



JANAILSON ROSA DE MORAIS

**PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA ESTUDO DE TÓPICOS DE ELETRODINÂMICA**

**Recife
2019**



**PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA ESTUDO DE TÓPICOS DE ELETRODINÂMICA.**

JANAILSON ROSA DE MORAIS

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

Orientadora:

Profa. Dra. Conceição Aparecida Soares Mendonça

Coorientador:

Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório

Recife

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

M827p Morais, Janailson Rosa de
 Proposta de uma unidade de ensino potencialmente significativa
 (UEPS) para estudo de tópicos de eletrodinâmica / Janailson Rosa de
Morais. – 2019.
 204 f. : il.

 Orientador: Conceição Aparecida Soares Mendonça.
 Coorientador: Alexandro Cardoso Tenório.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física,
Recife, BR-PE, 2019.
 Inclui referências e apêndice(s).

 1. Eletrodinâmica - Estudo e ensino 2. Aprendizagem
3. Ensino médio 4. Tecnologia educacional 5. Telefone celular
6. Ausubel, David Paul, 1918- I. Mendonça, Conceição Aparecida
Soares, orient. II. Tenório, Alexandro Cardoso, coorient. III. Título

CDD 530

**PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA ESTUDO DE TÓPICOS DE ELETRODINÂMICA**

JANAILSON ROSA DE MORAIS

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

Aprovada em 28/02/2019, por:

Prof.^a Dr^a Conceição Aparecida Soares Mendonça – UFRPE/UAG

Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório - UFRPE

Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda - UFRPE

Prof.^a Dr^a Ana Paula Teixeira Bruno Silva - UFRPE/UAEADTec.

Recife

2019

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus alunos, pois sem eles não teria sido possível o desenvolvimento deste trabalho.

À minha esposa, Josineide O. S. de Moraes.

Aos frutos desse amor: Pedro e Júlia.

Aos meus pais, José Jailson de Moraes e Cilene Rosa de Moraes, pelo amor e incentivo dado ao longo de toda minha vida escolar.

À Professora Dra. Conceição Aparecida Soares Mendonça (Orientadora), exemplo de dedicação e amor pela educação.

Ao amigo Paulo Victor (in memoriam) pelo companheirismo, ensinamentos e descontração durante as aulas e nos grupos de estudo.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À minha família, principalmente minha esposa, pela paciência e apoio.

À Professora Dra. Conceição Aparecida Soares Mendonça (Orientadora), pela dedicação, paciência e por ter acreditado nesse projeto.

Ao professor Dr. Alexandro Cardoso Tenório, pela contribuição e apoio com a dissertação e ensinamentos durante as aulas.

Ao Prof. Alberto Einstein Pereira de Araújo, por ter posto em prática o Mestrado.

Ao Prof. Adauto Souza por nos acolher, após o fechamento do polo em Garanhuns.

Ao Prof. Marco Antônio Moreira, por ter idealizado esse Mestrado.

A todos os professores do Mestrado que contribuíram para meu crescimento profissional.

Aos meus amigos do mestrado, que durante esse período, conversamos, dividimos alegrias e angústias, superamos as dificuldades e nos tornamos profissionais melhores.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

RESUMO

Esta dissertação tem como proposta a criação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para ensinar conceitos da eletrodinâmica como: circuitos elétricos; diferença de potencial; corrente elétrica e sua intensidade; efeitos da corrente elétrica; potência elétrica e energia elétrica; resistência elétrica e leis de Ohm, a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa. Para trabalhar esses conceitos foi utilizado estratégias pedagógicas como atividades experimentais, aplicativos de celular, análise de conta de energia elétrica, investigação em aparelhos elétricos residenciais, mapa conceitual coletivo, em duplas e individual, debates e discussões em sala de aula com a finalidade de facilitar a aprendizagem desses conceitos e disponibilizar esse material, em forma de um Produto Educacional que poderá ser utilizado por outros professores. Participaram 21 alunos, sendo (12 do sexo masculino e 9 do feminino) idade média de 17 anos, do 3º ano do Ensino Médio de uma Escola Pública Estadual situada na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil. Foram previstas 19 aulas para o desenvolvimento do tema, o que englobou 19 encontros de 45 minutos cada, em 8 semanas consecutivas distribuídas nos 7 passos que compõe a UEPS. Os conteúdos foram abordados levando em consideração o conhecimento prévio dos alunos por meio de pré-teste, mapa conceitual coletivo, além de discussões e debates durante as aulas. As atividades experimentais envolveram montagem de circuitos elétricos simples e circuitos com lâmpadas associados em série e em paralelo. O celular foi utilizado como ferramenta pedagógica para auxiliar nos cálculos do consumo de energia elétrica dos diversos aparelhos elétricos de suas residências por meio do aplicativo consumo elétrico, além de facilitar o entendimento das leis de Ohm através do aplicativo Chemistry e Physics Simulations. A avaliação se deu durante todas as etapas da UEPS. Os resultados mostraram que as estratégias utilizadas contribuíram para aumentar o interesse dos alunos pelo ensino dos conteúdos de Física, além de melhorar o desenvolvimento cognitivo, o que foi observado com a análise dos instrumentos aplicados, o que sugere indícios de Aprendizagem Significativa. O Mapa Conceitual usado como estratégia de ensino e avaliação se mostrou potencialmente significativo por evidenciar os conhecimentos prévios relevantes sobre os conceitos científicos estudados.

Palavras-chave: Ensino de Física, Sequências didáticas, Aprendizagem Significativa, Eletrodinâmica, Ensino Médio.

ABSTRACT

This dissertation proposes the creation of a Potentially Significant Teaching Unit (UEPS) to teach concepts of electrodynamics as: electric circuits; potential difference; electric current and its intensity; effects of electric current; electric power and electrical resistance and laws of Ohm, under the aspect of Meaningful Learning Theory. To work on these ideas will be used pedagogical strategies such as experimental activities, mobile apps, electric energy account analysis, quest in residential electrical appliances, collective concept map, double and individual, debates and discussions in the classroom with the purpose of facilitating learning these concepts and provide this material, in the form of an Educational Product that may be used by other teachers. Participated 21 students, being (12 males and 9 females) the mean age of 17 years, of the 3rd year of the Middle Teaching of a State Public School located in the city of João Pessoa, Paraíba, Brazil. The course occupied a number of 19 classes planned for the theme, which included 19 meetings of 45 minutes each, in 8 consecutive weeks distributed in the 8 steps that formulate the UEPS. The contents were approached taking into consideration the previous knowledge of the students through pre-test, collective concept map, beyond discussions and debates during the classes. Experimental activities involved mounting of simple electrical circuits and circuits with associated lamps in series and in parallel. The cell phone was used as a pedagogical tool to aid in the calculations of the electric energy consumption of the various electrical appliances of its residences through the electrical consumption application, besides facilitating the understanding of the laws of Ohm through the application Chemistry and Physics Simulations. The evaluation took place during all phases of the UEPS. The results showed that the strategies used contributed to increase students' interest in the teaching of Physics contents, as well as to improve cognitive development, which was observed with the analysis of the applied instruments, which suggests signs of significant learning. The Concept Map used as teaching and evaluation strategy exposed to be potentially significant for evidencing prior relevant knowledge about the scientific concepts surveyed.

Keywords: Physics Teaching, Didactic sequences, Significant Learning, Electrodynamics, Middle Teaching.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1.	Levantamento do estado da arte.....	22
2.2.	Teoria da Aprendizagem Significativa	30
2.3.	Mapa Conceitual como Recurso Didático facilitador da Aprendizagem Significativa.....	31
2.4.	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS	32
3.	TÓPICOS DA ELETRODINÂMICA	35
3.1.	Por que é importante que os alunos aprendam alguns conceitos da Eletrodinâmica?.....	35
3.2.	Circuitos Elétricos.....	35
3.3.	Corrente Elétrica	36
3.3.1.	Corrente Contínua e Corrente Alternada	37
3.3.2.	Sentido da Corrente elétrica.....	38
3.3.3.	Intensidade de Corrente elétrica.....	38
3.3.4.	Efeitos provocados pela Corrente Elétrica.....	38
3.4.	Diferença de Potencial	39
3.5.	Potência e Energia Elétrica	40
3.6.	Resistência Elétrica e Resistores.....	42
3.7.	Resistores e Lei de Ohm	43
3.7.1.	Resistores Associados em Série.....	45
3.7.2.	Resistores Associados em Paralelo.....	47
4.	METODOLOGIA.....	50
4.1.	A Pesquisa.....	50
4.2.	Público da Investigação	50
4.3.	Proposta, Passos, Etapas e Atividades Realizadas na UEPS	51
4.4.	Os Instrumentos de Coleta de Dados Utilizados	54
5.	DESCRIÇÃO DA UEPS COM ALGUNS RESULTADOS.....	56
5.1.	Levantamento dos conhecimentos prévios - 1º Passo	56
5.2.	Aprofundando o Conhecimento - 2º Passo	61
5.3.	Nova Situação – 3º Passo	69
5.4.	Diferenciação Progressiva - 4º Passo.....	76

5.5.	Reconciliação Integrativa - 5º Passo.....	88
5.6.	Pós-Teste e Avaliação individual - 6º Passo.....	93
5.7.	Aula Final e Avaliação da UEPS em Sala de Aula - 7º Passo	94
6.	ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS DADOS.....	95
6.1.	Levantamento dos Conhecimentos Prévios	95
6.2.	Análise dos Mapas Conceituais – Coletivo, Duplas e Individual.....	104
6.3.	Análise do Primeiro Mapa Conceitual Coletivo.....	106
6.4.	Análise do Segundo Mapa Conceitual em Dupla.....	109
6.5.	Análise dos Mapas Conceituais Individuais	115
6.6.	Aspectos observados no Terceiro Mapa Conceitual Individual realizado por Alunos.....	128
6.7.	Análise do Pós-teste	129
6.8.	Comparação entre Pré-teste e Pós-teste.....	133
6.9.	Avaliação Individual Final.....	140
6.10.	Avaliação Final da UEPS.....	148
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	150
	REFERÊNCIA.....	153
	APENDÍCE A – Tabela 1 - Informações referentes a grandezas Físicas presente nos aparelhos elétricos encontrados na residência dos alunos.....	157
	APÊNDICE B – Texto nº 3: Corrente elétrica e seus efeitos	158
	APÊNDICE C – Tabela 2 – informações para o cálculo do kwh e custo mensal de cada aparelho	161
	Tabela 2 – informações para o cálculo do kwh e custo mensal de cada aparelho	161
	APÊNDICE D – Texto Nº 5: Potência e Energia Elétrica.....	162
	APÊNDICE E – Lista de exercícios sobre potência e energia elétrica	164
	APÊNDICE F – Questionário sobre o experimento nº 4	166
	APENDICE G - AVALIAÇÃO FINAL.....	163
	APÊNDICE H – Produto Educacional	170
1.	INTRODUÇÃO	174
2.	UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA - UEPS	174
2.1	Situação inicial – 1º Passo	174
2.2	Levantamento dos Conhecimentos Prévios - 2º Passo.....	176

2.3	Aprofundando o Conhecimento - 3º Passo	177
2.4	Nova Situação – 4º PASSO.....	184
2.5	Diferenciação Progressiva - 5º PASSO	190
3.	Reconciliação Integrativa - 6º PASSO	197
2.7	Pós-Teste e Avaliação Individual - 7º PASSO.....	200
2.8	Aula Final e Avaliação da UEPS em Sala de Aula - 8º PASSO.....	203
	REFERÊNCIAS	204

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Circuito elétrico simples	36
Figura 2 – Lâmpada de automóvel 5W – 12V.....	41
Figura 3 - Resistores de um chuveiro elétrico	43
Figura 4 - Lâmpada incandescente	43
Figura 5 - Lâmpadas associadas em série.....	45
Figura 6– Brilho das lâmpadas na associação em série.....	47
Figura 7- Circuito em paralelo.....	47
Figura 8 – Circuitos em paralelo	48
Figura 9– Texto nº 1: Discussões/indagações e o mapa conceitual coletivo aluno A16.....	58
Figura 10 - Grandezas físicas de aparelhos elétricos apresentados pelo aluno A10	59
Figura 11 –Aplicação do questionário para levantamento dos conhecimentos prévios	61
Figura 12 – Kit para construção dos circuitos elétricos.....	63
Figura 13- Alunos na montagem dos circuitos elétricos simples.	65
Figura 14 – Exemplo da análise de uma Conta de Energia.....	70
Figura 15 – Imagens do Aplicativo Consumo Elétrico	72
Figura 16 – Medida da corrente elétrica respectivamente: 5V, 9V e 12V	78
Figura 17– Print da simulação nº1 referente a 1ª lei de Ohm.....	79
Figura 18 – Print da simulação referente a 2ª lei de Ohm	81
Figura 19 – Resistores de chuveiro elétrico.	83
Figura 20 - Medida da resistência nos segmentos menor e maior de um chuveiro elétrico	83
Figura 21 – Aluno alterando a voltagem por meio do reostato.	86
Figura 22- Lâmpadas associadas em série e em paralelo.	89
Figura 23– Alunos fazendo a montagem da associação de resistores em série e em paralelo.	90
Figura 24- Experimento nº 5 feito para trabalhar associação de resistores em série e em paralelo	91
Figura 25 - Experimento nº5 com o brilho e as medidas da voltagem na associação em paralelo (esquerda) e em série (direita).	92
Figura 26 - Um mapa conceitual para os conceitos básicos de corrente elétrica (Morais & Mendonça, 2018).....	106
Figura 27 – Mapa Conceitual Coletivo.....	108
Figura 28 – Mapa conceitual da dupla de alunos A1 e A3 sobre corrente elétrica	110

Figura 29 – Mapa conceitual da dupla de alunos A6 e A9 sobre corrente elétrica	111
Figura 30 – Mapa conceitual da dupla de alunos A8 e A19 sobre corrente elétrica	113
Figura 31 – Mapa conceitual da dupla de alunos A16 e A17 sobre corrente elétrica	114
Figura 32 – Mapa conceitual Individual do aluno A2 sobre corrente elétrica	117
Figura 33 – Mapa conceitual Individual do aluno A4 sobre corrente elétrica	118
Figura 34 – Mapa conceitual Individual do aluno A5 sobre corrente elétrica	120
Figura 35 – Mapa conceitual Individual do aluno A7 sobre corrente elétrica	121
Figura 36 – Mapa conceitual Individual do aluno A9 sobre corrente elétrica	122
Figura 37 – Mapa conceitual Individual do aluno A11 sobre corrente elétrica	124
Figura 38 – Mapa conceitual Individual do aluno A12 sobre corrente elétrica	125
Figura 39 – Mapa conceitual Individual do aluno A19 sobre corrente elétrica	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente (20°C)	44
Tabela 2 – Principais diferenças entre associação de resistores em série e em paralelo	49
Tabela 3- Categorias nomeadas para a primeira questão do pré-teste.....	95
Tabela 4 - Categorias nomeadas para a segunda questão do pré-teste	97
Tabela 5 - Categorias nomeadas para a segunda questão do pré-teste	98
Tabela 6 - Categorias nomeadas para a quarta questão do pré-teste	100
Tabela 7 - Categorias nomeadas para a quinta questão do pré-teste	102
Tabela 8 - Categorias nomeadas para a sexta questão do pré-teste	103
Tabela 9 - Categorias nomeadas para a primeira questão da avaliação final	140
Tabela 10 - Categorias nomeadas para a segunda questão da avaliação final.....	141
Tabela 11 - Categorias nomeadas para a terceira questão da avaliação final.....	143
Tabela 12 - Categorias nomeadas para a quarta questão da avaliação final.....	144
Tabela 13 - Categorias nomeadas para a quinta questão da avaliação final.....	146

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Comparação entre a primeira questão aplicada no pré-teste e pós-teste.....	134
Gráfico 2- Comparação entre a segunda questão aplicada no pré-teste e pós-teste	135
Gráfico 3- Comparação entre a terceira questão aplicada no pré-teste e pós-teste	137
Gráfico 4- Comparação entre a quarta questão aplicada no pré-teste e pós-teste	138
Gráfico 5- Comparação entre a quinta questão aplicada no pré-teste e pós-teste	139
Gráfico 6- Comparação entre a sexta questão aplicada no pré-teste e pós-teste	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sequências dos passos, etapas, aulas e atividades aplicadas na UEPS.	50
Quadro 2 – Aspectos observados no terceiro mapa de conceito Individual	128

1 INTRODUÇÃO

A curiosidade em entender a natureza me fez escolher estudar Física e após conhecer as diversas leis que regem a natureza despertou-me o desejo de ensinar para outras pessoas tudo aquilo que havia estudado durante o curso.

