houve uma reorganização pedagógica que possibilitou seu desenvolvimento desde a execução e posterior análise dos resultados obtidos nas amostras coletadas, com ênfase na diferenciação progressiva e na reconciliação integradora com o objetivo específico de consolidar de forma efetiva os conceitos relativos à Eletrodinâmica discutidos progressivamente com os estudantes.

A ordem que as atividades seguiram foram de extrema relevância, pois possibilitou aos estudantes descreverem com êxito as relações entre os conteúdos conceituais envolvidos no contexto da sequência. Para que este êxito fosse alcançado, iniciamos com as simulações virtuais e em seguida, partimos para as atividades experimentais.

Os estudantes realizaram observações, relacionaram situações e conheceram as características microscópica de forma progressiva, objetivando um entendimento mais profundo, desde o comportamento dos portadores de cargas livres até a natureza da matéria. Em seguida, passamos por momento no qual ocorreu o entendimento de forma macro do funcionamento dos circuitos elétricos e dos conceitos inerentes de cada componente.

Percebemos que os resultados obtidos com a aplicação da UEPS composta com as simulações virtuais e os *kits* de componentes eletrônicos seguidos de suas respectivas SD, contribuíram para melhorar o desempenho dos estudantes em relação aos conceitos discutidos sobre o tema. Além disso evidenciamos, com as discussões, que os objetivos da proposta de ensino sobre Eletrodinâmica foram atingidos, havendo indícios de aprendizagem significativa Ausubel, Novak e Hanesian (1980), e de que esta aprendizagem contribuiu de forma efetiva para a construção de novos conhecimentos, pois no decorrer das atividades promovemos um ensino de conceitos de eletricidade mais dinâmico e significativo, oportunizando aos estudantes seguirem trilhas metodológicas que aprimorassem a sua predisposição em estudar os conceitos físicos discutidos sobre a temática.

Notamos, ao longo das intervenções, a necessidade de uma rigorosa investigação acerca dos recursos advindos das tecnologias e, principalmente, em que momento didático essa ferramenta metodológica deve ser inserida na *práxis* do professor em sua sala de aula. O professor deve tomar cuidado a ponto de observar e dialogar com sua turma com o intento de adequar seu planejamento às necessidades do uso de TDIC conforme os conceitos de Física avançam em seu plano de ensino.

Ressaltamos ainda que, a inclusão de atividades de simulação como o repositório PhET-colorado, tornaram as aulas mais dinâmicas e aproximou ainda mais a Física às novas tecnologias a qual os estudantes estão vivenciando atualmente. Fato esse que dialoga com

autores da área que afirmam que a inserção de novas tecnologias contribuirá bastante na exploração pelo estudante das inúmeras conexões entre os conhecimentos científicos básicos, os fenômenos naturais e as aplicações tecnológicas.

Neste trabalho, a proposta de ensino e aprendizagem do conceito de Eletrodinâmica diante do contexto de integração entre a Aprendizagem Significativa de Ausubel e o recurso de SC utilizou-se dos conceitos ausubelianos de subsunçores, mostrando-se adequado para a conquista de uma aprendizagem significativa por parte dos estudantes, uma vez que os conhecimentos prévios sobre o mundo passaram a interagir com novos conhecimentos no momento em que esses estudantes foram colocados diante de problemas reais, nos quais passaram a ter novas experiências através da manipulação das atividades experimentais com os *Kits* de componentes eletrônicos no momento de responderem as perguntas contidas nas SD e da interpretação dos fenômenos observados nas SC.

Portando, a proposta sugerida aos professores de Física deve ter como auxílio a utilização dos princípios programáticos de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora, além do recurso das simulações computacionais, para que o aprendiz possa ser o agente ativo dessa integração, bem como desenvolver uma aprendizagem do tema com significado.

A utilização dos mapas conceituais como instrumento de avaliação foi de suma importância, pois os estudantes conseguiram expressar seus avanços e dificuldades sem a preocupação de acertarem ou errarem já que não existe um mapa “correto”. O importante é o significado que os estudantes atribuem aos conceitos e às relações significativas entre eles. Os mapas construídos pelos grupos de estudantes com os principais conceitos trabalhados durante a UEPS mostraram indícios de aprendizagem com significado por parte dos estudantes, visto que grande parte deles conseguiram relacionar e expressar esses conceitos obedecendo uma hierarquia atribuindo significados entre si, além de apresentar conceitos mais elaborados e exemplos que retratavam os instrumentos utilizados nas atividades práticas.

O envolvimento dos estudantes, sua atenção e participação ativa nas situações de aprendizagem propostas, utilizando uma metodologia diversificada com ênfase nos aspectos conceituais, nas discussões mediadas pelo professor e na construção de circuitos experimentais e virtuais, mostram que a UEPS apresentada foi assertiva em seus objetivos. Ainda, foi possível constatar que os conceitos formados pelos estudantes se aproximaram dos resultados esperados, atingindo um nível de formalidade que está em total acordo com a linguagem requerida pelo conhecimento científico.

Espera-se que o produto educacional resultante desta pesquisa torne-se uma ferramenta que auxilie os professores na construção conhecimento científico com suas turmas, trazendo elementos inovadores para o ensino de Eletrodinâmica, pois pensa-se que o uso de uma UEPS, a qual é baseada na Aprendizagem Significativa, constitui-se em uma sugestão com potencial para provocar uma possível mudança na situação da sala de aula desde que o professor e o estudantes esteja disposto a isto.

Deixamos aqui, ao professor que aplicará esta UEPS em sua turma, o relato de que a inversão na ordem das intervenções (experimentação ↔ simulação) não acarretará prejuízos em suas atividades uma vez que essa ordem metodológica é apoiada por vários autores da área.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. C.; SOUZA, A. R.; URENDA, P. A. “**Mapas Conceituais: Avaliando a compreensão dos alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico**”. *In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 2004. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/orais/ORAL095.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2022.
- ALVES, V. C.; STACHAK, M. **A importância de aulas experimentais no processo de ensino-aprendizagem em física: eletricidade**. *In: XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA*. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/listatrabcompleta.html>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- ANDRADE, M. E. **Simulação e modelagem computacional com o software Modellus: aplicações práticas para o ensino de física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v.11 n. 1, p. 27–31, 2010. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol11-Num1/a081.pdf>. Acesso em 20 fev. 2022.
- ARAÚJO, E.; NASCIMENTO, J. L.; SILVA, J.; ANDRADE, C. O uso de simuladores virtuais educacionais e as possibilidades do PhET para a aprendizagem de Física no Ensino Fundamental. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 3, p. 1-25, 23 maio 2021. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2875>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. Edições 70. Rio de Janeiro, 2001.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 4. ed. Lisboa: Edições 70, 2010.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciências(s): mistos, tendências e distorções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20. N.3 p. 579-593, 2014.
- BERALDO, A. L. S.; OLIVEIRA, T. L.; STRINGHINI, D. Laboratórios remotos e virtuais no Brasil com foco no ensino: Uma revisão sistemática da literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**. V. 19 Nº 1, julho, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.118493>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- BRANDÃO, C. R. (1998). Participar-pesquisar. *In: BRANDÃO, C. R. (Org.). Repensando a pesquisa participante*. 3 ed. São Paulo.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 02 mai. 2021.

CARVALHO, A. M. P. de (Org.); NASCIMENTO, V. B. do; CAPECCHI, M. C. de M.; VANNUCHI, A. I. ; CASTRO, R. S. de; PIETROCOLA, M.; VIANNA, D. M. ; ARAÚJO, R. S. **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

COELHO, R. O. **O Uso da Informática no Ensino de Física de Nível Médio.** 2002. 104f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio grande do Sul, 2002.

DANTAS, C. S. GERMANO, M. G. MOITA, F. M. G. S. C. LUNA, E. M. Ensinar e aprender Física com apoio de recursos digitais: enfoque na aprendizagem significativa. **Informática na Educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, jan/jun. 2014. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/InfEducTeoriaPratica/article/view/38473>. Acesso em: 12 julho. 2021.

DORNELES, P. F. T. **Integração entre Atividades Computacionais e Experimentais como Recurso Instrucional no Ensino de Eletromagnetismo em Física Geral.** 2010. 367 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

DORNELES, P. F. T. **Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus.** 142 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de Pesquisa.** Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e SEAD/UFRGS. Porto Alegre. Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6ª ed. São Paulo: Atlas 2008.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1991.

GRECA, I. M., MOREIRA, M. A. (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora. **Investigações em ensino de ciências**, v. 7, n. 1, p. 31-53. v. 7, n. 1, p. 31–53, 2016. Disponível em: <http://143.54.40.221/index.php/ienci/article/view/568>. Acesso em: 12 ago. 2022.

GREIS, L. K.; REATEGUI, E; MARQUES, T. B. I. Um simulador de fenômenos físicos para mundos virtuais. **RELATEC - Revista Latinoamericana de Tecnologia Educativa**, v. 10, n. 1, p. 51-62, 2011.

GUAITA, R. I.; GONÇALVES, F. P. **A experimentação na educação à distância: reflexões para a formação de professores de ciências da natureza.** In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DO ENSINO SUPERIOR À DISTÂNCIA. Florianópolis, 2014 p. 1461-1475. Disponível em: <http://esud2014.nute.ufsc.br/anais-esud2014/files/pdf/126789.pdf>. Acessado em: 20, set. 2021.

KARAM, R.; PIETROCOLA, M. **Discussão das relações entre matemática e física no ensino de Relatividade Restrita: Um estudo de caso.** In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1529.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

LAPA, J. M. **Laboratórios Virtuais no Ensino de Física: novas veredas didático-pedagógicas.** 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador, Bahia, 2009.