O ingresso no magistério iniciou no Ensino Fundamental lecionando Ciências em escolas públicas na cidade de João Pessoa. Foi possível perceber o interesse dos alunos, principalmente por assuntos relacionados ao estudo do universo. Os questionamentos e os debates em sala de aula foram intensos sempre que se falava em fenômenos da natureza como: relâmpagos, trovões, movimentos da Terra, origem do universo entre outros.

Pouco tempo depois iniciei o trabalho com alunos do Ensino Médio e foi possível perceber que o interesse pela Física não era empolgante para eles quanto foi no ensino fundamental em Ciência. O principal motivo desse desinteresse era que os alunos tinham a Física como uma matéria complicada, difícil, principalmente porque alguns temas envolvia o cálculo. Como afirma Laburú, Gouveia e Barros (2009, p. 28) “além de envolver um conjunto de informações e a construção de uma estrutura conceitual hierarquizada de conteúdo, como em geral acontece com outros conhecimentos, a natureza diferenciada da Física se sobressai em dificuldades adicionais, que são de ordem matemática”.

O trabalho com as disciplinas de Ciências no ensino fundamental e Física no ensino médio, discutindo os conteúdos de maneira tradicional não foi uma boa experiência. A aprendizagem dos alunos, a participação durante as aulas, o interesse pela disciplina e os resultados nas avaliações não eram o esperado o que me incomodava enquanto professor. Ao tornar-me estudante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) construí uma nova visão do que é ensinar e aprender, a luz da teoria ausubeliana.

É notório no exercício da docência, a finalidade é promover um ensino que favoreça a aprendizagem significativa dos conceitos científicos, em sala de aula para atingir os objetivos da aprendizagem. Para tanto, a aprendizagem deve ser prazerosa e significativa para o aluno. E o professor deve ser o responsável em dar voz aos alunos, propondo desafios e conduzindo-os a participar das atividades e das discussões sobre o tema sugerido.

A aprendizagem significativa possibilita isso, por ser um processo que demanda tempo e os principais autores que devemos levar em conta são os nossos alunos com seus conhecimentos do cotidiano e a partir desses conhecimentos, estimular a criatividade e a

curiosidade, possibilitando a construção de uma aprendizagem que traga significado para o aluno.

O aprendizado de conteúdos de Física no ensino médio apresenta lacunas e barreiras, em decorrência da falta de planejamento e por não considerar o conhecimento prévio do aluno sobre a matéria de ensino. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980) verificar o que eles sabem sobre determinado conteúdo para ensinar de acordo, com isso, é o foco da aprendizagem significativa.

A dificuldade com que os alunos aprendem os conceitos científicos, especificamente em Física, no sistema educacional brasileiro, pode-se dizer que, ainda favorece o ensino tradicional, resultando na aprendizagem automática. Preocupados com a melhoria na aprendizagem dos alunos e em propor alternativas opostas a esse tipo de modelo de ensino, realizamos este trabalho.

Os fenômenos da natureza, estudados pela Física, sempre foram motivo de curiosidade e fascínio e continua despertando o interesse, nos tempos atuais onde o progresso tecnológico veio a facilitar a forma de compreender os mais variados fenômenos do universo. Os adolescentes, principalmente, são fascinados pela tecnologia, apresentando uma facilidade para interagir com os equipamentos tecnológicos.

Dentre os conteúdos lecionados no ensino médio é possível perceber que o conteúdo eletricidade, por ser o tema mais geral tendo como um de seus ramos a eletrodinâmica, trabalhado no 3º ano é motivo de curiosidade pelos estudantes, mas também de muita dificuldade em ensinar e aprender, pois, se trata de conceito muitas vezes abstrato e geralmente é transmitida por professores que utilizam apenas o quadro de giz e o livro didático, e na maioria das vezes a informação é verificada por meio de fórmulas matemáticas. Apresentar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) propondo facilitar o estudo de conceitos relacionados a um dos ramos da eletricidade que é a Eletrodinâmica para alunos que cursam o terceiro ano do ensino médio foi a proposta deste trabalho.

Objetivando tornar as aulas mais atrativas e dar voz aos meus alunos, passei a utilizar nas aulas, estratégias, instrumentos e ferramentas que facilitasse não só o entendimento dos fenômenos, como também levando em conta os conhecimentos prévios dos alunos que na visão de Ausubel é a variável mais importante para aprendizagem significativa de novos conhecimentos a serem apreendidos. Defendem Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 137) que *“Se tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um único princípio, diria: o fator*

singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine de acordo”.

O mapa conceitual, ferramenta apresentada durante as aulas do Mestrado Profissional, passou a ser utilizado durante minhas aulas por ser um recurso importante em todas as etapas do ensino. Infelizmente o mapa conceitual ainda é um instrumento pouco utilizado por professores, sendo motivo de surpresa para os alunos. O uso do mapa conceitual pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem ao analisar a qualidade do conhecimento adquirido pelos alunos e ao identificar equívocos conceituais nas estruturas cognitivas apresentada. Além disso, o mapa conceitual pode ser usado no processo de avaliação da aprendizagem, que de acordo com Moreira (2006a), não deve ser usado com o objetivo para uma nota ao aluno, mas sim no sentido de obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno vê para um dado conjunto de conceitos.

Com o propósito de contribuir para aprendizagem significativa de alguns conceitos de eletrodinâmica e aumentar o interesse, a participação, além de facilitar a aprendizagem dos alunos por essa área da Ciência, assim como da própria Física, esse trabalho propõe a construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS, (Moreira, 2011a) em que serão utilizadas diversas estratégias visando a aprendizagem dos alunos. Será utilizado o mapa conceitual, aplicativo de celular, simulação e experimentos que poderá identificar nos alunos as potencialidades e fragilidades com a finalidade de favorecer à aprendizagem de alguns conceitos da eletrodinâmica: circuitos elétricos, diferença de potencial, corrente elétrica e sua intensidade, efeitos da corrente elétrica, potência elétrica, energia elétrica, resistência elétrica e leis de Ohm.

A escolha da UEPS, como produto educacional para esta pesquisa se deu também por perceber que durante as aulas regulares envolvendo o tópico eletrodinâmica, os alunos não conseguiam relacionar o conhecimento que eles possuíam com aqueles conceitos que estavam presentes nos livros didáticos. A UEPS apresentada por meio de estratégias contidas em cada etapa de sua aplicação tem como objetivo fazer a ponte entre o conhecimento prévio do aluno e aquele contido nos livros didáticos.

Este trabalho tem como objetivo geral discutir os principais conceitos da eletrodinâmica com o enfoque da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, utilizando experimentos, simulações, mapas conceituais e aplicativos de celular organizados em uma UEPS, cuja finalidade é facilitar a aprendizagem desses conceitos em uma turma do

3º ano do ensino médio e, disponibilizar esse material em forma de um Produto Educacional que poderá ser utilizado por outros professores.

E como objetivos específicos:

- Identificar as concepções de estudantes do 3º ano do ensino médio em relação a alguns conceitos que envolvem o tópico eletrodinâmica;
- Utilizar o mapa conceitual para avaliar a aprendizagem dos alunos durante todo processo de ensino e aprendizagem;
- Usar o celular para facilitar o entendimento de alguns conceitos da eletrodinâmica por meio de aplicativos;
- Discutir alguns fenômenos da eletrodinâmica através de atividades experimentais e mostrar a importância do conhecimento científico no cotidiano dos alunos através de atividades investigativas.

A dissertação está organizada em sete capítulos. No capítulo um, foi feita uma breve introdução da trajetória acadêmica do autor, a justificativa para escolha do tema eletrodinâmica como um dos ramos do tema mais geral que é a eletricidade dentro do contexto da pesquisa sob o ponto de vista da teoria da aprendizagem significativa

No capítulo dois, fundamentação teórica, é feita uma revisão do estado da arte onde se descreve algumas pesquisas feitas em sala de aula de diferentes níveis de ensino, abordando conteúdos de Ciência ou de Física relacionados ao conceito mais geral, eletricidade ou a conceitos da eletrodinâmica enfocando ou não o referencial teórico da aprendizagem significativa, verificando a forma como os conceitos foram trabalhados e quais as estratégias usadas pelos autores para que os alunos aprendessem com significado justificando o resultado da pesquisa. É apresentada a fundamentação teórica com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, realizada uma breve abordagem sobre o instrumento didático Mapa Conceitual e apresentado a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como uma sequência de ensino que tem como fundamento a Teoria da Aprendizagem Significativa.

No capítulo três, dar-se o conteúdo considerando a importância em trabalhar a partir do conceito mais geral, a eletricidade, até os tópicos da eletrodinâmica, propostos para o terceiro ano do ensino médio.

No capítulo quatro, é apresentada a metodologia utilizada, qualitativa descritiva, alicerçada no referencial teórico. Apresenta-se também o contexto, o público alvo, um quadro com a síntese dos passos desenvolvidos e os instrumentos usados na coleta de dados no decorrer da UEPS.

No capítulo cinco realizada a descrição detalhada dos dados coletados no decorrer dos 7 passos da UEPS distribuídos nas 19 aulas, além da análise qualitativa onde relata-se resultados e algumas falas dos alunos.

No capítulo seis, encontram-se os resultados e discussões feitas com base nos objetivos propostos no referencial teórico e na revisão da literatura, referentes ao levantamento dos conhecimentos prévios, primeiro mapa conceitual coletivo, segundo mapa conceitual em dupla, terceiro mapa conceitual individual, pós-teste, avaliação final e avaliação da UEPS.

Finalmente, no capítulo sete, são apresentadas as considerações finais com base nos objetivos pretendidos. Após os apêndices será apresentado o Produto Educacional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Levantamento do estado da arte

Para realizarmos o levantamento do estado da arte, partimos do princípio de que o foco do mestrado profissional é voltado para a ação docente em sala de aula, isto é, para o ensino de Física na Educação Básica. Em razão disso, fomos buscar estudos relacionados a alguns conceitos da eletrodinâmica como: circuitos elétricos, diferença de potencial, corrente elétrica e sua intensidade, efeitos da corrente elétrica, potência elétrica, energia elétrica, resistência elétrica e leis de Ohm. Nesse primeiro momento foram consultados quatro periódicos e encontrados nove artigos: No Caderno Brasileiro de Ensino de Física (seis), na Revista de Investigação em Ensino de Ciências (um), na Revista Experiências em Ensino de Ciências (um), na Revista Brasileira de Ensino de Física (um). Devido à escassez de trabalhos foram pesquisados e encontrado na Revista Latin-American Journal of Physics Education (um), além de quatro dissertações defendidas em diferentes polos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Ao analisar esses documentos verificamos se haviam alguma relação com o referencial teórico proposto nesta pesquisa, de que forma os conceitos estavam sendo trabalhados e quais foram as estratégias usadas pelos autores para que os alunos construíssem um conceito científico.

O conceito corrente elétrica um dos temas da eletrodinâmica, foi trabalhado de forma diferente por Pacca *et.al.* (2003) e Leite, Lourenço e Hernandes (2011), ambos com alunos do ensino médio. Esses artigos foram fundamentados na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. O primeiro trabalhou o tema por meio de desenhos feitos pelos alunos após duas perguntas, discutindo a corrente elétrica a partir do entendimento da estrutura atômica. O artigo de Leite, Lourenço e Hernandes discutiu o tema por meio de uma sequência de ensino, fazendo uso de experimentos e mapas conceituais em todas as etapas do processo. O mapa conceitual auxiliou avaliação da aprendizagem dos alunos. Os dois artigos trabalharam o conceito corrente elétrica de modos diferentes do que ocorre geralmente nas escolas. A proposta de Pacca *et al.* (2003), feita por meio de desenhos foi interessante porque motivou a integração entre as disciplinas Física e Química. Trabalhar esse conceito corrente elétrica utilizando apenas quadro e giz não facilita o ensino nem a aprendizagem do aluno, sendo necessário levar para sala de aula estratégias que tornem as aulas mais próximas da realidade.

O conceito circuitos elétricos, outro tema da eletrodinâmica, foi trabalhado por Pacca et al. (2003), Dornelles, Araújo e Veit (2006), Rebello e Ramos (2009), Laburú, Gouveia e Barros (2009), Macêdo, Dickman e Andrade (2012), Gonzales e Rosa (2014), Souza (2016). A análise desses sete trabalhos mostrou que Pacca *et al.* (2003), Dorneles, Araújo e Veit (2006), Gonzales e Rosa (2014) e a dissertação de Souza (2016), fundamentaram seus trabalhos na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Enquanto que Rebello e Ramos (2009), fundamentaram seu artigo na abordagem Sociocultural de aprendizagem e desenvolvimento de Vygotsky. O modelo da Mudança Conceitual de Posner foi utilizado para fundamentar os trabalhos de Laburú, Gouveia e Barros (2009) e Gonzales e Rosa (2014), que utilizou ainda a Teoria da Aprendizagem Significativa. Porém, Macêdo, Dickman e Andrade (2012), empregaram os Momentos pedagógicos de Delizoicov como referencial teórico.

Pacca *et al.* (2003) no mesmo artigo utilizou também desenhos desenvolvidos por alunos do 3º ano do ensino médio, a partir de concepções do senso comum sobre elementos que compõem um circuito e da geração de corrente elétrica. Os desenhos foram construídos em resposta a duas questões que foi feita relacionada ao tema. Concluiu que esse recurso ajudou a diagnosticar o conhecimento dos alunos em relação aos conceitos circuito elétrico e corrente elétrica, o que favoreceu a aprendizagem dos alunos. Laburú, Gouveia e Barros (2009), assim como Pacca *et al.* (2003), também usaram desenhos feitos por alunos do ensino médio para identificar as dificuldades de aprendizagem sobre esse tema no intuito de superá-las. As atividades com desenhos foram sobre associação de resistores, observação do brilho de lâmpadas em circuito e sentido da corrente elétrica. Entre os artigos investigados Pacca et al. (2003) e Laburú, Gouveia e Barros (2009), que foram os únicos que não trabalharam circuitos elétricos utilizando simulações ou modelagem e sim desenhos feitos por alunos. A diferença é que os primeiros autores utilizaram a linguagem do desenho para entender as concepções dos alunos sobre corrente elétrica e também circuito elétrico no mesmo artigo, enquanto os segundos utilizaram o desenho como instrumento pedagógico para identificar dificuldades de aprendizagem durante determinada etapa do ensino. O resultado foi que os alunos revelaram dificuldades relacionadas a algumas grandezas físicas como corrente elétrica, mas a estratégia se mostrou eficiente porque mesmo não sendo autossuficiente, auxiliou na construção do conhecimento dos alunos.

Os autores, Pacca *et al.* (2003) e Laburú, Gouveia e Barros (2009), usaram desenhos feitos por alunos em suas pesquisas envolvendo o estudo dos circuitos elétricos para entender as dificuldades apresentadas. Como resultado, constatou-se que os alunos estiveram mais

espontâneos e dispostos a se expressarem além de ajudá-los na construção de seus conhecimentos. Os trabalhos também ofereceram informações para outros professores ao planejar seu curso, de modo que as discussões feitas em sala de aula tenham significado para o aluno e facilite a aprendizagem.

Ao analisar o trabalho de Rabello e Ramos (2009), verificamos que o conceito de circuitos elétricos foi usado com alunos do Ensino Médio por meio de uma Unidade de Aprendizagem (UA) composta por atividades de construção de maquetes e simulações utilizando o programa Crocodile Physics. O objetivo foi buscar alternativas para superar o ensino tradicional descontextualizado através da construção de uma unidade de aprendizagem. Os resultados obtidos após a aplicação das atividades propostas mostraram indícios de aprendizagem significativa referente ao conceito de circuitos elétricos. Já no artigo de Macêdo, Dickman e Andrade (2012) foi elaborado um roteiro de simulações desenvolvidas pelo projeto (PhET) para trabalhar o mesmo conceito circuitos elétricos. Uma dessas simulações, sobre condutores e isolantes, foi aplicada em uma turma do 3º ano do Ensino Médio, acompanhada por um pré-teste e um pós-teste. Concluíram que após desenvolverem uma atividade sobre condutores e isolantes com base no simulador computacional, a aula estimulou os alunos e promoveu uma mudança conceitual permitindo a assimilação dos conteúdos trabalhados.

Dorneles, Araújo e Veit (2006), utilizaram simulação e modelagem computacional com alunos do 2º período de Engenharia por meio do software Modellus. A proposta da aplicação se deu a partir das dificuldades encontradas sobre circuitos elétricos simples, obtida por um levantamento bibliográfico realizado pelos autores. O desenvolvimento das atividades se deu por meio do método colaborativo presencial, POE (Predizer, Observar, Explicar). Nesse método o aluno é instigado a participar ativamente em todas as aulas. Eles também realizaram montagens dos circuitos e analisaram as grandezas físicas envolvidas.

O estudo confirma que levar em conta as dificuldades enfrentadas pelos alunos na aprendizagem de circuitos e utilizar simulações computacionais foi o diferencial para superá-las. Um levantamento de opiniões dos alunos feito por os autores sugeriu que houve muita interação dos alunos com as atividades computacionais, dos alunos com o professor, tornando-se um elemento motivador na aprendizagem dos alunos. No estudo de Gonzales e Rosa (2014), foi elaborada uma sequência didática e utilizado um Ambiente Virtual de Ensino para desenvolver com alunos da Educação de Jovens e Adultos, atividades como mapas conceituais, simuladores e textos para trabalhar os conceitos de circuito elétrico. Ao comparar

os resultados de um grupo de alunos que assistiu aulas tradicionais, com outro que utilizou um ambiente virtual de Aprendizagem (AVE) e simulações computacionais perceberam indícios de aprendizagem significativa pelo grupo que utilizou a AVE e as simulações.

No contexto da sala de aula Souza (2016) elaborou nove planos de aula para trabalhar circuitos elétricos com alunos de um curso Técnico Médio. As estratégias utilizadas nas aulas incluíram medidas de grandezas físicas em equipamentos eletrônicos, simulações, construção de mapas de conceitos, leitura e produção de textos. Esse estudo facilitou na visão da autora o desenvolvimento de um ambiente de discussões, motivando os alunos a promover um novo olhar diante de suas práticas, o que contribuiu para a promoção da aprendizagem significativa dos alunos.

As pesquisas que abordaram modos para ensinar circuitos elétricos apresentadas nessa dissertação envolveram diferentes níveis que foi do ensino médio à graduação. Todos com uma proposta diferenciada em relação à forma tradicional. As simulações, por exemplo, foram favorecidas por existirem na internet, diversos sites que oferecem de forma gratuita simulações como modelo o que foi utilizado por Macêdo, Dickman e Andrade (2012). Por outro lado, esse modelo de trabalho usando simuladores, têm melhorado a aprendizagem dos alunos, mas gerou preocupação por parte de alguns professores por não terem em suas escolas locais apropriados com computadores e internet para uso dos alunos. O instrumento didático pedagógico favorecedor da aprendizagem usado por Gonzales e Rosa (2014) e por Souza (2016), foi o mapa conceitual, considerado uma atividade estimulante para os alunos externalizarem seus pensamentos, conhecimentos, além de contar com a contribuição dos seus colegas participantes, o que valoriza e motiva a troca de significados.

O trabalho apresentado por Erthal e Gaspar (2006), foi com um dos conceitos da eletrodinâmica, a corrente alternada, através da aplicação de atividades experimentais em sala de aula do ensino médio utilizando a teoria sócio – histórica de Vygotsky. A escolha desse tema se deu após uma pesquisa bibliográfica onde foram encontrados poucos trabalhos relacionados. A importância em mostrar e discutir a corrente alternada nesse artigo é que esse conteúdo está presente no cotidiano dos alunos e não é contemplado durante as aulas por professores do ensino médio.

Assim, a aplicação de uma sondagem sobre corrente alternada mostrou uma carência dos conceitos básicos de corrente alternada nas questões mais simples. Para superar essa carência foi utilizada uma metodologia favorecendo a interação social através da discussão em sala de aula entre os alunos mediados pelo professor. A aplicação de experimentos

envolveu os seguintes temas: a polia de arrastamento magnético, variação do campo magnético no interior de uma bobina, gerador eletromagnético e o motor síncrono.

Os resultados obtidos confirmaram que os alunos apresentavam dificuldades em relação ao tema corrente alternada, mas se mostraram interessados e participativos com a proposta de trabalhar esse conceito a partir da observação dos experimentos e da interação entre alunos e professor em sala de aula. Esse artigo chamou atenção pela forma como foi tratado a corrente alternada que geralmente é comentado de maneira superficial. A proposta por meio de atividades experimentais desperta o interesse e revela também as dificuldades relacionadas ao tema.

No estudo de Rocha Filho, *et al.* (2003), foram trabalhados os conceitos de resistividade, cálculo de resistência equivalente e associação em série e em paralelo, utilizando resistores feitos de grafite deposto sobre papel. Os resistores foram construídos utilizando lápis de grafite com ponta larga e um multímetro para realizar as medidas. O trabalho foi aplicado para professores mestrados, alunos da graduação em Física e estudantes do ensino médio.

O objetivo do trabalho foi oferecer aos alunos a oportunidade de desenvolver uma atividade experimental de forma simples e barata no intuito de melhorar a compreensão sobre as características dos resistores e como eles se comportam quando associados em série e em paralelo a um circuito. Os resultados asseguram que essa técnica do uso de resistores de grafite deposto sobre papel possibilitou um maior envolvimento dos estudantes, pois permitiu que cada um pudesse construir seus próprios resistores com espessuras e formas variadas, o que admitiu uma compreensão experimental da relação entre a geometria do condutor e sua resistência elétrica. O tema resistores foi trabalhado de modo inovador e criativo utilizando lápis de grafite para construir os resistores de diversos tamanhos e espessuras e depois foram realizadas medidas utilizando o multímetro.

Ao longo de dois anos Quintas e Carvalho (2016) investigaram três escolas portuguesas em turmas do 9º ano do ensino básico onde foram elaborados e usados vários recursos educativos com o tema eletricidade. O objetivo dessa proposta foi trabalhar conceitos da eletricidade utilizando metodologias diferentes das tradicionais, na busca de promover ambientes mais favoráveis para a aprendizagem. Para isso foi utilizado a exploração de materiais didáticos interativos que foi dividido na realização de atividades práticas de laboratório, Roteiro de exploração de Software educativo, Roteiro de Exploração de vídeo Educativo, WebQuest e Quizzes. Durante a investigação os alunos foram divididos em um

grupo experimental e um grupo de controle. Uma análise dos resultados obtidos nas avaliações dos alunos do grupo experimental mostrou um domínio maior relacionado ao conteúdo da eletricidade o que validou a hipótese de que a aprendizagem dos alunos é mais favorável quando os professores são adequadamente preparados para práticas letivas que promovem o trabalho cooperativo com exploração de recursos e estratégias interativas.

Na dissertação de Barros (2015) foi construída uma UEPS sobre os conceitos de eletrodinâmica com duas turmas de ensino médio. Uma turma foi chamada de controle e foi ministrada aulas tradicionais. A outra turma chamada de experimental e foi submetida à sequência didática e atividades experimentais organizados em uma UEPS. Foram realizadas atividades experimentais, medidas de grandezas Físicas por meio de multímetro, investigação em um chuveiro elétrico além de aulas expositivas com os conteúdos: corrente elétrica, tensão, resistência, energia e potência elétrica. Antes de aplicar as atividades propostas na UEPS, o autor realizou um teste de sondagem nas duas turmas para compará-las antes da aplicação da metodologia e para identificar o conhecimento prévio. Ao término da aplicação da UEPS, as duas turmas foram submetidas a um segundo teste que teve o propósito de avaliar o conhecimento assimilado pelo aprendiz após a realização da sequência didática. O resultado mostrou que na análise dos dados foi possível inferir que a turma experimental teve um crescimento conceitual, e os resultados sugerem a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

Lara (2014) propôs em sua dissertação um projeto de investigação sobre o consumo de energia elétrica de uma escola, feito por alunos de uma turma do 3º ano do ensino médio, como uma forma alternativa para o ensino de conceitos de eletricidade. O projeto foi desenvolvido por meio de um questionário inicial para averiguar o conhecimento prévio, textos de apoio sobre conceitos básicos de eletricidade, utilização de multímetro para realização de medidas de grandezas físicas, simulações sobre o consumo de energia elétrica utilizando sites da internet, investigação das possíveis causas do excesso de consumo de energia através da análise da potência dos aparelhos elétricos, construção de relatórios parcial e final sobre a pesquisa realizada na escola acerca do desperdício de energia elétrica. O autor afirma que o trabalho foi muito exitoso, baseado em sua percepção do desempenho dos alunos e nos resultados do questionário final e acredita que é possível aplicar esse projeto por outros professores adequando o produto educacional produzido por ele à realidade de cada escola.

Fonseca (2015) desenvolveu em sua dissertação uma sequência didática sobre tópicos de eletricidade na modalidade de educação de jovens e adultos. A sequência didática

contemplou os conteúdos de tensão elétrica, corrente elétrica, potência elétrica e energia elétrica. Foram utilizadas diversas estratégias pedagógicas como construção de circuitos elétricos, análise do chuveiro elétrico e da conta de energia residencial, investigação de grandezas físicas e suas respectivas unidades de medida em aparelhos elétricos por meio de observação em imagens desses equipamentos levados pelo professor, exposto em data show, além de recortes de revistas jornais e panfletos de lojas com informações sobre as grandezas: potência elétrica, tensão elétrica, corrente elétrica e frequência. Fizeram uma discussão do significado das grandezas e unidades de medidas e em seguida construíram uma tabela com essas grandezas.

Além dessas atividades, houve ainda a construção de maquetes envolvendo circuitos elétricos. A avaliação se deu por meio de mapas conceituais, teste prévio e avaliação escrita. A sequência didática foi bem recebida pelos alunos o que contribuiu para que o autor pudesse repensar sua prática pedagógica com essa modalidade de ensino. Os resultados obtidos sugerem que essa proposta significou uma mudança para tornar o ensino de Física contextualizado e mais significativo, capaz de relacionar conceitos científicos com situações concretas do cotidiano.

Lara, Araújo e Silveira (2014), com base na dissertação de Lara, elaboraram textos de apoio para auxiliar o professor de Física, propondo o ensino de conceitos básicos de eletricidade por meio da análise do consumo de energia elétrica na escola, aplicada a alunos do 3º ano do Ensino Médio. Esse material tem por base a aprendizagem significativa de Ausubel e contém orientações e materiais necessários para o professor reproduzir ou adaptar essa proposta didática para a sua realidade em sala de aula.

Na literatura pesquisada para essa dissertação encontramos uma quantidade significativa de trabalhos que utilizassem o referencial teórico da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), com o propósito de investigar no ensino de Física os avanços na aprendizagem dos alunos do 3º ano do ensino médio e em outros níveis de ensino sobre conteúdos relacionados ao tema eletrodinâmica, por isso, julgamos importante a realização dessa pesquisa. Entre os trabalhos analisados, alguns apresentaram propostas parecidas com a que foi utilizada nessa dissertação.

A análise dos artigos e dissertações presente nessa revisão mostrou que o tema eletricidade precisa ser trabalhado de maneira diferente da forma tradicional, pois ficou claro com essas pesquisas que a aprendizagem dos alunos foi melhor quando se utilizou

ferramentas como simulação, experimento, mapas conceituais no processo de ensino aprendizagem.