LARA, S. M.; MARTINS, P. L. O. **Processo de ensino e aprendizagem escolar: uma análise da prática docente sob o olhar dos educandos.** Comunicação. In: ANAIS DO XIV CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR, Curitiba, Paraná. 2017.

MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G. ANDRADE, I. S. F. Simulações computacionais como ferramentas auxiliares ao ensino de conceitos básicos de eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 562-613, 2012.

MACHADO, A. N. **Do concreto ao abstrato: Construindo conceitos basilares em Física.** 2017. 128f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica.** Atlas. 6^a. ed. 2011.

MATOS, N. S., **Instrumentos e Componentes Eletro-eletrônicos nas aulas de Física no Ensino Médio.** Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Licenciatura em Física). Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2007.

MEDEIROS, A. MEDEIROS, C. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** São Paulo v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MONTEIRO, M. A.; MONTEIRO, I. C. CASTRO de; GERMANO, J. S. E.; JUNIOR, F. S. **Experimento controlado remotamente para o estudo da cinemática.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XX, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo, 2013. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T1042-1.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

MORAI, C.; PAIA, J. Simulação digital actividades experimentais em Fisico-Química. Estudo piloso sobre o impacto de recursos “Ponto de fusão e ponto de ebulição”, no 7^o ano de escolaridade. *Sisifo*. **Revista de Ciência da Educação**, p. 1011-12, 2007.

MASINI, E. A.S; MOREIRA, M. A. (2008). **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos.** São Paulo: Vetor Editora. 2008.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel.** São Paulo: Centauro Editora. 2^a edição, 2006.

- MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2012.
- MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, vol. 1, n. 2, p. 43-63, 2011a.
- MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**. V. 1(2). p. 43-63. 2011b.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica**, Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2005.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora UnB, 1999.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- NIEVES, F. T. **Simulador computarizado para promover el aprendizaje significativo de las leyes que rigen el comportamiento de los gases ideales**. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL VIRTUAL EDUCA, 14, 2013, Medellín. Anais... Medellín, 2013. Disponível em:
<https://repositorial.cuaieed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/4543?show=full>.
Acessado em: 15 jul. 2021.
- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. Práxis Educativa, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan./jun. 2010. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/894/89413516002/>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- NOVAK, J. D., GOWIN. D. B. **Aprender a aprender**. Tradução: Carla Valadares. 2.ed. Lisboa: Editora Plátanos, 1999.
- NOVAK, J. D.; MUSONDA, D. A twelve-year longitudinal study of science concept learning. **American Educational Research Journal**, v. 28, n. 1, p. 117-153, 1991.
- PELLENZ, D. ; GIOVANNINI, O. Unidade de ensino potencialmente significativa para as fases da Lua. In: III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, 2014, Curitiba, PR. Caderno de Resumos. São Paulo, SP: SAB, 2014. v. 1.
- RIPOSATI, A.; SANTOS, M.; STUDART, N. Objeto de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do Phet. **Física na Escola**, São Paulo/SP, v. 11, n. 1, 2010.
- RODRIGUES, E. V.; LAVINO, D. Modelagem no ensino de Física via produção de stop motion, com o computador Raspberry Pi. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 42, 1-10, 2020.

SANTOS, J. C. F. **Aprendizagem Significativa**: Modalidades de aprendizagem e o papel do professor. Porto Alegre: Editora Mediação. 2008.

SCHNEIDER, W. P. **Uma Sequência Didática Para Cinemática Escalar, Usando Experimento E Simulação Computacional**. 2017. 91f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica, 2017.

SCHWEDER, S. **Uso de simuladores em atividades de laboratório de Física Moderna**: Análise de sua contribuição para o ensino e aprendizagem na modalidade de Educação à Distância. 2015. 138 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SILVA, G. M. **Simuladores em aulas de Física**: Quando utilizar? *In*: Congresso Internacional de Educação E Tecnologias | Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância, São Carlos, ago. 2020. Anais do CIET: EnPED: 2020. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1405>. Acesso em: 02 mar. 2022.

SILVA, I. P.; MERCADO, L. P. L. Revisão sistemática de literatura acerca da Experimentação virtual no ensino de Física. **Ensino & Pesquisa**, [S.l.], jan. 2019. ISSN 2359-4381. Disponível em: <<http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/view/2381>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

SILVA, M. **Eletrodinâmica no ensino médio**: uma sequência didática apoiados as tecnologias e na experimentação. 2016. 77f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade de Passo Fundo, 2016.

SIMÕES JUNIOR, F. J. R., COSTA JR, E., ALVES, M.V., CARDOSO, F.R. Física de plasma espacial utilizando simulação computacional de partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 2011. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000100010>>. Acesso em fev, 2022.

SOARES, A. A.; CARMO, R. Um simulador virtual para o ensino do Movimento Harmônico Simples desenvolvido utilizando o GeoGebra. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 3, 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/4526>. Acesso em: 02 mar. 2022.

SOUZA, P. R. **Aprendizagem significativa e alinhamento construtivo**: uma proposta para o ensino de circuitos elétricos, 2016. 157f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, 2016.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciênc. cogn.**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 72-85, nov. 2007. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212007000300008&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 23 jun. 2022.

TRIPODI, T; FELLIN, P; MEYER, H. J. **Análise da pesquisa social**: Diretrizes para o uso de pesquisa em serviço social e ciências sociais. 2. Ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1975.

VERAS, R. S. **Simulações digitais com uso do PHET para o ensino e aprendizagem de força e movimento**. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Física) - Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, 2018.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) E TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Através deste termo, seu/sua filho(a) está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa intitulada: “**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE ELETRODINÂMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**”, em virtude dele(a) ser aluno(a) da turma do 3º ano do ensino Médio, do INSTITUTO FEDERAL DO NORTE DE MINAS (IFNMG) CÂMPUS SALINAS. A pesquisa é coordenada pelo pesquisador estudante de mestrado Edivaldo Lima Máximo sob a orientação do Prof. Dr. Luciano Soares Pedroso.

A participação do(a) seu/sua filho(a) não é obrigatória sendo que, a qualquer momento da pesquisa, ele(a) poderá desistir e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo para sua relação com o pesquisador, com a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM ou com Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - IFNMG.

O objetivo desta pesquisa É INVESTIGAR AS PERCEPÇÕES E HABILIDADES DOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E VIRTUAIS POR MEIO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS).

A pesquisa será realizada de forma presencial, utilizando das ferramentas de ensino remoto, *Google forms* e o site *PhET* - Tecnologia no Ensino de Física da Universidade do Colorado - USA e disponíveis gratuitamente *on-line* e/ou *off-line*.

Caso você permita que seu/sua filho(a) participe da pesquisa, a participação dele(a) consistirá em responder a dois questionários on-line pelo *Google forms*, realizar atividades de simulações on-line utilizando *PhET* e realizar atividade experimental apoiados por sequência didática disponibilizado gratuitamente. A coleta dos dados durante a pesquisa ocorrerá durante as aulas de Física. A disponibilização para as atividades será dividido em 3 etapas: 1) Aplicação do primeiro questionário (pré-teste) com o objetivo de investigar as percepções, habilidades e concepções antes de iniciar aplicação da UEPS de cada estudante (tempo estimado de 40 minutos); 2) Neste segunda etapa serão realizadas as simulações computacionais utilizando o software *PhET* - Tecnologia no Ensino de Física da Universidade do Colorado - USA e disponíveis gratuitamente na forma *on-line* ou *off-line* seguidas de roteiro disponibilizado via *Google forms* (tempo estimado de 100 minutos); 3) Na terceira e última etapa será aplicado as atividades experimentais com os kits contendo os componentes eletrônicos, orientadas pela Sequência Didática – SD (tempo estimado de 100 minutos) e, ao final será aplicado um novo questionário (pós-teste), via ferramenta *Google forms*, com o objetivo de coletar informações sobre a intervenção realizada e avaliar os estudantes, verificando as concepções adquiridas com a aplicação da UEPS (40 minutos).

O tempo total previsto para a sua participação é de aproximadamente 280 minutos com um período total previsto para a sua participação na pesquisa é de aproximadamente 2 (dois) meses.

Os riscos relacionados com sua participação poderão estar relacionados ao desconforto ou constrangimento em responder alguma questão e/ou ao identificar a identidade dos sujeitos participantes, riscos relacionados ao extravio do material coletado e consequente divulgação que possibilitem a sua identificação nas falas serão minimizados pelos seguintes procedimentos: visando resguardar a dignidade da pessoa humana, os participantes não serão identificados, mas poderão se reconhecer em algum dos extratos de falas apresentados. Sendo este um risco, não obstante, de forma alguma haverá algum tipo de identificação. Embora haja poucos participantes na pesquisa, eles serão preservados, sendo mantido sigilo absoluto; Serão utilizados códigos composto por letras e números para nomeá-los de forma a garantir a preservação da identidade dos envolvidos; Como forma de minimizar o risco de desconforto ou constrangimento dos participantes, os estudantes poderão optar por não responder alguma pergunta em que se sintam ofendidos e a qualquer momento da pesquisa o participante poderá recusar sua participação, sem ônus para o participante, o pesquisador ou as instituições envolvidas;

Será esclarecido às/aos participantes que, a qualquer momento, poderão optar pela não participação da pesquisa, sem prejuízo ou impacto na relação com os pesquisadores e professor. Quando da escolha pela não participação, caso algum tipo de material do questionário já tenha sido coletado, este será descartado. Para minimizar o risco de identificação e preservar a confidencialidade das informações, nomes fictícios serão atribuídos no ato da divulgação do conteúdo e relatos que possam remeter diretamente a algum sujeito serão excluídos.