As dissertações investigadas optaram em trabalhar tópicos da Eletrodinâmica, utilizando diversas estratégias que favorecessem a aprendizagem dos alunos. A proposta de Barros (2015) foi a construção de uma UEPS sobre conceitos da eletrodinâmica e incluiu também nessa proposta atividades para verificar o conhecimento prévio dos alunos, atividades experimentais e testes para constatar a ocorrência de aprendizagem significativa. A proposta desse autor está muito próxima do que almejamos fazer nessa dissertação.

Lara (2014) faz uma investigação do consumo de energia elétrica de uma escola com alunos do ensino médio e trabalhou conceitos de eletricidade a partir do conhecimento prévio dos alunos. Já Fonseca (2015) trabalhou tópicos de eletricidade na modalidade de educação de jovens e adultos utilizando várias estratégias pedagógicas organizadas em uma sequência didática.

Em nossa dissertação, trabalhamos os conceitos de corrente elétrica por meio de circuitos elétricos, de atividades experimentais e do uso de mapas conceituais. Diferente das simulações percebemos que os experimentos fascinam ainda mais os alunos, por permitir o contato direto com o fenômeno. De acordo com os resultados apresentados nos trabalhos investigados percebe-se que a inclusão de simulação, ambientes virtuais ou experimentos no estudo de circuitos elétricos, assim como do mapa conceitual, têm despertado e melhorado a aprendizagem dos alunos.

2.2 Teoria da Aprendizagem Significativa

O processo de ensino aprendizagem requer comprometimento e dedicação tanto de quem ensina, quanto de quem aprende, particularmente em contextos escolares de sala de aula. Esse processo nem sempre é simples de ser realizado, pois os métodos utilizados por professores, muitas vezes não estimulam o interesse dos alunos e geralmente o que é decorado logo é esquecido. Diante desse contexto, a Teoria da Aprendizagem Significativa desde a década de 60 defende que o principal processo de aprendizagem significativa é por recepção, sendo essencialmente um processo ativo, que exige ação e reflexão do aluno e que é facilitada pela organização cuidadosa da matéria e das experiências de ensino, Ausubel (2003).

Segundo Moreira (2012), o núcleo da aprendizagem significativa é a interação cognitiva entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios, aos quais Ausubel (2000, Moreira, 2006 b) chamam de conceitos subsunçores. A interação entre o novo conhecimento e aquele que o aprendiz já possuía na sua estrutura cognitiva faz com que ambos os conhecimentos se modifiquem e assim o novo passe a ter significados para o indivíduo e o prévio adquira nos significados, ficando mais diferenciado, mais elaborado. Isso acontece quando um novo conteúdo é apresentado por meio de um material potencialmente significativo, relacionando-se com a estrutura cognitiva do estudante de forma não arbitrária e não literal. Como afirma Mendonça (2012, p. 47), “a interação entre significados potencialmente novos e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá lugar a significados reais ou psicológicos, posto que a estrutura cognitiva de cada pessoa é única e todos os novos significados adquiridos também são únicos”. Esses tipos de aprendizagem se opõem à maneira tradicional de ensinar que ainda é utilizada por muitos professores que fazem uso de técnicas que favorecem uma aprendizagem mecânica, aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada, logo após, como afirma Moreira (2011a).

A aprendizagem significativa apresenta como princípios facilitadores, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. De acordo com Moreira (2011a, pag.20),

Na diferenciação progressiva o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) é resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. Enquanto que a reconciliação integradora, ou integrativa é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações.

Para que haja a aprendizagem significativa, se faz necessária a ocorrência de duas condições: a primeira é que o material seja potencialmente significativo e a segunda é que o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. O material deve se relacionar com determinados conhecimentos que o aprendiz possui de maneira não arbitrária e não literal. A predisposição para aprender não está relacionada com a motivação ou ao fato de gostar da matéria como afirma Moreira (2011a). O aluno deve se predispor a relacionar interativamente os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos.

2.3 Mapa Conceitual como Recurso Didático facilitador da Aprendizagem Significativa

O uso dos mapas conceituais nessa dissertação se deu por ser um instrumento que tem se mostrado muito eficaz não apenas para identificar o conhecimento prévio do aluno, mas também por funcionar como organizador prévio como afirma Moreira e Mendonça (2012).

Os mapas conceituais, entre os seus muitos usos, permitem a avaliação do conhecimento prévio, o diagnóstico das concepções alternativas, a utilização como um mecanismo para ilustrar a natureza hierárquica, conceitual e proposicional do conhecimento, e também como mecanismo metacognitivo para ajudar os alunos a reorganizar as estruturas cognitivas em padrões mais fortemente integrados, promovendo assim a aprendizagem significativa. Ainda, segundo Mendonça (2012, p. 61):

Os mapas conceituais são representações ordenadas hierarquicamente, com um conceito superordenado no topo. Cada conceito subordinado deve ser mais específico e menos geral do que o conceito que se encontra acima dele, do ponto de vista do contexto do mapa. Os conceitos são ligados por linhas, legendadas com palavras de ligação que expressam a relação entre eles, formando proposições. As ligações cruzadas – que são representadas por linhas ponteadas, por convenção – estabelecem a ponte entre conceitos de distintos segmentos da hierarquia conceitual, criando proposições novas e perspicazes. Os exemplos são colocados na parte inferior do mapa, embaixo dos conceitos a que se referem. A construção de um mapa requer uma compreensão acerca das ideias transmitidas pelos conceitos, promovendo a capacidade para usar conceitos como base da linguagem científica. O mapa conceitual exige de quem o constrói que dê prioridade aos conceitos selecionados e faça uso prudente deles.

2.4 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS

A proposta de criação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), deu-se por encontrar nessa sequência didática uma forma de reunir um conjunto de ferramentas pedagógicas capaz de trabalhar os principais conceitos da eletrodinâmica de maneira diferente de como geralmente é discutido com alunos do ensino médio. De acordo com Moreira (2011b), a UEPS é uma sequência de ensino fundamentada teoricamente, voltada para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula.

A UEPS deve reunir um conjunto de atividades que busquem a aprendizagem significativa do aluno obedecendo aos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora com uma organização sequencial. Moreira (2011b) propõe alguns passos a serem seguidos na elaboração de uma UEPS:

1. Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;

2. Criar/propor situações – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;

3. Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar. Estas situações problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo. Tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; 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; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios). Estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

4. Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com

aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade, dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora. Após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador, esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6. Concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc. O importante não é a estratégia em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade. Após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores. Essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado, além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por

professores experientes na matéria de ensino. A avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo, por isso a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Moreira (2011b) ressalta ainda alguns aspectos transversais:

- Em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados;
- Como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativas ao tópico em questão;
- Embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais.

3 TÓPICOS DA ELETRODINÂMICA

3.1 Por que é importante que os alunos aprendam alguns conceitos da Eletrodinâmica?

O estudo dos conteúdos relacionados ao conceito mais geral que é a eletricidade, geralmente é acompanhado de abstração, esse é um dos motivos das dificuldades dos alunos do ensino médio. Alguns conceitos trabalhados no 3º ano do ensino médio relacionados ao conteúdo estudado da eletrodinâmica serão abordados aqui. Esses conteúdos serão discutidos e trabalhados nesta dissertação por meio de atividades experimentais, simulações, aplicativos de celular, análise de conta de energia, investigação de grandezas físicas em equipamentos elétricos residenciais e uso de mapas conceituais. O objetivo é trabalhar conteúdo de modo diferente do que vem sendo aplicado tradicionalmente nas escolas, pois esse modelo não tem se mostrado eficiente já que os estudantes não conseguem dar significado aos conceitos apresentados em sala de aula.

3.2 Circuitos Elétricos

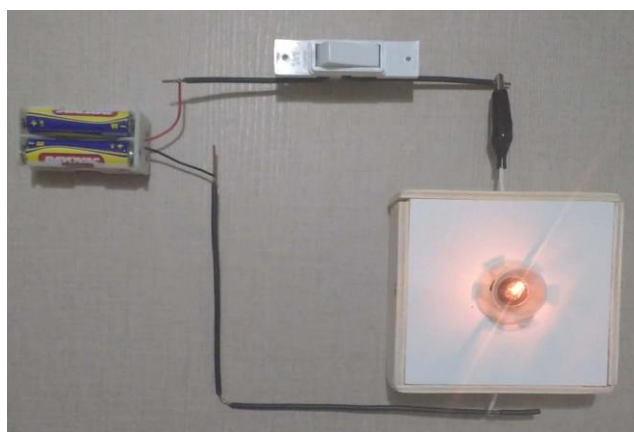
Os circuitos elétricos estão presentes em várias situações envolvendo equipamentos elétricos, seja em uma instalação elétrica residencial ou em uma simples lanterna que necessita de pilhas para seu funcionamento.

Um circuito elétrico é formado por um conjunto de componentes interligados que permitem a passagem da corrente elétrica através de um ou mais caminhos quando está ligado a um gerador. Se o caminho da corrente elétrica é único dizemos que o circuito elétrico é simples como o da figura 1 exposta a seguir. Entre os componentes dos circuitos elétricos temos: gerador elétrico, dispositivo capaz de transformar em energia elétrica outra modalidade de energia; receptor elétrico, dispositivo que transforma energia elétrica em outra modalidade de energia; resistor elétrico, dispositivo que transforma toda energia elétrica consumida integralmente em calor; dispositivos de manobra, que servem para acionar ou desligar um circuito elétrico; dispositivo de segurança, que ao serem atravessados por uma corrente de intensidade maior que a prevista, interrompem a passagem da corrente elétrica, preservando a destruição dos demais elementos do circuito e dispositivos de controle, utilizados nos circuitos elétricos para medir ou detectar a intensidade da corrente elétrica e diferença de potencial em um circuito.

Assim, esse conteúdo, circuito elétrico, foi trabalhado nessa dissertação por meio de experimento construído pelos alunos quando envolvia o 3º passo da UEPS, usando fios condutores, fonte de 12V ligada na tomada, lâmpadas de farol de automóvel e interruptores. Nesse experimento os alunos diferenciaram um circuito aberto e fechado e realizaram medidas das grandezas, corrente elétrica, voltagem e resistência por meio do multímetro.

Um circuito elétrico é dito fechado quando a passagem da corrente elétrica não é interrompida com uma abertura no caminho da corrente elétrica. O circuito é considerado aberto quando a passagem da corrente elétrica é interrompida. Geralmente esse controle de deixar o circuito aberto ou fechado é feito por um dispositivo de manobra (chave liga desliga ou interruptor). Dorneles, Araújo e Veit. (2006), utilizaram simulação e modelagem computacional com alunos do 2º período de Engenharia por meio do software Modellus para trabalhar o conceito circuitos elétricos. Eles também realizaram montagens dos circuitos e analisaram as grandezas físicas envolvidas.

Figura 1- Circuito elétrico simples



Fonte: Imagem do autor

3.3 Corrente Elétrica

Uma corrente elétrica pode ser entendida como um fluxo de carga elétrica. Em circuitos formados por fios de metal, são os elétrons que formam a corrente, os elétrons de condução. Em fluidos condutores – tais como o líquido usado nas baterias de carro – entretanto são íons positivos que normalmente constituem o fluxo de carga elétrica, Hewitt (2002). Para que haja uma corrente elétrica através de determinada superfície é necessário que exista um fluxo líquido de cargas através dessa superfície.

Os elétrons livres (elétrons de condução) que existem no interior de um fio de cobre se movem em direções aleatórias com uma velocidade média da ordem de 10^6 m/s. Se fizermos passar um plano imaginário perpendicularmente a um fio de cobre, elétrons de condução passarão pelo plano nos dois sentidos bilhões de vezes por segundo, mas não haverá um fluxo líquido de cargas e, portanto, não haverá uma corrente elétrica no fio. Se ligarmos as extremidades do fio a uma bateria, porém, o número de elétrons que atravessam o plano em um sentido se tornará ligeiramente maior que o número de elétrons que atravessam o plano no sentido oposto, em consequência, haverá um fluxo líquido de cargas e, portanto, uma corrente elétrica no fio (Halliday; Resnick; Walker, 2012, p.133).

O tema, corrente elétrica, foi trabalhado por Pacca *et.al.* (2003) por meio de desenhos feitos pelos alunos após duas perguntas, discutindo a corrente elétrica a partir do entendimento da estrutura atômica. O artigo de Leite, Lourenço e Hernandez (2011), discutiu o tema por meio de uma sequência de ensino, fazendo uso de experimentos e mapas conceituais.

3.3.1 Corrente Contínua e Corrente Alternada

A corrente elétrica pode ser contínua (cc) ou alternada (ca). A corrente contínua refere-se ao fluxo de carga em um único sentido. Uma bateria produz uma corrente contínua em um circuito porque seus terminais sempre possuem a mesma polaridade. Os elétrons se movem do terminal negativo, que os repele, para o terminal positivo, que os atrai, sempre no mesmo sentido de movimento ao longo de um circuito como afirma Hewitt (2002).

A corrente alternada é aquela cujo sentido se inverte. Os elétrons se movem em torno de posições fixas, primeiro em um sentido e depois no sentido oposto. De acordo com Hewitt (2002), isso é realizado por uma alternância de polaridade da voltagem do gerador ou de outra fonte de voltagem. A corrente que se estabelece em uma rede elétrica residencial no Brasil quando algum aparelho é ligado a ela, por exemplo, envolvem voltagens e correntes que se alternam de um lado para outro com uma frequência de 60 ciclos por segundo, o que dá origem a uma frequência de 60 hertz. Erthal e Gaspar (2006) trabalharam a corrente alternada através da aplicação de atividades experimentais com alunos do ensino médio, por entenderem que esse conteúdo está presente no cotidiano dos alunos e não é contemplado durante as aulas por professores do ensino médio. A aplicação de experimentos, pelos autores,

envolveu os seguintes temas: a polia de arrastamento magnético, variação do campo magnético no interior de uma bobina, gerador eletromagnético e o motor síncrono.

A diferença entre as correntes contínuas e alternadas decorre do modo como elas são geradas. A corrente contínua se origina da liberação constante e uniforme dos elétrons em geradores químicos (pilhas ou baterias), enquanto a corrente alternada se origina de campos elétricos oscilantes gerados mecanicamente, por meio de rotação de bobinas ou ímãs como afirma Gaspar (2010).