Os benefícios relacionados com a participação de seu/sua filho(a) nesta pesquisa serão reflexões que visam contribuir para aprofundar e enriquecer o seu aprendizado em Física, já que se faz necessária a busca por alternativas para o processo de ensino e aprendizagem em Física.

Os resultados desta pesquisa poderão ser apresentados em seminários, congressos, revistas científicas nacionais e internacionais, entretanto, os dados/informações pessoais obtidos por meio da sua participação serão confidenciais e sigilosos, não possibilitando sua identificação.

Não há remuneração quanto à participação de seu/sua filho(a), bem como a de todas as partes envolvidas. Não está previsto indenização pela participação dos estudantes, mas em qualquer momento se seu filho(a) sofrer algum dano, comprovadamente decorrente desta pesquisa, terá direito à indenização.

Você receberá uma via deste termo que constam o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sobre a participação do seu (sua) filho(a) agora ou em qualquer momento.

Pesquisador: Edivaldo Lima Máximo

E-mail: edivaldo.maximo@ufvjm.edu.br

Telefone: (38) 99127-8484

Caso você concorde que seu/sua filho(a) participe da pesquisa pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor(a).

Nome do participante da pesquisa: _____

Assinatura do responsável legal: _____

Informações – Comitê de Ética em Pesquisa da UFVJM
Rodovia MGT 367 - Km 583 - nº 5000 - Alto da Jacuba
Diamantina/MG CEP39100-000
Tel.: (38)3532-1240
Coordenador: Prof.^a Fábio Luiz Mendonça Martins
Secretária: Leila Adriana Gaudencio Sousa

E-mail: cep.secretaria@ufvjm.edu.br

TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

(12 a 18 anos incompletos)

Você está sendo convidada (o) a participar da pesquisa “**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE ELETRODINÂMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**”, em virtude de ser aluno (a) da turma do 3º ano do ensino Médio, do INSTITUTO FEDERAL DO NORTE DE MINAS (IFNMG) CÂMPUS SALINAS. Seus pais permitiram que você participe. Queremos entender as dificuldades dos estudantes em relacionar os conceitos eletrodinâmica e fazer analogias com os fenômenos físicos com o dia a dia. Os jovens que irão participar dessa pesquisa têm de 14 a 18 anos de idade incompletos.

Você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu, não terá nenhum problema se desistir e nem será reprovado na disciplina de Física.

A pesquisa será realizada de forma presencial, utilizando das ferramentas de ensino remoto, Google forms e o site PhET - Tecnologia no Ensino de Física da Universidade do Colorado - USA e disponíveis gratuitamente on-line e/ou off-line.

Caso você decida aceitar o convite, sua participação consistirá em responder a dois questionários on-line pelo *Google forms*, realizar atividades de simulações *on-line* ou *off-line* utilizando o site *PhET* e realizar atividade experimental apoiados por sequência didática disponibilizado gratuitamente. A coleta dos dados durante a pesquisa ocorrerá durante as aulas de Física. A disponibilização para as atividades será dividido em 3 etapas: 1) Aplicação do primeiro questionário (pré-teste) com o objetivo de investigar as percepções, habilidades e concepções antes de iniciar aplicação da UEPS de cada estudante (tempo estimado de 40 minutos); 2) Neste segunda etapa serão realizadas as simulações computacionais utilizando o software PhET - Tecnologia no Ensino de Física da Universidade do Colorado - USA e disponíveis gratuitamente na forma on-line ou off-line seguidas de roteiro disponibilizado via Google forms (tempo estimado de 100 minutos); 3) Na terceira e última etapa será aplicado as atividades experimentais com os kits contendo os componentes eletrônicos, orientadas pela Sequência Didática – SD (tempo estimado de 100 minutos) e, ao final será aplicado um novo questionário (pós-teste), via ferramenta Google forms, com o objetivo de coletar informações sobre a intervenção realizada e avaliar os estudantes, verificando as concepções adquiridas com a aplicação da UEPS (40 minutos).

O uso destes materiais de coleta de dados é considerado seguro, mas é possível ocorrer extravio, portanto, logo após cada registro de resposta de questionários e submissão de atividades, todo o material será recolhido e guardado em local seguro que será acessado somente pelo pesquisador e seu orientador.

Caso aconteça algo imprevisto, você pode nos procurar pelo telefone (38) 99127-8484, do pesquisador Edivaldo Lima Máximo. Mas há coisas boas que podem acontecer, como a oportunidade de contribuir para o desenvolvimento de melhores práticas de ensino de Física e a oportunidade de avaliar e refletir sobre o ensino de Física, que é desenvolvido pelo IFNMG Campus Salinas.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos fornece. Os resultados desta pesquisa poderão ser apresentados em artigos, dissertação de mestrado, seminários, congressos e

similares, entretanto, os dados/informações pessoais obtidos por meio da sua participação serão confidenciais e sigilosos, não possibilitando sua identificação. Se você tiver alguma dúvida, você pode me perguntar. Eu escrevi os telefones na parte de baixo desse texto.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com você.

Salinas/MG, ____ de _____ de _____.

Assinatura do menor

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Telefone do pesquisador: (38) 99127-8484

E-mail: edivaldo.maximo@ufvjm.edu.br

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO (SONDAGEM INICIAL)

QUESTIONÁRIO



Prezados(as) estudantes:

Este questionário tem o objetivo investigar as percepções e habilidades dos estudantes do ensino médio através de atividades experimentais e virtuais por meio de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS). O questionário é composto por um conjunto de questões sobre os conteúdos de Eletrodinâmica (tensão, corrente, resistência, potência elétrica em um circuito) que são desenvolvidas nas aulas de Física. Sua participação é voluntária e sigilosa. O seu nome não será divulgado e os dados levantados nesse questionário serão mantidos em sigilo. Neste sentido, pedimos que sejam bem sinceros(as) com as respostas para que possamos entender o ensino de Ciências. Agradecemos sua atenção e colaboração.

IDENTIFICAÇÃO

Curso *

- Informática
- Agroindústria

Turma *

- Turma A
- Turma B

Número de identificação da chamada

Sua resposta

Grupo *

- Amarelo (AM)
- Vermelho (VE)
- Verde (VD)

QUESTIONÁRIO

Questão 1

Marque quais dos objetos relacionados abaixo são necessários para acender uma lâmpada. *

- Fio condutor
- Tomada
- Resistência elétrica
- Interruptor
- Lâmpada
- Capacitor
- Diodo
- Pilha
- Bateria

O que motivou a sua resposta?

Sua resposta

QUESTIONÁRIO**Questão 2:**

Você saberia explicar como funciona um circuito elétrico? *

Sua resposta

O que motivou a sua resposta?

Sua resposta

QUESTIONÁRIO**Questão 3:**

Qual a função da pilha ou bateria no circuito elétrico? *

Sua resposta

QUESTIONÁRIO**Questão 4:**

Como você explicaria o uso de uma bateria ou pilha para fazer uma lâmpada brilhar? *

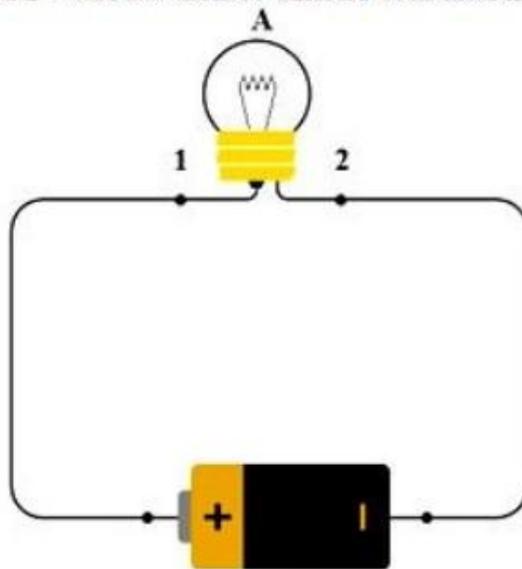
Sua resposta

QUESTIONÁRIO

Questão 5: Observe o circuito abaixo.

a) Explique o motivo da lâmpada acender no circuito elétrico representado na imagem *

Figura 2 – Circuito elétrico simples com uma lâmpada



Fonte: Próprio autor.

Sua resposta

b) A corrente elétrica em (1) é maior, menor ou igual à corrente elétrica em (2) *

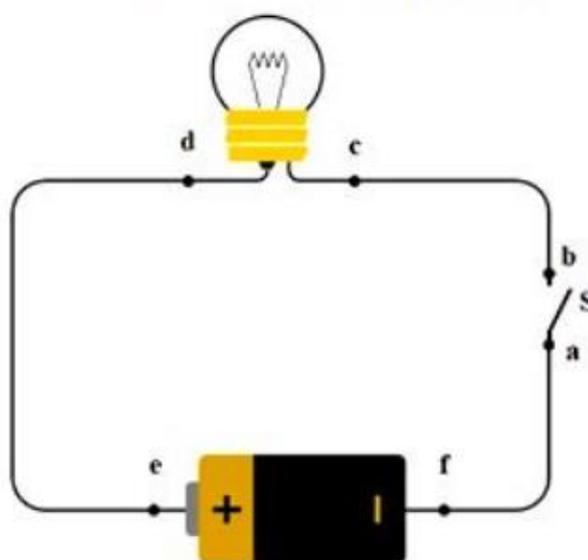
- Corrente elétrica em (1) é maior que à corrente elétrica em (2)
- Corrente elétrica em (1) é menor que à corrente elétrica que em (2)
- Corrente elétrica em (1) é igual à corrente elétrica que em (2)

QUESTIONÁRIO

Questão 6: No circuito da Figura 3, a chave interruptora está inicialmente aberta - observe isso com atenção.

a) Marque qual alternativa indica a existência de diferença de potencial (DDP): *

Figura 3 – Circuito elétrico simples com lâmpada e chave interruptora



Fonte: Próprio autor.