3.3.2 Sentido da Corrente elétrica

O sentido real da corrente elétrica é o do deslocamento dos elétrons livres nos sólidos, ou dos íons negativos em líquidos e gases. Por razões históricas, convencionou-se que o sentido da corrente elétrica é o sentido de movimentação das cargas positivas, ou seja, o mesmo sentido do vetor campo elétrico, presente no interior do condutor. De acordo com (Halliday; Resnick; Walker, 2012), podemos usar essa convenção porque na maioria das situações, supor que portadores de cargas positivas estão se movendo em um sentido tem exatamente o mesmo efeito que supor que portadores de cargas negativas estão se movendo no sentido oposto.

3.3.3 Intensidade de Corrente elétrica

Se considerarmos um condutor em um circuito percorrido por uma corrente elétrica, definimos a corrente elétrica i como a razão entre a quantidade de carga ΔQ e o intervalo de tempo Δt para que essa carga atravesse uma seção de área desse condutor, ou seja:

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

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

3.3.4 Efeitos provocados pela Corrente Elétrica

Dependendo da natureza e da intensidade da corrente elétrica, ela pode implicar diferentes efeitos, entre os quais se destacam o magnético, o térmico (joule), o químico, o luminoso e o fisiológico. Destes, o único que ocorre sempre é o efeito magnético, Yamamoto e Kazuhito (2016). O efeito térmico é aquele em que ocorre a transformação de energia elétrica em térmica provocado pela colisão entre os elétrons livres e seus átomos. No efeito magnético a corrente elétrica gera um campo magnético. O efeito químico ocorre quando a corrente elétrica atravessa uma solução iônica, podendo ocorrer eletrólise. No efeito luminoso a corrente elétrica atravessa um gás rarefeito, provocando a excitação eletrônica nas moléculas do gás, o que pode provocar a emissão de luz. O efeito Fisiológico é caracterizado pela passagem da corrente elétrica através de um organismo vivo produzindo contrações musculares conhecidas como choque elétrico.

O conceito corrente elétrica foi trabalhado durante a aplicação dessa UEPS, por meio de aulas dialogadas, relacionando os conceitos científicos com exemplos presente no cotidiano dos alunos, apresentados por eles durante as aulas. Após a apresentação e discussão do conteúdo em sala de aula, os alunos organizaram os principais conceitos envolvidos no estudo da corrente elétrica, estabelecendo relações entre eles de modo hierárquico, promovendo a diferenciação progressiva e reconciliação integradora na construção de mapas conceituais.

3.4 Diferença de Potencial

Para que haja uma corrente elétrica em um circuito é necessário um dispositivo capaz de fornecer uma diferença de potencial elétrico – uma Voltagem. Geradores elétricos e baterias químicas são exemplos desses dispositivos. De acordo com (Halliday; Resnick; Walker, 2012), em um circuito fechado feito de material condutor, mesmo que exista um excesso de cargas, todos os pontos possuem o mesmo potencial. Não pode existir um campo elétrico no interior do material ou paralelo à superfície. Nessa situação, quando é inserida uma bateria no circuito, o potencial não é mais o mesmo e campos elétricos são criados, exercendo uma força sobre os elétrons de condução, produzindo uma corrente elétrica. A unidade de diferença de potencial elétrico (vtagem) é o volt. Uma pilha comum de 9 V, fornecerá essa vtagem ao circuito que for conectado aos seus terminais. Assim 9 joules de energia são fornecidos a cada coulomb que é forçado a fluir pelo circuito.

Existe frequentemente alguma confusão entre o fluxo de carga através de um circuito e a vtagem imprimida ou aplicada através do circuito. Podemos distinguir entre essas duas

ideias considerando um tubo comprido cheio de água. A água fluirá através do tubo se existir uma diferença de pressão através deste, ou seja, entre suas extremidades. A água flui da extremidade onde é alta a pressão para aquela onde a pressão é baixa. Apenas a água flui, não a pressão. Analogamente, a carga elétrica flui através de um circuito porque existe uma voltagem aplicada através do circuito. Você não pode dizer que a voltagem flui através do circuito. A voltagem não vai a lugar algum, pois são as cargas que se movimentam. A voltagem produz a corrente se existe um circuito completo (Hewitt, 2002, p.394).

O conceito diferença de potencial foi trabalhado nessa UEPS juntamente com o estudo dos circuitos elétricos e da corrente elétrica, onde os alunos utilizaram o multímetro para realizar medidas dessa grandeza e descobriram a função da bateria e da tomada utilizada para ligar a fonte que reduz a voltagem de 220V para 12V no experimento nº 1, realizado no terceiro passo da UEPS, que foi a montagem de circuitos elétricos simples pelos alunos.

3.5 Potência e Energia Elétrica

Ao se movimentar através de um condutor que oferece certa resistência, a carga elétrica gasta energia. A energia potencial elétrica que receberam do gerador se transforma em outro tipo de energia dependendo do uso que se faz dela: térmica, luminosa, química etc. A taxa com a qual a energia elétrica é convertida em outra forma, tal como energia mecânica, calor ou luz, é chamada de potência elétrica e pode ser expressa na forma:

$$P = U \cdot i$$

A unidade de potência elétrica é o volt-ampère (V.A), mas a potência elétrica também pode ser escrita na forma:

$$1V \cdot A = \left(1 \frac{J}{C}\right) \left(1 \frac{C}{s}\right) = 1 \frac{J}{s} = 1W$$

Os fabricantes costumam gravar a potência que o aparelho consome e a ddp sob a qual esse consumo é realizado. Na lâmpada de automóvel da figura 2, utilizada no experimento nº 1 sobre circuitos elétricos, por exemplo, é possível identificar a potência ($P = 5W$) que ela consome ao ser ligada e a ddp ($U = 12V$) sob a qual sua ligação deve ser feita.

Figura 2 – Lâmpada de automóvel 5W – 12V



Fonte: Imagens do autor

O trabalho da força elétrica $T = \Delta q \cdot U$ corresponde à energia elétrica E consumida pelo aparelho. Então, podemos escrever $E = \Delta q \cdot U$. Considerando que esse consumo ocorreu num intervalo de tempo Δt , podemos escrever:

$$P = \frac{T}{\Delta t} \Rightarrow T = P \cdot \Delta t \quad \text{ou} \quad E = P \cdot \Delta t$$

Com essa equação é possível calcular o consumo de energia de um determinado aparelho conhecendo sua potência e o tempo de uso. Se a potência for expressa em Watt (W) e o tempo em segundo (s), a energia será expressa em joule (J). Essa energia poderia ser medida em joules (unidade do SI), em praticamente todos os países do mundo, entretanto as companhias de eletricidade usam medidores calibrados em KWh (quilowatt-hora). Lara (2014) desenvolveu um trabalho sobre o consumo de energia elétrica de uma escola feito por alunos de uma turma do 3º ano, com atividades de simulações sobre o consumo de energia elétrica utilizando sites da internet, investigação das possíveis causas do excesso de consumo de energia através da análise da potência dos aparelhos elétricos e finalizaram construindo relatórios parciais e finais sobre essa pesquisa realizada na escola, que teve como foco no desperdício de energia elétrica.

Assim, $1kwh$ é a energia consumida por um aparelho com potência de 1 quilowatt funcionando durante 1 hora. Lembrando que $1kw = 1000w$ e $1h = 3600 s$, a relação entre essa unidade prática de energia e o joule, unidade do SI, é:

$$1,0 kwh = 1000w \cdot 3600 s = 3,6 \cdot 10^6 W \cdot s = 3,6 \cdot 10^6 J$$

O conceito Potência elétrica foi trabalhado em vários momentos durante a aplicação dessa UEPS. Inicialmente os alunos realizaram investigação em aparelhos elétricos de suas residências e identificaram a potência de cada um. Os dados dessa pesquisa foram utilizados para simular o consumo de energia elétrica de cada aparelho elétrico por meio de um

aplicativo de celular, conhecendo sua potência e o tempo de uso. O significado do kwh foi discutido utilizando as contas de energia elétrica levada pelos alunos.

3.6 Resistência Elétrica e Resistores

O valor da corrente elétrica em um circuito depende da fonte de voltagem ao qual está ligado, mas também da resistência oferecida pelo condutor ao fluxo das cargas elétricas. A resistência de um fio condutor, por exemplo, depende da sua espessura, do seu comprimento e do material de que é feito. A resistência elétrica também depende da temperatura. Hewitt (2002) afirma que, quanto menor a agitação dos átomos dentro de um condutor, menor a resistência que ele oferece ao fluxo de carga. Para a maioria dos condutores um aumento de temperatura significa um aumento de resistência. Os supercondutores, por exemplo, apresentam resistência nula por apresentarem temperaturas muito baixas.

De acordo com Yamamoto e Fuke (2016), resistência elétrica é a capacidade de um objeto de opor-se à passagem de corrente elétrica, quando submetido a uma diferença de potencial. Um dos efeitos provocados pela passagem da corrente elétrica em um condutor é o efeito térmico, também conhecido como efeito joule. Esse efeito da corrente elétrica foi discutido e debatido com os alunos no decorrer dessa UEPS, durante as aulas por meio de experimentos envolvendo a resistência de um chuveiro elétrico e observação do aquecimento em um filamento de uma lâmpada incandescente, além de diversos exemplos envolvendo aparelhos elétricos presente no cotidiano dos alunos como, a chapinha, o ferro de passar roupas, a sanduicheira etc.

Os condutores que convertem a energia elétrica exclusivamente em calor são chamados de resistores. Os resistores são utilizados em aparelhos elétricos cuja função é aquecer como: o chuveiro elétrico, o ferro de passar roupas etc. No chuveiro elétrico, figura 3, o resistor é um fio de nicromo enrolado em forma de hélice, na lâmpada incandescente figura 4, o filamento de tungstênio torna-se luminoso ao ser aquecido pela passagem da corrente elétrica.

Figura 3 - Resistores de um chuveiro elétrico



Fonte: Imagens do autor

Figura 4 - Lâmpada incandescente



Fonte: Imagens do autor

3.7 Resistores e Lei de Ohm

Um resistor quando submetido a uma ddp U em seus terminais é percorrido por uma corrente elétrica i , mantendo-se a temperatura constante, há resistores em que, embora os valores de U e i se modifiquem, a relação entre essas duas grandezas não se modificam. Assim:

$$\frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \frac{U_3}{i_3} = \dots = \frac{U_n}{i_n} = \text{constante}$$

Resistores em que vale essa característica são denominados Resistores Ôhmicos. George Simon Ohm (1789 – 1854) demonstrou experimentalmente que, se a temperatura do resistor permanecer constante, a intensidade de corrente i mantém-se diretamente proporcional à ddp U empregada.

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

Essa expressão é conhecida como primeira lei de ohm. A unidade de resistência no SI é o volt por ampère que é substituída por ohm (Ω). Assim,

$$1 \text{ ohm} = 1\Omega = 1 \text{ V/A}$$

Os resistores em que a ddp U não é proporcional à intensidade de corrente i , são denominados resistores não ôhmicos.

É frequente ouvir-se a afirmação de que $U = i \cdot R$ é uma expressão matemática da lei de Ohm. Isso não é verdade! A equação é usada para definir o conceito de resistência e se aplica a todos os dispositivos que conduzem corrente elétricas, mesmo aos que não obedecem a lei de Ohm. Se medirmos a diferença de potencial U entre os terminais de qualquer dispositivo e a corrente i que atravessa o dispositivo ao ser submetido a essa diferença de potencial, podemos calcular a resistência do dispositivo para esse valor de U como $R = U/i$, mesmo que se trate de um dispositivo, como diodo semicondutor que não obedece à lei de Ohm. A essência da lei de Ohm, por outro lado, está no fato de que o gráfico de i em função de U é linear, ou seja, de que R não depende de U . (Halliday; Resnick; Walker, 2012, pag.143).

A resistência de um condutor pode ser calculada em termo do seu comprimento (L), sua área de seção transversal (A) e da resistividade. A resistividade (ρ) é uma característica do material de que é feito o resistor e depende também da temperatura alcançada por ele. A tabela 1 traz os valores de resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente.

Tabela 1- Resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente (20°C)

Material	Resistividade, ρ ($\Omega \cdot m$)
Materiais Típicos	
Prata	$1,62 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$
Ouro	$2,35 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$
Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$
Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$
Semicondutor Típico	
Silício puro	$2,5 \times 10^3$
Isolantes Típicos	
Vidro	$10^{10} - 10^{14}$
Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$

Fonte: Adaptado Halliday; Resnick; Walker. (2012, pag.141)

Tendo um resistor em forma de fio, Ohm verificou experimentalmente que sua resistência elétrica R é diretamente proporcional ao seu comprimento l e inversamente proporcional à área A de uma seção transversal dele. Assim:

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

Essa expressão é conhecida como segunda lei de Ohm. No SI a unidade para resistividade (ρ) é o $\Omega \cdot m$ (ohm-metro). As leis de Ohm foram estudadas no quinto passo da UEPS, utilizando simulações por meio do aplicativo de celular Chemistry e Physics Simulations, onde os alunos puderam alterar determinadas grandezas e observar o que acontecia com as demais.

Podemos falar ainda de condutividade σ de um material, que é o inverso de sua resistividade.

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

No SI a unidade de condutividade é o ohm-metro recíproco, $(\Omega \cdot m)^{-1}$.

3.7.1 Resistores Associados em Série

A figura 5 mostra, no experimento realizado nessa dissertação, três lâmpadas ligadas em série a uma fonte de 12V que está ligada a rede elétrica de 220V. Nesse circuito, as diferenças de potencial entre os terminais de cada lâmpada produzem a mesma corrente i em todas as lâmpadas.

Figura 5 - Lâmpadas associadas em série



Fonte: Imagens do autor

Para uma associação desse tipo, (Halliday; Resnick; Walker, 2012), afirma que quando uma diferença de potencial U é aplicada a corrente i é a mesma em todas as resistências e a soma das diferenças de potencial das resistências é igual à diferença de potencial aplicada U . Para uma associação de três resistores em série temos,

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

E ainda, as resistências ligadas em série podem ser substituídas por uma resistência equivalente R_{eq} percorrida pela mesma corrente i com a mesma diferença de potencial total U que as resistências originais.

$$R_{eq} = \sum_{j=1}^n R_j \quad (n \text{ resistências ligadas em série})$$

Como a intensidade de corrente i é a mesma em todos os resistores, temos:

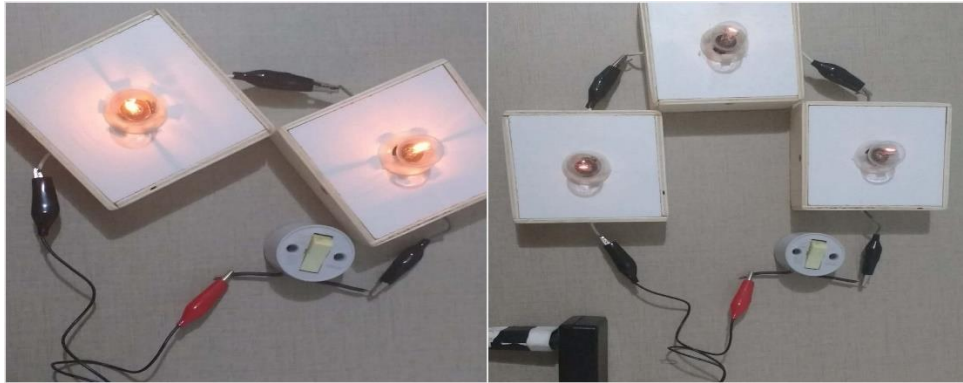
$$P = U \cdot i \quad U = R \cdot i \quad P = R \cdot i^2$$

Podemos concluir que, a potência elétrica dissipada e a ddp são diretamente proporcionais à resistência elétrica dos resistores. Assim, dissipa maior potência e está submetido à maior ddp o resistor que tiver maior resistência elétrica como afirmam (Torres et al. 2013).