- Entre os pontos (a) e (b)
- Entre os pontos (c) e (d)
- Entre os pontos (e) e (f)
- Entre os pontos (b) e (c)
- Entre os pontos (d) e (e)
- Entre os pontos (a) e (f)

b) Se fecharmos a chave, existe diferença de potencial: *

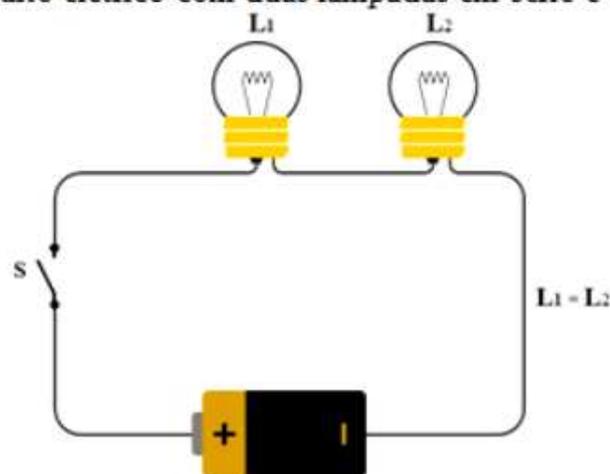
- Entre os pontos (a) e (b)
- Entre os pontos (c) e (d)
- Entre os pontos (e) e (f)
- Entre os pontos (b) e (c)
- Entre os pontos (d) e (e)
- Entre os pontos (a) e (f)

QUESTIONÁRIO

Questão 7: Observe o circuito apresentado (Figura 4). Nele temos duas lâmpadas idênticas L1 e L2. Ao fecharmos o interruptor (S):

a) Qual lâmpada irá brilhar primeiro? *

Figura 4 – Circuito elétrico com duas lâmpadas em série e chave interruptora



Fonte: Próprio autor.

- L1
- L2
- L1 e L2 (igual)

b) Qual das lâmpadas brilhará mais? *

- L1
- L2
- L1 e L2 (igual)

c) Se L1 tiver maior resistência que L2, qual brilhará mais? *

- L1
- L2
- L1 e L2 (igual)

d) O que motivou sua resposta nas perguntas anteriores?

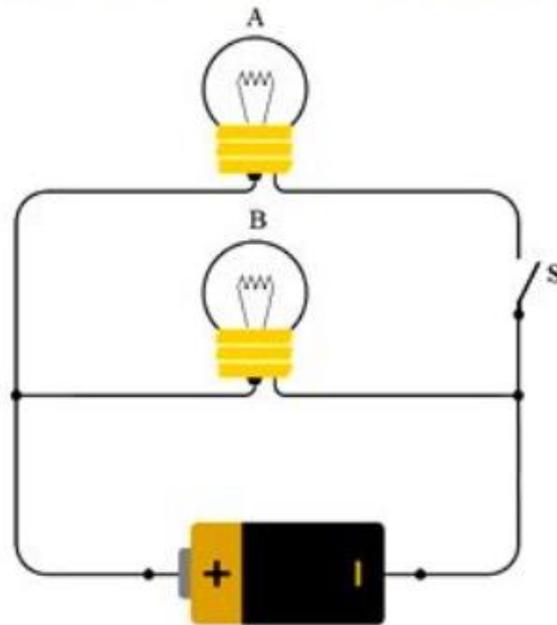
Sua resposta

QUESTIONÁRIO

Questão 8: No circuito a seguir, a chave interruptora (S) está inicialmente aberta. Nele temos duas lâmpadas A e B idênticas (em Potência).

a) Se o interruptor (S) estiver aberto, qual das lâmpadas irá brilhar? *

Figura 5 – Duas lâmpadas em paralelo com chave interruptora



Fonte: Próprio autor.

- A
- B
- A e B
- Nenhuma

b) Ao fecharmos a chave interruptora (S), como será o brilho das lâmpadas? *

- L1 maior L2
- L2 maior L1
- L1 igual L2

c) Se a lâmpada (L1) for menor (em potência) que a lâmpada (L2), como será o brilho das lâmpadas? *

- L1 maior L2
- L2 maior L1
- L1 igual L2

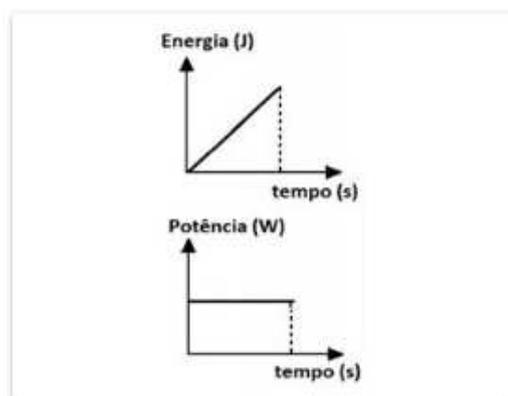
d) O que motivou sua resposta na pergunta anterior?

Sua resposta

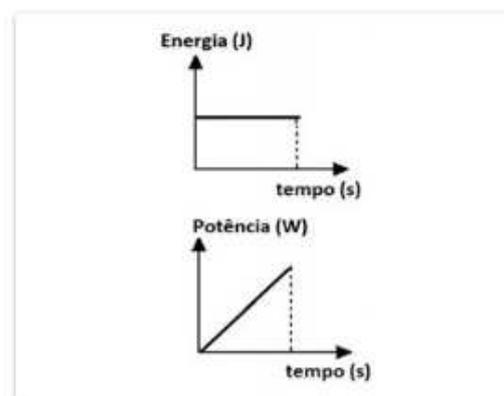
QUESTIONÁRIO

Questão 9:

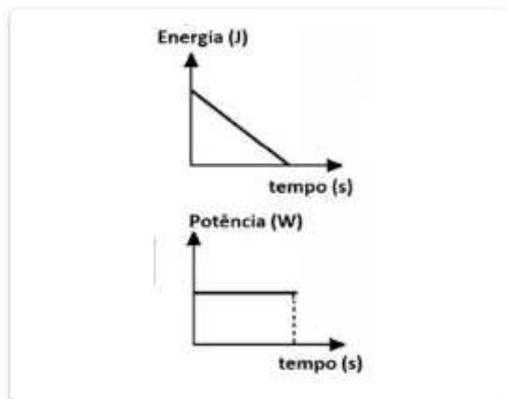
Uma lâmpada de 60 W de potência fica ligada a uma rede elétrica durante 10 horas. Qual gráfico (energia x tempo e potência x tempo) representa a potência elétrica e a energia elétrica neste intervalo de tempo? *



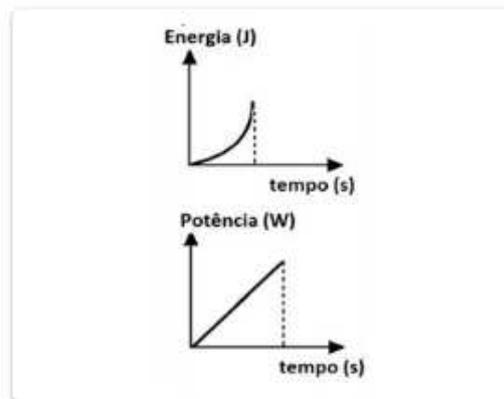
A



B



C



D

O que motivou a sua resposta na pergunta anterior

Sua resposta

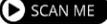
Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE C – ROTEIRO DOS VÍDEOS-TUTORIAIS

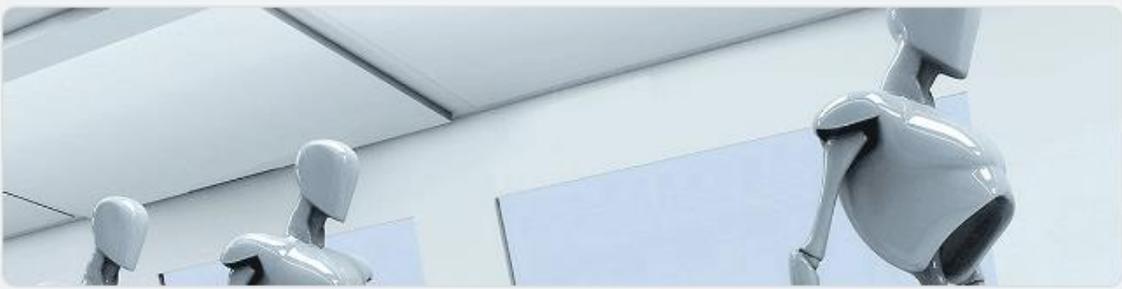
ROTEIRO DOS VÍDEOS TUTORIAIS		
Apresentação do Simulador	Simulador PhET	QR CODE
Conhecendo o Simulador PhET colorado	<p align="center">Vídeo de apresentação.</p> <p align="center">Link: https://youtu.be/maslMTXKxL4</p>	 
Vídeos para a realização das Atividades com os Kits de componentes eletrônicos		
SD1 -	Link – Youtube / Edpuzzle	QR CODE
Como funcionam as baterias e pilhas elétricas?	<p align="center">Video 3 – Multímetro</p> <p align="center">Link: https://edpuzzle.com/media/61733500320e5541743d9059</p>	 

	<p>Vídeo 4 – Como realizar medidas utilizando o Multímetro:</p> <p>Link: https://youtu.be/96z-LtmGvTs</p>	 
	<p>Vídeo 2 – Como realizar a ligação de LED's e resistores</p> <p>Link: https://youtu.be/Mx0BmrzdX7I</p>	 
SD3 - 1º Lei de Ohm	Link – Youtube / Edpuzzle	QR CODE
O que é necessário para a lanterna do meu smartphone acender?	<p>Vídeo1 – Placa Protoboard.</p> <p>Link: https://youtu.be/S5XIWohrRQE</p>	 
	<p>Vídeo 2 – Como realizar a ligação de LED's e resistores.</p> <p>Link: https://youtu.be/Mx0BmrzdX7I</p>	 
	<p>Vídeo 3 – Multímetro</p> <p>Link: https://edpuzzle.com/media/61733500320e5541743d9059</p>	 
	<p>Vídeo 4 – Como realizar medidas utilizando o Multímetro:</p> <p>Link: https://youtu.be/96z-LtmGvTs</p>	 

SD4 – Circuito com o Fotorresistor controlando o brilho do LED.	Link – Youtube / Edpuzzle	QR CODE
Como as lâmpadas dos postes da CEMIG acendem e apagam sozinhas? Ou como o smartphone desliga a tela quando é aproximado do ouvido?	<p>Vídeo1 – Placa Protoboard.</p> <p>Link: https://youtu.be/S5XIWohrRQE</p>	 
	<p>Vídeo 2 – Como realizar a ligação de LED's e resistores.</p> <p>Link: https://youtu.be/Mx0BmrzdX7I</p>	 
	<p>Vídeo 3 – Multímetro</p> <p>Link: https://edpuzzle.com/media/61733500320e5541743d9059</p>	 
	<p>Vídeo 4 – Como realizar medidas utilizando o Multímetro</p> <p>Link: https://youtu.be/96z-LtmGvTs</p>	 
SD5.1 – Circuito Paralelo	Link – Youtube / Edpuzzle	QR CODE
Ao queimar uma das lâmpadas da sua casa as demais lâmpadas quando acionadas acendem?	<p>Vídeo1 – Placa Protoboard.</p> <p>Link: https://youtu.be/S5XIWohrRQE</p>	 
	<p>Vídeo 2 – Como realizar a ligação de LED's e resistores.</p> <p>Link: https://youtu.be/Mx0BmrzdX7I</p>	 

	<p>Assista ao Vídeo 5 – Medindo a resistência utilizando o Multímetro</p> <p>Link: https://youtu.be/Yu1McHBTATg</p>	 
SD5.2 – Circuito Misto	Link – Youtube / Edpuzzle	QR CODE
Como é a organização do circuito elétrico das residências para que sejam independentes entre si?	<p>Vídeo1 – Placa Protoboard.</p> <p>Link: https://youtu.be/S5XIWohrRQE</p>	 
	<p>Vídeo 2 – Como realizar a ligação de LED's e resistores.</p> <p>Link: https://youtu.be/Mx0BmrzdX7I</p>	 
	<p>Assista ao Vídeo 5 – Medindo a resistência utilizando o Multímetro</p> <p>Link: https://youtu.be/Yu1McHBTATg</p>	 
	<p>Vídeo 4 – Como realizar medidas utilizando o Multímetro:</p> <p>Link: https://youtu.be/96z-LtmGvTs</p>	 

APÊNDICE D – SEQUÊNCIA DIDÁTICA – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PHET



SIMULAÇÕES de ELETRODINÂMICA

 edivaldo.maximo@ufvjm.edu.br (não compartilhado) 

[Alternar conta](#)

*Obrigatório

IDENTIFICAÇÃO

Curso *

Informática

Agroindústria

Turma *

Turma A

Turma B

Número de identificação da chamada

Sua resposta _____

Grupo *

- Amarelo (AM)
- Vermelho (VE)
- Verde (VD)

APRESENTAÇÃO

Antes de iniciar as simulações assista ao vídeo - Conhecendo o simulador PhET Colorado - para ambientar com o simulador.

Link: <https://youtu.be/masIMTXKxL4>

Vídeo - Conhecendo o simulador PhET Colorado



INSTRUÇÕES

Nesta atividade apresentamos o Simulador do Projeto PhET (Physics Educational Technology) disponível no site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/ e, em especial o simulador "kit de construção de circuitos elétricos DC - Lab Virtual", da Universidade de Colorado.

Após acessar o site, escolher "kit de Construção de Circuitos DC - Lab Virtual". O simulador pode ser utilizado tanto de forma online quanto off-line.

Caso queira utilizar off-line, basta clicar em "copiar" em seu computador, assim terá uma cópia do simulador. Ou se preferir abra o simulador pelo link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab.

Abertura do simulador



Kit para Montar Circuito DC - Lab Virtual



ATIVIDADE 1

Circuito Simples, DDp

Monte o circuito conforme imagem 2. Para montar o circuito utilize uma lâmpada, uma bateria e uma pilha. Altere a DDp (tensão) da bateria para 12V e a resistência da Lâmpada para $10,0 \Omega$. Realize a medida da intensidade da corrente elétrica usando o Amperímetro no ponto A e no ponto B. *

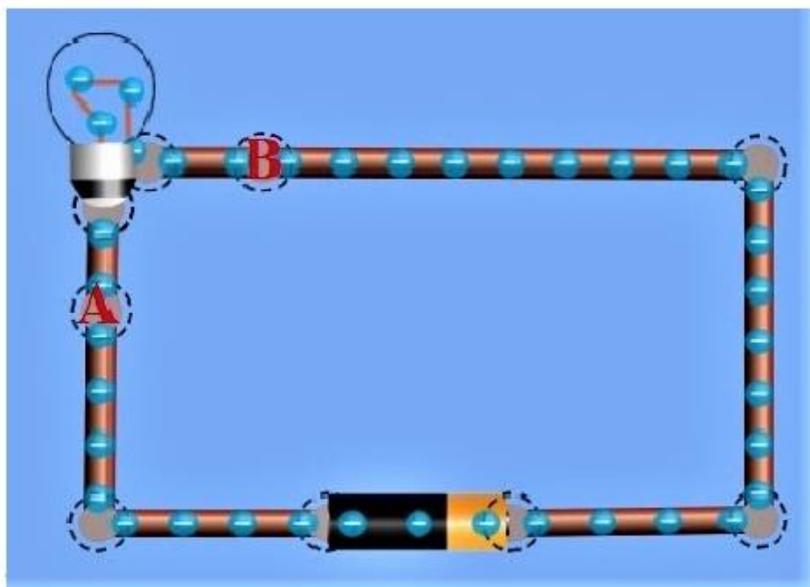


Imagem 2 - Imagem – Kit de Construção de Circuito (DC)
Fonte: Próprio Autor

Sua resposta

1. Monte o circuito conforme imagem 2. Para montar o circuito utilize uma lâmpada, uma bateria e uma pilha. Altere a DDp (tensão) da bateria para 12V e a resistência da Lâmpada para $10,0 \Omega$. Realize a medida da intensidade da corrente elétrica usando o Amperímetro no ponto A e no ponto B. Com base na sua leitura responda: A corrente elétrica em (A) é maior, menor ou igual à corrente elétrica em (B)? *

- A maior que B
- B maior que A
- A igual a B

2. a) Estando a chave interruptora inicialmente aberta, existe diferença de potencial (DDp) entre os pontos? *

Faça alterações como se pede:

- ✓ Insira um interruptor no circuito;
- ✓ Altere a DDP da bateria para 9V e a resistência da bateria para 5Ω .
- ✓ Faça a leitura DDP (Tensão) em cada um dos pontos indicados no circuito utilizando um Voltímetro e responda:

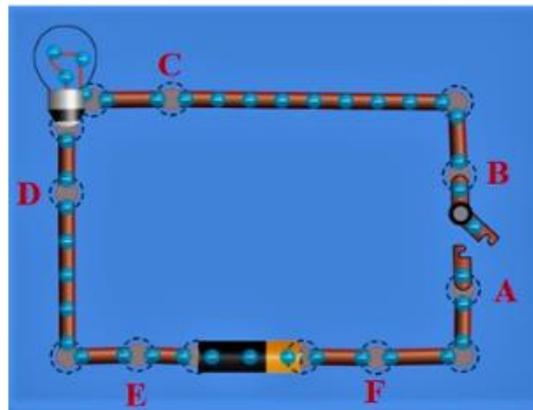


Imagem 3 – Circuito elétrico simples com uma lâmpada.
Fonte: Próprio Autor

Sim, há DDp.

Não, não há DDp.

Entre A e B ?

Entre C e D?

Entre E e F?

Faça alterações como se pede:

- ✓ Insira um interruptor no circuito;
- ✓ Altere a DDP da bateria para 9V e a resistência da lâmpada para 5Ω .
- ✓ Faça a leitura DDP (Tensão) em cada um dos pontos indicados no circuito utilizando um Voltímetro e responda:

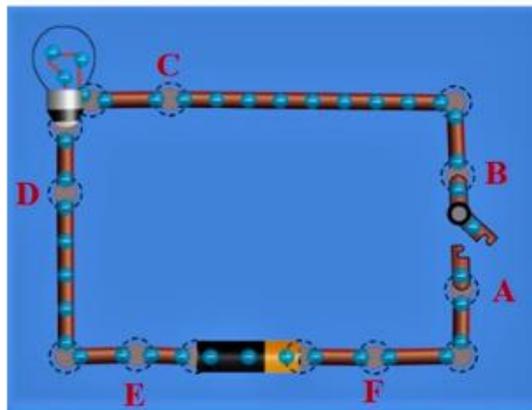


Imagem 3 – Circuito elétrico simples com uma lâmpada.
Fonte: Próprio Autor

b) Se fecharmos a chave, existe diferença de potencial (DDp): *

Sim, há DDp.

Não, não há DDp.