À medida que incluímos mais lâmpadas no circuito em série, conforme a figura 6, observa-se uma diminuição no brilho, já que a resistência está aumentando e a intensidade da corrente e a potência dissipada diminuem.

Uma desvantagem desse tipo de ligação está no fato de se uma lâmpada queimar ou for suprimida, as demais deixam de funcionar, pois deixará de passar a corrente elétrica. A figura 6 mostra lâmpadas de farol de carro, interruptor, fios condutores e fonte de 12 V utilizados no experimento nº 4, 6º passo da UEPS, onde os alunos construíram circuitos elétricos com lâmpadas associadas em série, observaram e realizaram medida da corrente elétrica e voltagem utilizando o multímetro.

Figura 6– Brilho das lâmpadas na associação em série



Fonte: Imagens do autor

3.7.2 Resistores Associados em Paralelo

A figura 7 mostra três lâmpadas ligadas em paralelo a uma fonte de 12V, ligada na rede elétrica de 220V. O termo em “paralelo” significa que um dos terminais de todas as lâmpadas está ligado a certo ponto, o outro terminal de todas as lâmpadas está ligado a um segundo ponto e uma diferença de potencial U é aplicada entre esses pontos. Assim, a mesma diferença de potencial é aplicada em todas as lâmpadas. Como afirma (Halliday; Resnick; Walker, 2012), quando uma diferença de potencial U é aplicada a resistências ligadas em paralelo, todas as resistências são submetidas para mesma diferença de potencial. As resistências podem ser substituídas por uma resistência equivalente R_{eq} , com a mesma diferença de potencial e a mesma corrente total i que as resistências originais.

A resistência equivalente na associação de resistores em paralelo é dada por:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j} \quad (n \text{ resistências em paralelo})$$

Figura 7- Circuito em paralelo



Fonte: Imagens do autor

Diferente da associação de resistores em série, na associação de resistores em paralelo, mantendo-se uma ddp constante, a retirada de uma lâmpada do circuito não modifica em nada o funcionamento das demais como pode se observar na figura 8. Por esse motivo, esse tipo de ligação é a mais indicada para uma instalação elétrica residencial. A corrente total no circuito é igual à soma das correntes em seus ramos paralelos. Rocha Filho, et al. (2003) trabalhou a associação de resistores em série e em paralelo utilizando resistores feitos de grafite depositado sobre papel. Os resistores foram construídos utilizando lápis de grafite com ponta larga e um multímetro para realizar as medidas.

Hewitt (2002) destaca ainda para esse tipo de circuito:

1. A corrente total no circuito se divide entre os vários ramos paralelos. Como a voltagem através de cada ramo é a mesma, sua corrente é inversamente proporcional à resistência do ramo – ou seja, a lei de Ohm se aplica separadamente a cada ramo.
2. Quando o número de ramos paralelos aumenta, a resistência total do circuito diminui. A resistência total diminui a cada caminho adicionado entre dois pontos quaisquer do circuito. Isso significa que a resistência total do circuito é menor do que a resistência de qualquer um dos seus ramos (Hewitt 2002, p.402).

Figura 8 – Circuitos em paralelo



Fonte: Imagens do autor

Esse tipo de circuito com lâmpadas associadas em paralelo, também foi construída pelos alunos durante o 6º passo da UEPS. Após a montagem do circuito com lâmpadas em

paralelo os alunos realizaram medidas e compararam os resultados obtidos com as medidas realizadas na associação em série.

A tabela 2 traz de forma resumida as principais diferenças entre a associação de resistores em série e em paralelo.

Tabela 2 – Principais diferenças entre associação de resistores em série e em paralelo

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES	
Em série	Em paralelo
Resistores	
$R_{eq} = \sum_{j=1}^n R_j$	$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}$
A corrente é a mesma em todos os resistores	A diferença de potencial é a mesma em todos os resistores

Fonte: Adaptado Halliday; Resnick; Walker. (2012, pag.168)

4 METODOLOGIA

4.1 A Pesquisa

Esta pesquisa se caracteriza como qualitativa e interpretativa, Alves-Mazzotti (1996, 2001), Moreira, (1990, 1999, 2003). É qualitativa porque o interesse central está nos significados que as pessoas, em suas ações e interações, atribuem dentro de um contexto social. É interpretativa porque presume que as microculturas das salas de aulas diferem de uma para outra (Erickson, 1986, p. 130).

A pesquisa interpretativa procura analisar criticamente cada significado em cada contexto (MOREIRA, 2011c, p. 49).

O investigador interpretativo observa participativamente, de dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse, anotando cuidadosamente tudo o que acontece nesse ambiente, registrando eventos – talvez através de audiotapes ou de videotapes -, coletando documentos tais como trabalhos de alunos, materiais distribuídos pelo professor, ocupa-se não de uma amostra no sentido quantitativo, mas de grupos ou indivíduos em particular, de casos específicos, procurando escrutinar exaustivamente determinada instancia tentando descobrir o que há de único nela e o que pode ser generalizado a situações similares (MOREIRA, 2011, p. 50).

Esta pesquisa teve como objetivo principal facilitar a aquisição de significados de alguns conceitos da eletrodinâmica: circuitos elétricos; diferença de potencial; corrente elétrica e sua intensidade; efeitos da corrente elétrica; potência elétrica e energia elétrica; resistência elétrica e leis de Ohm, com a finalidade de favorecer a aprendizagem sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel. Nesse contexto, os alunos tiveram a oportunidade de participar da construção de seus conhecimentos por meio de diferentes estratégias da negociação de significados sob situações reais de sala de aula, estimulados pelo professor, por sua trajetória docente e como conduz as aulas guiadas pelos princípios ausubelianos.

4.2 Público da Investigação

O público desse estudo foi composto por alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma Escola Pública Estadual situada na cidade de João Pessoa, estado da Paraíba, região nordeste do Brasil. O estudo contou com a participação de 21 alunos sendo (12 do sexo masculino e 9 do feminino) cuja idade média era 17 anos. O estudo ocupou o número de 19 aulas

previstas para o tema e a disciplina englobou 19 encontros de 45 minutos cada, em 8 semanas consecutivas. Os alunos foram identificados por letras seguidas de números (A1, A2, A3... A21) para preservar seus nomes.

4.3 Proposta, Passos, Etapas e Atividades realizadas na UEPS

A proposta apresentada teve como referência a escola pública e a disciplina de Física que está associada a grade curricular com aulas em 3 períodos semanais. O conteúdo de Eletrodinâmica faz parte da programação do 3º ano do Ensino Médio. Foi desenvolvida em aulas do componente curricular de Física no segundo semestre do ano de 2017, durante as aulas regulares. O principal objetivo foi favorecer a aprendizagem significativa (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980) dos alunos sobre os principais conceitos da eletrodinâmica utilizando-se várias estratégias pedagógicas organizadas em uma UEPS. Partindo deste propósito, apresentaremos por meio do quadro 1, o planejamento das etapas e atividades que serão inseridas na dinâmica das aulas.

A preparação da UEPS está de acordo com a proposta designada por Moreira (2011b), composta na forma de passos onde foram planejadas e desenvolvidas as atividades. O quadro 1 apresenta um esboço do que ocorreu nos 7 passos distribuídos em 19 aulas.

No capítulo seguinte, desenvolvimento, serão descritos as atividades, os instrumentos e os recursos realizados em cada passo. As atividades trabalhadas buscaram fazer uma relação entre os conceitos da Eletrodinâmica, presentes nos livros de Física e expressões comuns presentes no dia a dia dos alunos. O objetivo dessas atividades foi mostrar que os conceitos aprendidos durante as aulas podem ser úteis em situações diversas como, ao fazer uma análise da conta de energia elétrica e relacionar os aparelhos elétricos responsáveis pelo maior consumo de energia, assim como o significado das grandezas presente nos eletrodomésticos presentes em suas casas.

Quadro 1 - Sequências dos passos, etapas, aulas e atividades aplicadas na UEPS.

Passos	Etapas da UEPS	Nº/aulas	Atividades realizadas
1	Levantamento dos conhecimentos prévios	2	<ul style="list-style-type: none"> * Reflexão dos alunos sobre a importância da eletricidade; * Paralelo entre: passado e a atualidade com e sem energia elétrica; * Construção do 1º MC coletivo; * Construção de texto nº 1, pelos alunos sobre o conteúdo discutido na aula;

			<ul style="list-style-type: none"> * Entrega da tabela 1 para ser preenchida pelos alunos com grandezas físicas encontradas nos aparelhos elétricos de sua residência. * Aplicação de questionário para levantamento dos conhecimentos prévios, com cinco perguntas sobre corrente elétrica, potência, voltagem, diferença entre lâmpadas incandescentes, LED e fluorescentes, além dos cuidados para evitar o choque elétrico.
2	Aprofundando o conhecimento	3	<ul style="list-style-type: none"> * Debate sobre a função dos componentes de um circuito elétrico simples; * Atividade experimental nº 1 sobre circuito elétrico realizada em grupo; * Apresentação pelo professor da função dos componentes de um circuito elétrico simples. * Apresentação do multímetro e realização de medida das grandezas: corrente elétrica, voltagem e resistência elétrica; * Entrega do texto nº 2 sobre corrente elétrica e seus efeitos; * Apresentação do conteúdo corrente elétrica com o uso de data show e diálogo entre professor e alunos; * Elaboração e descrição texto nº 3, em dupla, referente ao 2º MC, sobre corrente elétrica.
3	Nova situação	4	<ul style="list-style-type: none"> * Investigação e discussão sobre os valores envolvidos na conta de energia elétrica; * Discussão sobre a pesquisa consumo dos aparelhos elétricos; * Utilização do aplicativo consumo elétrico para simular o consumo dos aparelhos elétricos presentes na residência dos alunos; * Discussão das atividades desenvolvidas com a conta de energia e o aplicativo de celular; * Discussão dos conteúdos, potência e energia elétrica a partir da leitura do texto nº 4 sobre esse conteúdo; * Resolução de problemas em sala de aula envolvendo os conteúdos, corrente

			<p>elétrica, voltagem, potência e energia elétrica a partir da interação entre professor e alunos;</p> <ul style="list-style-type: none"> * Entrega de Lista de Exercícios sobre potência e consumo de energia elétrica para ser resolvida em casa; * Resolução de exercícios por alunos no quadro de giz, com o auxílio do professor.
4	Diferenciação Progressiva	5	<ul style="list-style-type: none"> * Retomada da discussão sobre os aparelhos que mais gastam energia e efeito joule; * Atividade experimental nº 2 sobre 1ª lei de Ohm; * Simulação nº 1 sobre 1ª lei de Ohm; * Discussão sobre resistência elétrica; * Simulação nº 2 sobre 2ª lei de Ohm; * Discussão sobre a 1ª e 2ª lei de Ohm; * Investigação e análise do funcionamento de um chuveiro elétrico; * Alteração do brilho de uma lâmpada incandescente variando a voltagem com reostato, experimento nº 3; * Construção do 3º mapa de conceitos com descrição (texto nº 5) de forma individual, sobre os seguintes conceitos: corrente elétrica, voltagem, resistência, potência, energia elétrica e as leis de Ohm.
5	Reconciliação Integrativa	2	<ul style="list-style-type: none"> * Retomada da aula sobre circuitos elétricos; * Experimento nº 4: construção de circuitos com lâmpadas em série e em paralelo pelos alunos; * Discussão sobre o experimento nº 4. * Questionário com 5 perguntas sobre o experimento nº 4. * Explicação das diferenças entre circuitos em série e em paralelo, pelo professor (experimento nº 5).
6	Pós-teste e avaliação individual	2	<ul style="list-style-type: none"> * Questionário com as mesmas perguntas aplicadas para o levantamento do conhecimento prévio; * Avaliação individual com 3 perguntas fechadas e 2 abertas/principais conceitos da eletrodinâmica.
7	Aula final/Avaliação/	1	<ul style="list-style-type: none"> * Avaliação da metodologia e atividades realizadas durante a UEPS por parte dos

	UEPS em sala de aula		alunos e professores.
	Avaliação da UEPS		* Análise de áudios, questionários para levantamento do conhecimento prévio, simulações, questionário/experimento, MCs, avaliação final/aluno e respostas da avaliação/ professor sobre indícios/evidências de aprendizagem significativa ao longo do processo.

Fonte: Moreira, M. A. (2011b). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. Aprendizagem Significativa em Revista, 1(2), 43-63.

4.4 Os Instrumentos de Coleta de Dados Utilizados

As atividades experimentais que permeiam os passos dessa UEPS, quadro 1, são imprescindíveis no ensino de Física, seja no ensino fundamental, médio ou na graduação (Moreira e Levandowski, 1983); (Pinho-Alves, 2000). De acordo com Pinho-Alves, a atividade experimental na concepção construtivista:

[...] devem estar intimamente ligadas ao fenômeno didático que, sob orientação do professor, irá desencadear e mediar o diálogo construtivista na sala de aula. Fenômeno didático é entendido aqui como a dinâmica da mediação planejada pelo professor, e sua execução de forma induzida por meio do diálogo construtivista na elaboração do conhecimento científico na sala de aula (2000, p. 262).

O pré-teste é usado como forma de identificar os conhecimentos prévios. É essencial no processo de ensino, pois pode revelar o que os alunos sabem sobre o tema a ser estudado, além de fornecer elementos que ajudarão no planejamento das demais atividades.

Os mapas conceituais, coletivo, em dupla e individual aplicados durante o ensino, sobre os conceitos dos temas abordados evidenciam a ocorrência de evolução do conhecimento e de aprendizagem significativa dos conceitos ao longo da UEPS.