Entre A e B ?

Entre C e D?

Entre E e F?

ATIVIDADE 2

Corrente Elétrica, Potencia Elétrica

Monte o circuito conforme imagem 4.

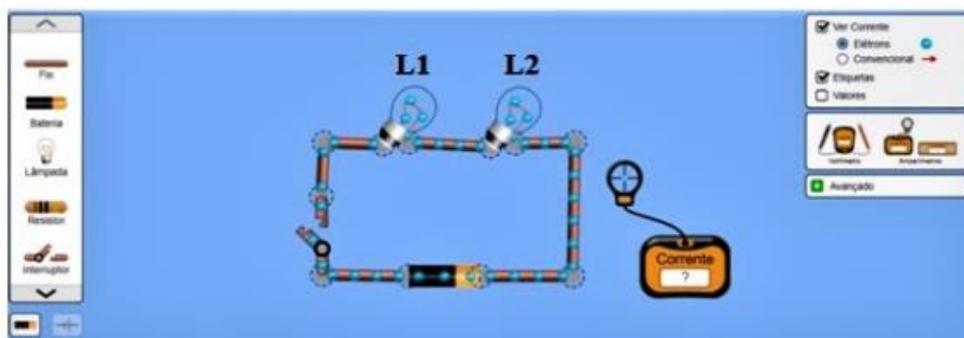


Imagem 4 - Circuito de duas lâmpadas em série, com o circuito aberto.

Fonte: Próprio Autor

- ✓ Altere a DDP da bateria para 6 V e a resistência das lâmpadas para 6Ω cada;
- ✓ Insira um medidor de corrente no circuito (Amperímetro) em série.
- ✓ Com o interruptor aberto faça a leitura do valor da intensidade da corrente (I) utilizando o Amperímetro com a lupa e anote _____.
- ✓ Na sequência arraste o medidor de tensão (Voltímetro) e faça a leitura da Tensão nas extremidades das lâmpadas e anote o valor _____.
- ✓ Depois feche interruptor e faça novamente a leitura Tensão (D.d.p.) e da intensidade da corrente _____.

Sua resposta

1. Sendo estas lâmpadas idênticas (potência e tensão) ao fecharmos o interruptor (S), qual lâmpada irá brilhar primeiro? *

- L1
- L2
- L1 e L2 (as duas brilharão ao mesmo tempo)

2. Qual das lâmpadas brilhará mais? Ou as lâmpadas terão o mesmo brilho? O * que motivou suas respostas?

Sua resposta

3. Caso altere a resistência das lâmpadas L1 (6Ω) e L2 (12Ω) e fecharmos o interruptor (S), qual lâmpada irá brilhar primeiro?

- L1
- L2
- L1 e L2 (as duas brilharão ao mesmo tempo)

4. Após alterar as resistências das lâmpadas qual das lâmpadas brilhará mais? Ou as lâmpadas terão o mesmo brilho? O que motivou suas respostas. *

Sua resposta _____

5. Qual será o valor da tensão (em Volts) sobre cada lâmpada? *

Sua resposta _____

6. Qual será a potência de cada lâmpada e a energia consumida por cada uma e pelo circuito todo após 2h? *

Sua resposta _____

ATIVIDADE 3

Monte o circuito conforme Imagem 5

Para montar o circuito utilize lâmpadas, bateria, um interruptor e um Amperímetro.

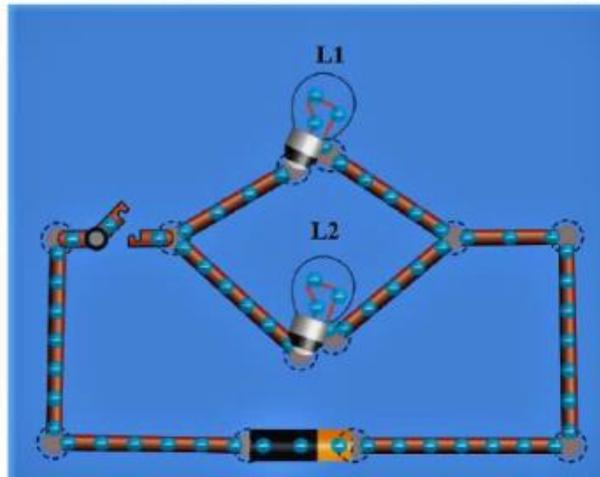


Imagem 5 – Duas lâmpadas associadas em paralelo num circuito com uma bateria e um interruptor.
Fonte: Próprio Autor

- ✓ Insira duas lâmpadas no circuito;
- ✓ Altere a DDP da bateria para 10,0 V e a resistência da lâmpada L1 e L2 para 30 Ω ;
- ✓ Insira um interruptor antes das duas lâmpadas no circuito, conforme imagem (5)
- ✓ Com o interruptor aberto faça a leitura do valor da intensidade da corrente (I) utilizando o Amperímetro e anote _____.
- ✓ Feche o interruptor e realize a medida da corrente

Sua resposta

1. Sendo estas lâmpadas idênticas (potência e tensão) ao fecharmos o interruptor (S), qual lâmpada irá brilhar primeiro? *

- L1
- L2
- L1 e L2 (as duas brilharão ao mesmo tempo)

2. Qual das lâmpadas brilhará mais? Ou as lâmpadas terão o mesmo brilho? O que motivou sua resposta?

Sua resposta _____

3. Se alterarmos a resistência das lâmpadas L1 (5Ω) e L2 (15Ω). Sendo estas lâmpadas de potências diferentes, ao fecharmos o interruptor (S), qual lâmpada irá brilhar primeiro?

- L1
- L2
- L1 e L2 (as duas brilharão ao mesmo tempo)

4. Após alterar as resistências das lâmpadas qual das lâmpadas brilhará mais? Ou as lâmpadas terão o mesmo brilho? O que motivou suas respostas.

Sua resposta _____

5. Utilize o Voltímetro e verifique qual a queda tensão (em volts) sobre cada lâmpada?

Sua resposta _____

6. Qual será a Potência (W) total das lâmpadas e a Energia (KWH) consumida por ela após 10 horas?

Sua resposta _____

ATIVIDADE 4

Monte o circuito conforme Imagem 6

Para montar o circuito utilize lâmpadas, bateria, um interruptor e um Amperímetro.

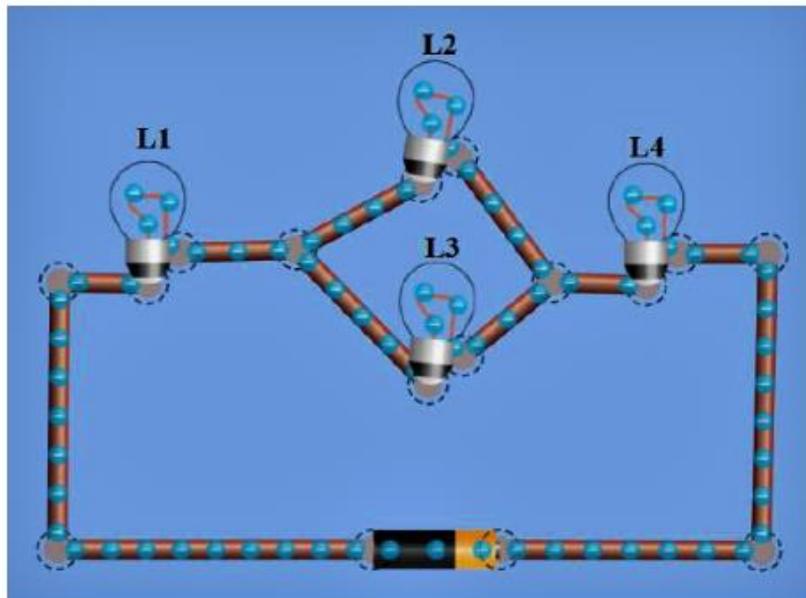


Imagem 6 – Quatro lâmpadas em associação mista.
Fonte: Próprio Autor

- ✓ Insira as lâmpadas no circuito;
- ✓ Altere a DDP da bateria para 24,0 V e a resistência das lâmpadas para 30 Ω ;
- ✓ Faça a leitura do valor da intensidade da corrente (I) que passa por cada lâmpada utilizando o Amperímetro e anote _____.
- ✓ Utilize o Voltímetro e verifique qual a queda tensão sobre cada lâmpada?

Sua resposta

1. Qual destas lâmpadas terá maior brilho? Por quê?

Sua resposta

2. Qual o valor da tensão (em V) elétrica sobre cada lâmpada?

Sua resposta

3. Qual lâmpada possui maior Potência elétrica (W)? *

L1

L2

L3

L4

4. Se retirarmos a lâmpada L3, o que acontecerá com o brilho da lâmpada L1? O que motivou sua resposta?

Sua resposta _____

APÊNDICE E – SEQUÊNCIA DIDÁTICA / KIT DE COMPONENTES ELETRÔNICOS

ATIVIDADE 1

Circuitos Série

Número de Identificação: _____

Turma: () A () B

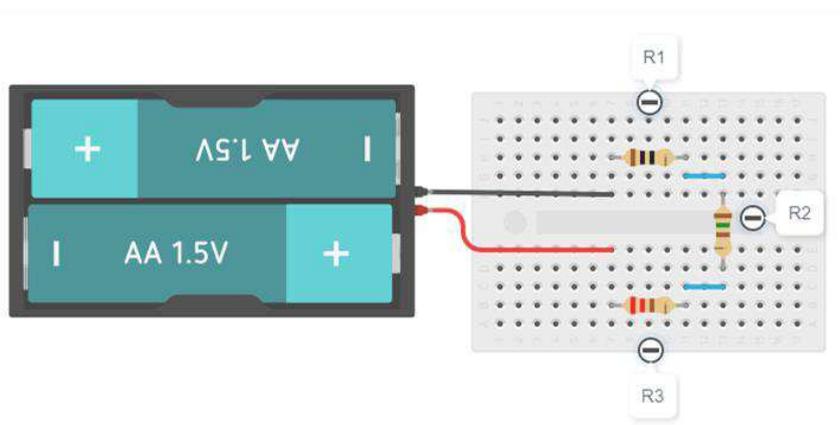
Grupo: () Amarelo (AM)
() Vermelho (VM)
() Verde (VD)

Problematização inicial:

Para saber se uma bomba d'água colocada no fundo de um poço escuro está ligada e mandando água para uma caixa em cima de uma casa, um estudante conecta em série ao circuito da bomba uma lâmpada de potência baixa. Do ponto de vista da Eletrodinâmica este procedimento está correto?

Associação em série. Monte na placa protoboard o circuito de acordo com o esquema a seguir:

Imagem 1: Circuito Série



Fonte: Autor

<i>Material</i>		
<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Quantidade</i>
1.	<i>Placa protoboard</i>	<i>01</i>
2.	<i>Pilhas</i>	<i>02</i>
3.	<i>Suporte de Pilhas</i>	<i>01</i>
4.	<i>Resistores (valores diferentes)</i>	<i>03</i>
5.	<i>Fios</i>	<i>-</i>

DESENVOLVIMENTO

- Para iniciar a montagem assista ao vídeo de como utilizar o Multímetro.

Vídeo 3 – Multímetro.

Link: <https://edpuzzle.com/media/61733500320e5541743d9059>



SCAN ME

- Escolha 03 resistores.

Assista ao Vídeo 5 – Medindo a resistência utilizando o Multímetro.

Link: <https://youtu.be/Yu1McHBTATg>



SCAN ME

Anote os valores dos resistores escolhidos conforme a ordem que deseja conectar na placa

R1: R2: R3:

- Para iniciar a montagem assista ao vídeo de como utilizar a placa protoboard.

Vídeo 1 – Protoboard. Link: <https://youtu.be/S5XIWOhrRQE>



SCAN ME

- Conecte os resistores nos furos da placa protoboard seguindo a configuração da Imagem 1.
- Depois conecte um fio ao furo da placa logo abaixo do terminal do resistor R1 ao furo acima do resistor R2 e, também, conecte um fio saindo do furo logo abaixo de R2 e na outra ponta do fio ao furo acima da terminal de R3.

Caso tenha dúvida de como conectar os resistores na placa assista ao Vídeo 2 – Como realizar a ligação de LED's e resistores.

Link: <https://youtu.be/Mx0BmrzdX7I>



SCAN ME

Conecte as duas pilhas no suporte. Observe a posição correta de conectar.

- Agora, conecte o fio preto (negativo) do suporte da pilha na mesma trilha da placa de modo que fique em série com o resistor R1 e, em seguida, conecte o fio positivo do suporte da pilha ao resistor R3 de modo que fique, também, em série com o resistor.
- Realize a medida de queda de tensão sobre os resistores.

Vídeo 3 – Multímetro.

Link: <https://edpuzzle.com/media/61733500320e5541743d9059>



Revisite o Vídeo 4 – Como realizar medidas utilizando o Multímetro.

Link: <https://youtu.be/96z-LtmGvTs>



- Preencha a tabela a seguir:

	1	2	3	Total
R (Ω)				$R_T =$
U (V)				$U_T =$
I (mA)				$I_T =$
U_{pilhas} (V)				

- Retire um dos resistores e verifique qual o valor da corrente que circula no circuito. O que você encontrou?

Revisite o Vídeo 4 – Como realizar medidas utilizando o Multímetro.

Link: <https://youtu.be/96z-LtmGvTs>



- Verifique por meio das equações se os valores correspondem com os valores medidos.

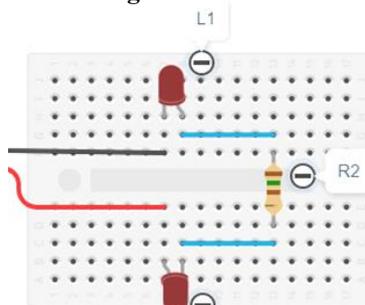
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1)$$

$$U_T = U_1 + U_2 + U_3 \quad (2)$$

$$U_T = R_T \cdot I \quad (3)$$

- Sabendo que o LED tem uma resistência interna muito pequena substitua dois dos três resistores por dois LED's que tenham as mesmas cores e tamanho.
- Retire o resistor R1 e faça a substituição por um LED. Para realizar a substituição você deve conectar o terminal menor do LED (catodo) no furo de modo que fique em série com fio preto negativo. Já o outro terminal maior (anodo) do LED1 deve ser conectado no furo da mesma trilha do fio. Faça o mesmo para o LED2, porém conectando o terminal maior (Anodo) ao fio vermelho da bateria e o terminal menor (Catodo) na mesma trilha do outro fio. Conforme Imagem abaixo.

Imagem 2: Circuito Série



Fonte: Autor

- Realize a medida da corrente total que flui pelo circuito. Qual o valor encontrado? _____ A.

Revisite o Vídeo 2 – Como realizar a ligação de LED's e resistores.

Link: <https://youtu.be/Mx0BmrzdX7I>



Responda em poucas palavras

- a) O que ocorre com a corrente elétrica do circuito em uma ligação em série? Quando os resistores estão associados em série a corrente elétrica é a mesma ou diferente no circuito elétrico? _____
- b) E com a DDP (Tensão)? _____
- c) Considerando que os LED's sejam da mesma cor, o brilho deles é o mesmo no circuito? Qual o motivo da sua resposta? _____
- d) Ao retirar um dos LED do circuito o outro permanece aceso? Qual o motivo da sua resposta? _____
- e) Após as orientações, os procedimentos experimentais e os tutoriais de construção dos aparatos realizados até aqui, você se sente capaz de responder a nossa questão inicial? O que motivou sua resposta. _____

ATIVIDADE 2

Associação em paralelo

Número de Identificação: _____

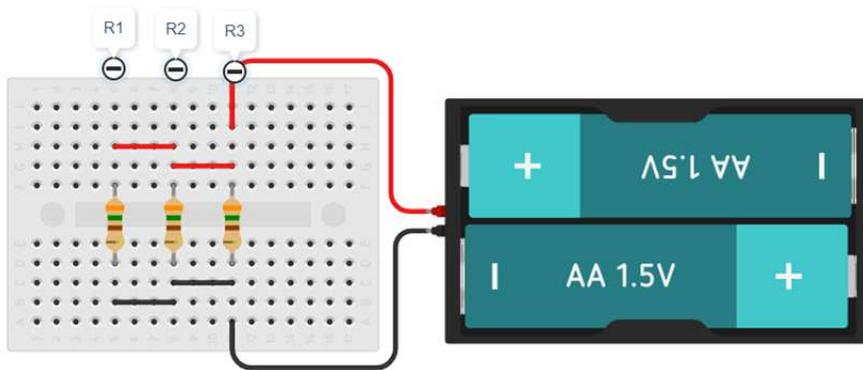
Turma: () A () B

Grupo: () Amarelo (AM)
() Vermelho (VM)
() Verde (VD)

Problematização inicial:

Ao queimar uma das lâmpadas da sua casa as demais lâmpadas quando acionadas acendem?

Imagem 1: Circuito Paralelo



Fonte: Próprio autor

<i>Material</i>		
<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Quantidade</i>
6.	<i>Placa protoboard</i>	<i>01</i>
7.	<i>Pilha</i>	<i>02</i>
8.	<i>Suporte de pilhas</i>	<i>01</i>
9.	<i>Resistor (valores iguais)</i>	<i>03</i>
10.	<i>Fios</i>	<i>-</i>

DESENVOLVIMENTO

Monte na placa protoboard o circuito de acordo com o IMAGEM 1:

- Para iniciar a montagem assista ao vídeo de como utilizar a placa protoboard.

Vídeo 1 – Protoboard. Link: <https://youtu.be/S5XIWohrRQE>



Revisite o Vídeo 2 – Como realizar a ligação de LED's e resistores.

Link: <https://youtu.be/Mx0BmrzdX7I>

- Escolha 03 resistores de valores iguais.

Assista ao Vídeo 5 – Medindo a resistência utilizando o Multímetro.

Link: <https://youtu.be/Yu1McHBTATg>



Anote os valores dos resistores escolhidos conforme a ordem que deseja conectar na placa

R1: R2: R3:

- Conecte os resistores nos furos da placa protoboard seguindo a configuração da **IMAGEM 1**.
- Conecte, INTERLIGANDO os fios saindo do resistor do R1 ao furo na placa no resistor R2, conecte, também os fios saindo de R2 ao resistor do R3.
- Conecte as duas pilhas no suporte. Observe a posição correta de conectar.
- E por fim, conecte o fio negativo do suporte de pilhas em série nos furos dos fios que interligam os resistores.
- Realize as medidas de DDP e corrente elétrica no circuito. Para realizar as medidas de corrente elétrica no circuito utilize o multímetro COLOCANDO na função AMPERÍMETRO (mA). Retire um dos fios que interligam os resistores R1 a R2 ou R2 a R3. Qual o valor encontrado _____.

Revisite o Vídeo 4 – Como realizar medidas utilizando o Multímetro.