Na análise dos mapas conceituais (em dupla) foram observados os seguintes aspectos conceituais: **(i)** usou os conceitos de forma hierárquica; **(ii)** usou conectivos adequados para relacionar os conceitos; **(iii)** relacionou corrente elétrica com o deslocamento de cargas; **(iv)** identificou os efeitos da corrente elétrica; **(v)** diferenciou a corrente contínua da corrente alternada; **(vi)** identificou como a corrente elétrica é calculada; **(vii)** diferenciou o sentido real e o sentido convencional da corrente elétrica. E nos mapas conceituais individuais, além dos aspectos já citados, ainda consta o aspecto **(viii)** que identificou o multímetro como aparelho

de medida. Os mapas serão apresentados na forma original e foram também transcritos por meio do programa Cmap Tools (Novak e Cañas, 2010) para facilitar a visualização das relações estabelecidas entre os conceitos originando as proposições formadas pelos alunos.

A análise conjunta do pós-teste e a avaliação final mostram indícios de que houve evolução do conhecimento e aprendizagem significativa dos conceitos estudados.

No próximo capítulo, desenvolvimento, será apresentado particularmente a forma como foi desenvolvida a UEPS, aplicada por meio da descrição de oito passos, apresentando em cada etapa, o que ocorreu e como foram realizadas detalhadamente as atividades durante as dezenove aulas.

No capítulo subsequente, análise e discussão dos dados, serão analisados e discutidos com base no referencial teórico e na revisão de literatura: o levantamento dos conhecimentos prévios, segundo mapa conceitual em dupla, terceiro mapa conceitual individual, o pós-teste, a avaliação final, avaliação da UEPS.

5 DESCRIÇÃO DA UEPS COM ALGUNS RESULTADOS

5.1 Levantamento dos conhecimentos prévios - 1º Passo

A *primeira aula* iniciou com o professor/pesquisador fazendo algumas indagações aos alunos. Nesse primeiro momento eles não responderam, apenas fizeram uma reflexão a respeito do questionamento sobre a origem da eletricidade, se era uma criação do homem ou se sempre esteve presente na natureza. Outro questionamento foi em relação a importância da eletricidade e como os alunos imaginavam que seria a vida de seus antepassados que não contavam com os avanços tecnológicos proporcionados pela eletricidade. Após as indagações o professor/pesquisador passou a ouvir os alunos em relação à origem da eletricidade. Serão apresentados os resultados dos diálogos que aconteceram ao longo de toda a UEPS.

Os alunos iniciaram falando dos elétrons e dos processos de eletrização. Alguns alunos falaram que “*a eletricidade tem sua origem na água*”, fazendo referência as usinas hidrelétricas, outros falaram que “*a origem está no vento*”, devido as usinas eólicas. Um grupo de alunos afirmou que “*antes não havia eletricidade e que só recentemente o homem descobriu*”. Alguns alunos afirmaram que “*o homem CRIOU a eletricidade com a construção das primeiras usinas hidrelétricas*”. Outros alunos afirmaram que “*a eletricidade, assim como todo fenômeno da Física, não foi criada pelo homem e sempre existiu na natureza de alguma forma*”. À medida que os alunos falavam, o professor anotava na lousa alguns termos relacionados à eletricidade que ia surgindo durante as discussões. A fala do aluno A5 mostra como ele relaciona a eletricidade com um fenômeno da natureza o que está de acordo com a matéria de ensino segundo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012), a física do eletromagnetismo está presente em computadores, receptores de televisão, mas também produz fenômenos da natureza como o relâmpago, a aurora e o arco-íris.

Aluno A5: “*A eletricidade sempre esteve na natureza, por exemplo, quando chove aparece o relâmpago*”.

Após o comentário do aluno A5 outros alunos passaram a fazer perguntas e surgiu um diálogo entre professor e alunos.

Aluno 9: “*O que fazer para não ser atingidos pelos raios*”?

Professor: O ideal é permanecer dentro de suas casas, se estiver dentro de um carro permanecer lá, pois caso o carro seja atingido o campo elétrico em seu interior é nulo. Em casa evitar contato com objetos metálicos, pois são bons condutores.

Aluno 12: “*Por que vemos clarão no céu e só depois ouvimos barulho*”?

Professor: Isso acontece porque, como vimos o ano passado quando estudamos as ondas sonoras, a velocidade do som no ar é aproximadamente 340 m/s, enquanto a velocidade da luz é de aproximadamente 300 000 000 m/s.

A fala dos alunos e o diálogo estabelecido deu a oportunidade de ser esclarecida dúvidas durante a aula sobre o entendimento dos alunos em relação à origem da eletricidade e dos avanços tecnológicos decorrentes do estudo dos fenômenos elétricos e revisar conteúdos já estudados no semestre anterior, por exemplo, o conceito de campo elétrico no interior de um condutor eletrizado e no ano anterior como a velocidade do som e da luz no ar. Alguns alunos lembraram-se da importância da eletricidade para clarear as noites, outros falaram da sua importância para a indústria é como, o aluno **A9** expressou:

Aluno A9: *“Antes da eletricidade tudo era feito de forma artesanal e isso demorava muito”*.

Alguns alunos citaram a importância da eletricidade no funcionamento dos aparelhos elétricos de suas casas. Houve ainda os alunos que relataram como imaginavam o cotidiano de seus antepassados.

Aluno A9: *“Deveria ser muito ruim, sem televisão e celular”*.

Após essa discussão foi pedido que os alunos falassem o nome de termos relacionados com a eletricidade. Os termos que mais apareceram foram os seguintes: energia, potência (watts), voltagem (volts), corrente elétrica (amperagem), fios, lâmpadas, elétrons, carga, bateria, condutividade. Em seguida foi feito o primeiro mapa de conceitos coletivo com esses termos e outros que já haviam sido citados anteriormente pelos alunos. Os alunos já haviam realizado antes MCs de outros conteúdos da Física e os elementos envolvidos na construção do mapa, bem como (conceito, proposição, palavras de ligação, relação cruzada e exemplos) foi explicado e revisado com base em (Novak e Gowin, 1984; 1999) na medida em que o mapa era desenhado no quadro de giz pelo professor/pesquisador.

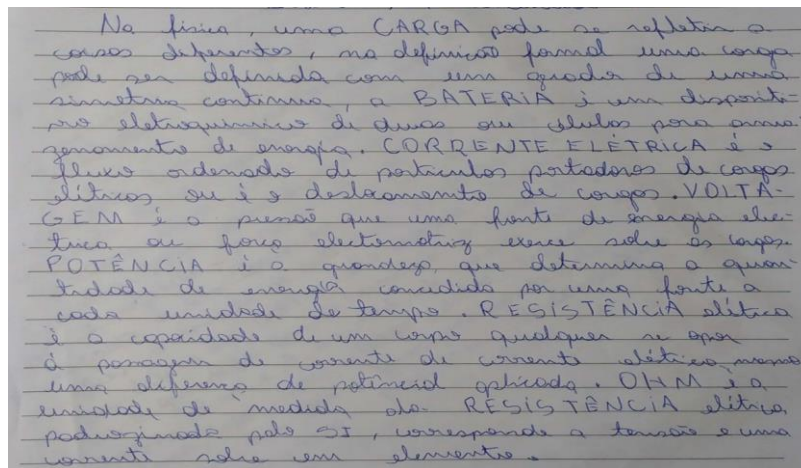
Após a construção do primeiro mapa de conceitos coletivo foi pedido que em casa os alunos construíssem um pequeno texto (identificado como nº 1) sobre os assuntos discutidos e os conteúdos utilizados na construção do mapa coletivo discutidos durante a aula. Na leitura dos textos feitos pelos alunos sobre os assuntos discutidos no decorrer da primeira aula o professor identificou parte do conhecimento prévio dos alunos relacionados com a eletricidade. Eles conseguiram relacionar a eletricidade com os aparelhos elétricos e as grandezas mais conhecidas como volts, voltagem, watts e potência. Sobre os conceitos utilizados na construção do mapa coletivo, os alunos trouxeram algumas explicações baseados

em pesquisas realizadas em livros de ensino médio e ainda falaram de outros conceitos da eletrodinâmica que não foram citados durante a construção do mapa coletivo.

A figura 9 mostra o exemplo de um texto construído em casa pelo aluno A16 com base nas indagações/reflexões e discussões durante a aula e na realização do mapa coletivo.

A análise dos textos construídos pelos alunos mostrou que por se tratar de uma atividade desenvolvida em casa, os alunos realizaram pesquisa em livros sobre os conteúdos abordados nas aulas. O objetivo era que esse texto fosse construído sem consulta, mas essa opção não foi sugerida, a partir do conhecimento prévio do aluno, o que não aconteceu, mas serviu para que eles tivessem contato com alguns conceitos da matéria de ensino que será discutida nas próximas aulas.

Figura 9– Texto nº 1: Discussões/indagações e o mapa conceitual coletivo aluno A16



Fonte: Imagens do autor

Ao término da primeira aula, como atividade de casa, foi entregue a tabela I, apêndice A, para ser preenchida com: o nome de aparelhos elétricos, a tensão (voltagem), a potência medida em Watt, corrente (mA ou A), e a frequência (hertz), a exemplo da figura 10. O objetivo dessa atividade foi fazer com que os alunos investigassem os aparelhos elétricos de sua residência e passassem a se familiarizar com as grandezas físicas que seriam estudadas nas próximas aulas. As informações referentes a potência serão importantes e vão ser utilizadas na atividade que será desenvolvida com o aplicativo de celular em outro momento. Durante a primeira aula foi possível perceber que o termo mais geral, eletricidade, já era familiar para alguns alunos e que muitas dúvidas existiam e, as discussões tornaram a aula mais participativa. Na aula seguinte será aplicado o pré-teste.

A análise das tabelas mostrou que algumas grandezas físicas como voltagem e potência é mais fácil de ser identificada pelos alunos. A frequência e a corrente, eles tiveram mais dificuldades em encontrar nos equipamentos. Perguntados porque haviam deixado espaços em branco na tabela os alunos afirmaram que não conseguiram encontrar esses valores nos equipamentos investigados. A identificação das grandezas físicas em equipamentos foi uma das atividades trabalhada por Fonseca (2015), de uma maneira diferente. Ele levou imagens de equipamentos e recortes de jornais, para os alunos observarem as grandezas como: tensão elétrica, corrente elétrica, potência elétrica e energia elétrica, discutiram o significado das grandezas e das unidades de medidas e em seguida construíram uma tabela com essas grandezas. No entanto, as informações referentes à potência serão utilizadas em outro momento.

Assim, durante a primeira aula foi possível perceber que o termo mais geral, eletricidade, era familiar para alguns alunos e que muitas dúvidas existiam como, a dificuldade em diferenciar a eletricidade como criação do homem ou fenômeno da natureza. O que pode ser esclarecido através de exemplos como a ocorrência de raios e relâmpagos. As contribuições dos exemplos dados por alunos em relação à importância da eletricidade em suas vidas mostram a possibilidade de existência de subsunçores importantes no estudo desse tema fundamentado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. O esclarecimento de que a eletricidade e os fenômenos elétricos não foram inventados pelo homem foi importante para que os alunos pudessem relacionar os avanços tecnológicos com o desenvolvimento da ciência e que eles também fazem parte dessa construção. Com as discussões a aula tornou-se mais participativa.

Figura 10 - Grandezas físicas de aparelhos elétricos apresentados pelo aluno A10

TABELA COM NOME E GRANDEZAS FÍSICAS DE ALGUNS APARELHOS ELÉTRICOS				
NOME DO APARELHO	TENSÃO (VOLTAGEM)	POTÊNCIA (WATT)	FREQUÊNCIA (HERTZ)	CORRENTE (A)
Montadora	220	126 W	60 Hz	
Aspirador de pó	110 - 220	1600 W		
geladeira	110 - 220	18 W	51 kHz (cm)	
geladeira	127 - 220	3 kW	60 Hz	
Máquina de costura	110 - 220	65 W		
Máquina de lavar	110 - 220	110 W	50 - 60	2.20
Máquina de lavar	110 - 220	0,32 kW	1/4 (km)	
Microondas	127 - 220	640 W		110
captação elétrica	220	550 W	60 Hz	
Secador de cabelo	110	1300 W	50 - 60 Hz	
Chapinha de cabelo	110 - 220	36 - 42 W	50 - 60 Hz	
diversão	127/220	5500 - 6200 W	60 Hz	
computador	127	500 W	60 Hz	

Fonte: Imagens do autor

Na *segunda aula*, para resgatar os conhecimentos prévios dos alunos foi aplicado um questionário com seis perguntas abertas relacionadas aos principais conteúdos que serão trabalhados ao longo da UEPS:

- 1) *O que você entende por corrente elétrica?*
- 2) *Para secar o cabelo, uma jovem dispõe de dois secadores elétricos, um de 1200W-220V e outro de 700W-220V. Discuta as vantagens em se utilizar um e outro.*
- 3) *Alguns aparelhos elétricos trazem um botão de ajuste para 110V ou 220V. Qual a importância desse botão de ajuste?*
- 4) *Quais as diferenças que existem entre as lâmpadas incandescentes, LED e fluorescentes?*
- 5) *Os chuveiros elétricos trazem uma chave com as posições inverno e verão. Qual a vantagem em fazer uso dessa chave?*
- 6) *Que cuidados podemos adotar em nossas residências para evitar o choque elétrico?*

A identificação inicial dos conhecimentos prévios é essencial no processo de ensino, porque de acordo com Ausubel et al., 1980, “... o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece... (p. ix)” e investigar esses conhecimentos é essencial para ensinar de acordo. Corroborando com as ideias de Ausubel, relata (Moreira, 2010, p. 18) que os conhecimentos prévios assumem um importante papel no processo de aprender com significado, uma vez que as novas informações são incorporadas à estrutura cognitiva do sujeito que aprende e se este possuir conhecimento prévio adequado sobre determinado tema, os subsunçores vão adquirindo novos significados, tornando-se diferenciados e mais estáveis.

Esse processo ocorre por meio da interação entre conceitos relevantes presentes na estrutura cognitiva e as novas informações, por meio da qual estas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva. A interpretação das respostas dos alunos as seis questões do pré-teste, será apresentada nos resultados e discussão que se encontram nas tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, assim também como, os demais instrumentos que exijam explicação da parte dos mesmos.

Foi feito um recorte das respostas e categorizadas, seguindo técnicas de análise de conteúdo visando simplificar os dados e facilitar a análise dos conhecimentos de acordo com (Laville e Dione, 1999, Bardin, 2004). Essa técnica permite que os dados sejam separados e

analisados com a finalidade de identificar padrões. Em seguida, são reagrupados, por semelhanças, em categorias previamente estabelecidas.