Link: <https://youtu.be/96z-LtmGvTs>



- Preencha a tabela a seguir:

	1	2	3	Total
R (Ω)				$R_T =$
U (V)				$U_T =$
I (mA)				$I_T =$
U_{pilhas} (V)				

Utilize as equações abaixo e verifique os dados encontrados correspondem (aproximadamente) com os valores encontrados:

$$U = R \cdot I \quad (1)$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (2)$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \quad (3)$$

Responda em poucas palavras

- a) Por qual motivo os valores encontrados nos dados experimentais não são idênticos aos dados calculados pelas equações (1, 2 e 3)? _____
- b) O que ocorre com a corrente elétrica do circuito em uma ligação em paralelo? Quando os resistores estão associados em paralelo a corrente elétrica que flui por um dos componentes é a mesma ou diferente no circuito elétrico? _____
- c) E com a DDP (Tensão)? _____
- d) Os valores encontrados para a resistência elétrica foram iguais ao valor medido diretamente com o Multímetro na função Ohmímetro? _____
- e) Ao retirar ou queimar um dos resistores o que acontece com o valor da corrente elétrica que flui por todo o circuito? _____
- f) Após as orientações, os procedimentos experimentais e os tutoriais de construção dos aparatos realizados até aqui, você se sente capaz de responder a nossa questão inicial? O que motivou sua resposta. _____

ATIVIDADE 3

Associação Mista

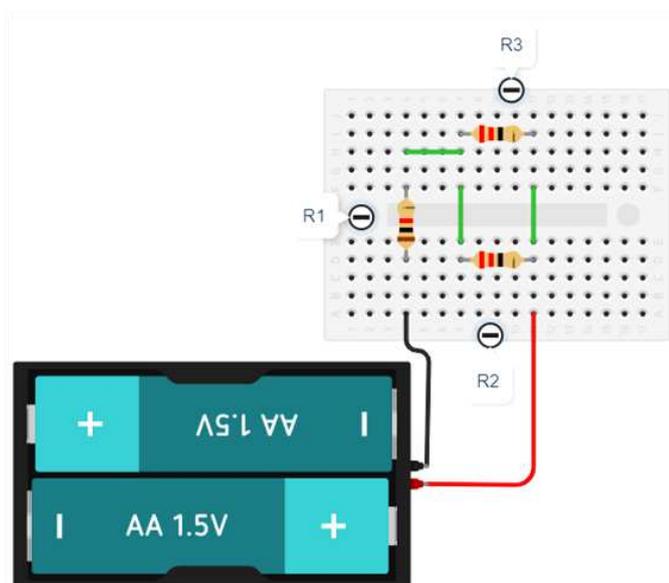
Número de Identificação: _____

Turma: () A () B

Grupo: () Amarelo (AM)
 () Vermelho (VM)
 () Verde (VD)

Problematização inicial: Como é a organização do circuito elétrico das residências para que sejam independentes entre si?

Imagem 1: Circuito Misto



Fonte: Próprio autor

<i>Material</i>		
<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Quantidade</i>
11.	Placa protoboard	01
12.	Pilha	02
13.	Suporte de pilhas	01
14.	LED Vermelho	02

15.	<i>Resistor (valores iguais) não pode ser de valor menor 50Ω</i>	03
16.	<i>Fios</i>	-

DESENVOLVIMENTO

- Para iniciar a montagem assista ao vídeo de como utilizar a placa protoboard.

Vídeo 1 – Placa Protoboard.

Link: <https://youtu.be/S5XIWoRQE>

Revisite o Vídeo 2 – Como realizar a ligação de e resistores.

Link: <https://youtu.be/Mx0BmrzDX7I>



- Monte o circuito conforme a imagem. Comece primeiro conectando os resistores na mesma disposição. Depois conecte um fio no terminal do R1 ao terminal do resistor R2 na mesma trilha da placa protoboard. Em seguida conecte um fio nos furos saindo de cada terminal do resistor R2 aos furos na mesma trilha do resistor R3. Em seguida conecte um fio na perna maior (Anodo) do LED1 em um dos furos da placa.

- Para finalizar conecte as duas pilhas no suporte. Observe a posição correta de conectar.

- Depois conecte o fio do negativo (preto) do suporte de pilhas a um dos furos da placa de modo que fique em série com o terminal do R1. O outro fio positivo do suporte conecte em série em um dos furos da placa com o resistor R3.

- Realize a medida de resistência equivalente do circuito. Utilize o multímetro na função de OHIMETRO;

Vídeo 5 – Medindo a resistência utilizando o Multímetro.

Link: <https://youtu.be/Yu1McHBTATg>



- Realize as medidas de queda de tensão sobre cada resistor. Para realizar a medida utilize o multímetro na função de VOLTÍMETRO;

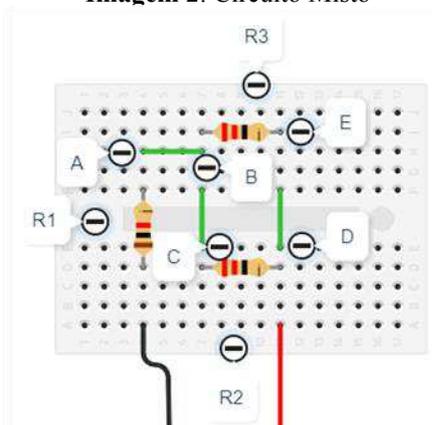
Revisite o Vídeo 4 – Como realizar medidas utilizando o Multímetro.

Link: <https://youtu.be/96z-LtmGvTs>



- Realize a medida de corrente elétrica nos seguintes pontos: Entre A e B; B e C; D e E; Entre as pilhas e o R1. Para realizar a medida utilize o multímetro na função de AMPERITRO e retire o fio que interliga os pontos solicitados;

Imagem 2: Circuito Misto



Fonte: Próprio autor

- Para realizar a medida utilize o multímetro na função de VOLTÍMETRO.
- Preencha a tabela a seguir:

	1	2	3	Total
U (V)				$U_T =$
R (Ω)				$R_{Eq} =$
	A-B	B-C	D-E	
I (mA)				$I_T =$

- Utilize as equações abaixo e verifique se os dados encontrados correspondem (aproximadamente) com os valores encontrados com o uso do multímetro:

$$U = R \cdot I \quad (1)$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{2}{R_2} + \frac{3}{R_3} \quad (2)$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \quad (3)$$

Responda em poucas palavras

- g) Por qual motivo os valores encontrados nos dados experimentais não são idênticos aos dados calculados pelas equações (1, 2 e 3)? _____
- h) O que ocorre com a corrente elétrica do circuito em uma ligação mista (série/paralelo)? _____

- i) E com a DDP (Tensão)? _____
- j) O que acontece com o valor da intensidade da corrente e a DDP (tensão) que atravessa o LED? _____
- k) Os valores encontrados para a resistência elétrica foram iguais ao valor medido diretamente com o Multímetro na função Ohmímetro? _____
- l) Retire o resistor R2 e verifique o que acontece com o valor da corrente elétrica? E a Tensão (DDP)? _____
- m) Após retirar o R2 qual é a nova configuração do circuito? Você pode desenhar, se achar esclarecedor! _____
- n) Após as orientações, os procedimentos experimentais e os tutoriais de construção dos aparatos realizados até aqui, você se sente capaz de responder a nossa questão inicial? O que motivou sua resposta. _____

APÊNDICE F – GUIA PARA ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS

GUIA PARA ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS

1. O que é um mapa conceitual?

É uma ferramenta gráfica para a organização e representação do conhecimento.

2. Como são formados?

São formados por conceitos e suas ligações (relações). Um mapa conceitual, em geral, tem início a partir de um conceito principal (raiz). A conexão entre dois conceitos por uma frase de ligação (relação) é chamada de proposição.

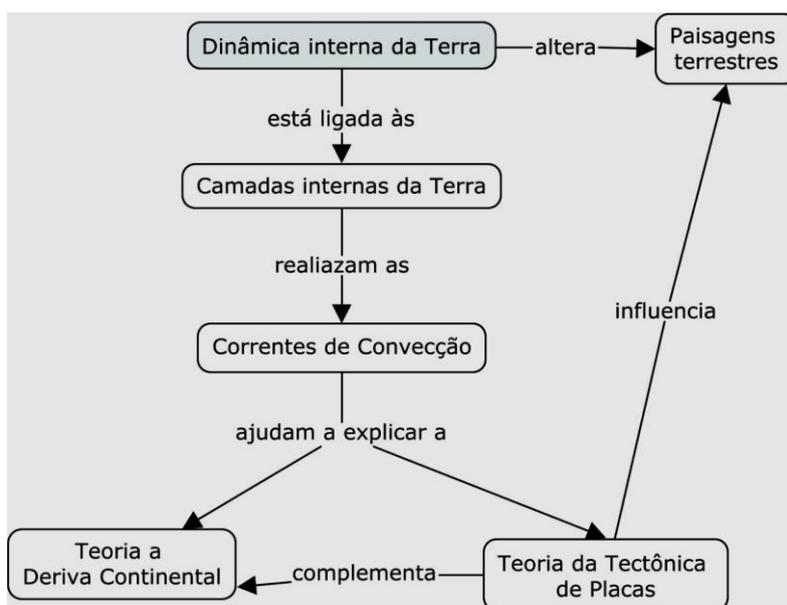
3. Como são representados os conceitos e suas ligações?

Os conceitos geralmente são representados dentro de retângulos ou círculos. Já as ligações entre conceitos são representadas por uma linha que os interligam. Cada ligação deve conter palavras (de preferência com verbo) indicando o relacionamento existente entre os dois conceitos.

4. Como construir um mapa?

Identifique os conceitos e os coloque em uma lista. Ordene os conceitos dos mais gerais aos mais específicos. Conecte os conceitos com linhas e indique a relação estabelecida por meio de uma ou mais palavras. Busque relações horizontais e cruzadas.

Exemplo:



Fonte: TEIXEIRA, 2016. P. 72