Figura 11 –Aplicação do questionário para levantamento dos conhecimentos prévios



Fonte: Imagens do Autor

5.2 Aprofundando o Conhecimento - 2º Passo

No início da terceira aula os alunos foram apresentados aos componentes que formam um circuito elétrico e deram opiniões sobre a função de cada um. O objetivo foi levar os alunos a externalizarem seus conhecimentos. Com a explicação dada pelo professor/pesquisador os alunos foram estabelecendo diferenças progressivas, atribuindo significados aos subsunçores. Nesse contexto Pacca *et al.* (2003) utilizou desenhos desenvolvidos por alunos a partir de concepções do senso comum sobre elementos que compõem um circuito e da geração de corrente elétrica.

Os componentes de um circuito elétrico simples, figura 12, fios condutores, interruptor (dispositivo de manobra), fonte de 12 V que está substituindo a bateria (representando o gerador elétrico), jacarés (utilizado para conectar os componentes ao fio condutor), lâmpadas de farol de carro (representando o receptor elétrico) e um multímetro. Durante a apresentação dos componentes foi perguntado a função de cada um e as respostas de modo geral foram bem diversificadas.

Em relação aos fios condutores os alunos deram respostas consideradas aceitas pela matéria de ensino, pois os elétrons livres para se mover em um condutor são acelerados pelo campo elétrico aplicado sobre eles como afirma Hewitt (2002). Esse autor ainda chama

atenção para uma confusão que geralmente é feita quando se fala no movimento dos elétrons em fio condutor, pois é comum pensar que são os elétrons que fluem da tomada até a lâmpada quando acendemos o interruptor e na verdade é a energia que flui da tomada para lâmpada.

Em relação à função dos fios condutores, alguns alunos disseram que “*tinha a função de transportar a energia até as lâmpadas*”, outros falaram que “*servia para ligar os componentes*”, e ainda um pequeno grupo disse que “*é através dos fios que os elétrons se movimentam*”.

Em relação ao interruptor foram unânimes em responder que “*tem a função de ligar as lâmpadas*”. O objetivo era que após a montagem dos circuitos o aluno percebesse que o interruptor tem a função de abrir ou fechar o circuito, conseqüentemente fazendo a lâmpada acender ou apagar. Nesse contexto, Laburú, Gouveia e Barros (2009), trabalharam circuitos elétricos aberto e fechado utilizando desenhos com seus alunos e perceberam algumas confusões em relação à função da chave (interruptor) em um circuito, como por exemplo, uma aluna pensar que a função da chave é “*dificultar a passagem da corrente*”.

A fonte de 12 V que está representando a bateria foi motivo de muitas discordâncias em relação à sua função. Em suas respostas os alunos se referiram à bateria ao invés da fonte de 12 V.

Alguns alunos disseram que “*as baterias eram onde estava toda energia que depois seria transportada até as lâmpadas através dos fios*”.

Essa resposta mostrou um entendimento bem próximo do aceite pela matéria de ensino, pois de acordo com Hewitt (2002), geradores elétricos e baterias químicas são fontes de energia em circuitos elétricos, capazes de sustentar um fluxo constante de carga.

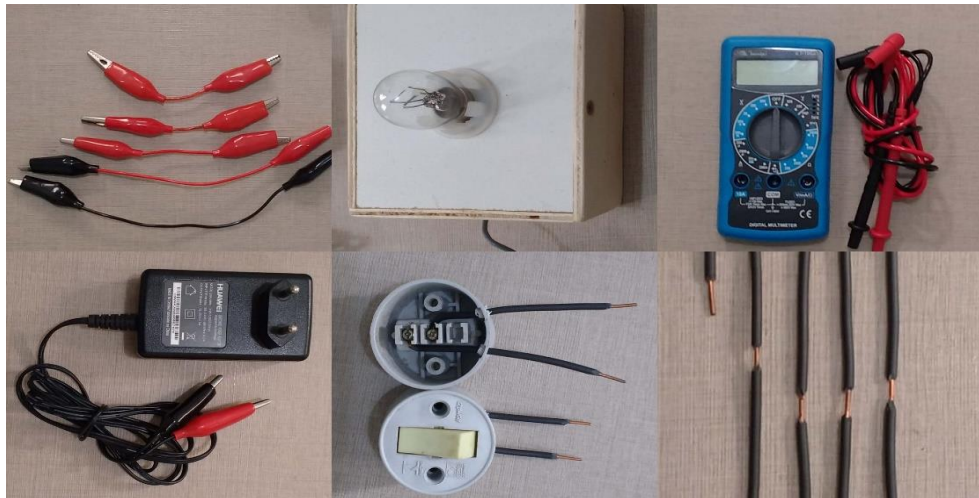
Outro grupo de alunos disse que “*toda corrente elétrica estava armazenada na bateria e depois seria levada através dos fios para as lâmpadas*”. Esse grupo de alunos fez uma confusão em relação ao conceito de corrente elétrica que será apresentada em aulas futuras. Essa concepção foi trazida por Laburú, Gouveia e Barros (2009), afirmando que alguns de seus alunos tinham a ideia que a pilha era a fonte de elétrons, indicando um raciocínio sequencial em que a corrente elétrica passa por cada elemento do circuito um a um, percorrendo todo o circuito.

Houve ainda alunos que destacaram como função da bateria “*armazenar os elétrons que seriam levados através dos fios até as lâmpadas*”. Essa resposta mostrou que o conhecimento prévio ainda precisava ser fundamentado com a matéria de ensino. Em relação às lâmpadas os alunos disseram que eram “*elas quem gastava a energia do circuito*”. Essa

resposta está muito próxima da apresentada pelo professor, pois as lâmpadas e os demais receptores em um circuito elétrico transforma a energia elétrica em outro tipo.

Os comentários iniciais dos alunos em relação aos componentes de um circuito elétrico simples revelaram a existência de um conhecimento que precisava ser melhorado e fundamentado em bases científicas.

Figura 12 – Kit para construção dos circuitos elétricos.



Fonte – Imagens do autor

Após essa discussão os alunos foram reunidos em grupo de 5 a 7 componentes para realização do experimento nº 1 sobre circuitos elétricos simples, de acordo com a figura 13. Para isso receberam um kit fornecido pelo professor, adaptado a partir de materiais encontrados em lojas de eletrônica contendo: fonte de 12V (representando o gerador elétrico), fios condutores, interruptor (simulando o dispositivo de manobra), jacarés (utilizado para conectar os componentes ao fio condutor), lâmpadas de farol de carro (representando o receptor elétrico) e um multímetro (dispositivo de controle).

A função da fonte de 12 V no circuito foi ligar o circuito construído com as lâmpadas de carro e os fios fornecidos. O uso dessa fonte ao invés da bateria se deu devido ao custo financeiro, pois as baterias descarregam rápido, porém as fontes puderam ser reaproveitadas de equipamentos elétricos queimados além de serem usadas a fim de evitar choque elétrico, durante o manuseio dos alunos.

O multímetro tem a função de realizar as medidas das grandezas, corrente elétrica, voltagem e resistência.

Após a entrega dos kits, cada grupo montou o experimento nº 1, cujo objetivo foi o de ascender a lâmpada. A montagem consistiu em conectar a parte descascada dos fios às lâmpadas por meio dos jacarés e em seguida ligar as extremidades de cada fio à fonte 12V (geradora de energia), ligada à rede de energia elétrica de 220V. Foi pedido aos alunos que ligassem os componentes e tentassem fazer a lâmpada acender. Após acender a lâmpada eles deveriam incluir o interruptor no circuito, cuja finalidade é deixar o circuito aberto ou fechado. Inicialmente, alguns grupos não conseguiram montar o circuito corretamente e conseqüentemente não fizeram a lâmpada acender. As principais dificuldades foram não conectar o jacaré na parte descascada (parte metálica) do fio e não fechar o circuito.

Para ajudar os colegas com dificuldades, os grupos que montaram e puseram para funcionar corretamente auxiliaram os demais. A primeira parte dessa atividade experimental foi a montagem e funcionamento até a lâmpada acender, sendo assim concluída.

Em seguida o professor explicou a função de cada componente do circuito elétrico simples como o gerador elétrico, fios condutores, receptores e os dispositivos de manobra. Iniciou explicando a função do dispositivo gerador elétrico (fonte de 12V) que é fornecer energia às cargas elétricas que o atravessam, depois foi falado dos condutores (fios) cuja função é permitir que as cargas circulem facilmente no circuito, logo foi comentado sobre os receptores (representado pelas lâmpadas), que transformam energia elétrica em outro tipo de energia. A seguir sobre os dispositivos de manobra (interruptores), elementos que servem para acionar ou desligar um circuito elétrico.

Esclarecida as dúvidas surgidas durante a *terceira aula* foi construído junto com os alunos a definição de circuito elétrico aberto e fechado. A definição compartilhada foi, *circuito aberto* é aquele em que há uma interrupção da transmissão de energia através do fio condutor enquanto no circuito fechado não há essa interrupção na transmissão de energia fazendo, por exemplo, com que a lâmpada permaneça acesa. Depois foi apresentado o multímetro aos alunos e em seguida mediados pelo professor, realizaram medidas de algumas grandezas físicas como corrente elétrica, voltagem e resistência, que seriam estudadas nas aulas seguintes.

Figura 13- Alunos na montagem dos circuitos elétricos simples.



Fonte – Imagens do autor

O principal objetivo dessa atividade experimental nº 1 foi preparar o terreno, ainda que em nível introdutório, levando em conta o conhecimento prévio dos alunos para introdução dos conteúdos corrente elétrica, voltagem e resistência elétrica que será ensinado. Corroborando com Moreira (2011b), 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.

Dando continuidade, a *quarta aula* iniciou com uma retomada da atividade anterior sobre circuitos elétricos lembrando as funções dos componentes do circuito elétrico e diferenciando circuito aberto de circuito fechado. Os alunos foram questionados com duas perguntas:

Qual a relação entre corrente elétrica e voltagem quando o circuito estava aberto ou fechado?

Por que a lâmpada se apaga quando o circuito está aberto?

Em relação a primeira pergunta os alunos não sabiam e nem tentaram responder. E sobre o fato da lâmpada não acender em um circuito aberto os alunos foram unânimes em responder que “*isso acontecia porque a passagem de energia havia sido interrompida quando o circuito estava aberto*”.

Após essa discussão foi entregue aos alunos o texto nº 3 sobre *Corrente Elétrica e seus Efeitos*, Apêndice B, adaptado pelo professor do livro utilizado na escola (Torres et al., 2013). Durante a aula foi utilizado o data show com slides para facilitar a visualização do conteúdo, circuito elétrico, que apresentava uma animação de um circuito elétrico em determinado

momento ligado a uma bateria (circuito fechado) e em outro momento desconectado da bateria (circuito aberto).

Para dar continuidade ao estudo do conceito corrente elétrica foram retomados os questionamentos feitos no início da aula sobre a relação entre corrente elétrica e voltagem em um circuito aberto ou fechado. Inicialmente foi explicado pelo professor/pesquisador que a voltagem, também conhecida por diferença de potencial, sendo responsável por estabelecer um campo elétrico no circuito, isso acontece quando o circuito está fechado.

A aula continuou com a apresentação de uma animação apresentada pelo professor que mostrou para os alunos por meio do data show ligado ao computador a simulação retirada do site: phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics que simulava um circuito elétrico nas situações aberto e fechado. Quando o circuito estava fechado era possível visualizar o fluxo das cargas elétricas negativas e quando o circuito estava aberto não havia fluxo dessas cargas. Macêdo, Dickman e Andrade (2012), trabalhou com essas simulações do grupo Phet para facilitar a aprendizagem de circuitos elétricos, o que promoveu segundo o autor, uma mudança conceitual estimulando os alunos durante as aulas.

Nesse momento o professor chamou atenção para o fato de ser o campo elétrico, capaz de se propagar pelo circuito com velocidade próxima a da luz, e não os elétrons. Essa explicação se fez necessária porque no início da terceira aula um grupo de alunos afirmou que “*os elétrons, armazenados no gerador elétrico (bateria, fonte de 12V ou tomada de 220V) seriam levados através dos fios até as lâmpadas*”. Nesse momento foi oportuno esclarecer que em um circuito típico – o sistema elétrico de um automóvel, por exemplo – os elétrons possuem uma velocidade de deriva de cerca de um centésimo de metro por segundo em média, como afirma Hewitt (2002).

Outra dúvida surgida durante a terceira aula foi em relação a fonte dos elétrons em um circuito. Um pequeno grupo de alunos afirmou que os elétrons estavam armazenados no gerador e seriam levados para a lâmpada através dos fios. Essa dúvida foi esclarecida pelo professor mostrando que a fonte dos elétrons num circuito sendo o próprio material condutor do qual ele é feito, como afirma Hewitt (2002). Desse modo, quando o fio condutor foi ligado a fonte de 12 V no experimento nº1, a energia que fluiu da fonte para a lâmpada, e não os elétrons.

Com essas explicações e tomando como referência o experimento nº1, chegamos ao conceito de corrente elétrica como sendo o fluxo de cargas elétricas em um condutor e que

para que haja essa corrente é necessária uma diferença de potencial (voltagem), cuja função é fornecer a energia para que as cargas possam fluir pelo circuito.

Para falar dos efeitos causados pela corrente elétrica o professor questionou sobre:

O que havia acontecido no circuito montado no experimento nº1 quando foi estabelecida a corrente elétrica no circuito (circuito fechado) e qual o efeito observado, causado por essa corrente?

Um grupo grande de alunos respondeu que “o efeito foi a lâmpada acender”. Nesse momento o professor falou que o nome dado a esse efeito da corrente elétrica é o luminoso, que nesse caso específico também é o efeito térmico, já que a lâmpada também aqueceu.

Para falar dos outros efeitos da corrente elétrica foi utilizado imagens que relacionaram cada efeito da corrente elétrica (térmico, luminoso, magnético e químico) a situações reais presente no cotidiano dos alunos, a exemplo o efeito térmico relacionado ao aquecimento de equipamentos elétricos, como ferro de passar roupas, a sanduicheira e o chuveiro elétrico.

Ao trabalhar o conceito corrente contínua foi mostrado exemplos de pilhas e baterias que se refere ao fluxo de cargas em um único sentido. Para falar da corrente alternada foi citado como exemplo à corrente presente nas instalações residenciais em que os elétrons se movem no circuito primeiro em um sentido, depois no sentido oposto, oscilando para lá e para cá em torno de posições fixas. Erthal e Gaspar (2006) trabalharam a corrente alternada com seus alunos através de atividades experimentais dando maior ênfase a esse tema por entender que é pouco explorado no ensino médio, apesar de estar presente no cotidiano dos alunos.

E para calcular a intensidade de corrente elétrica foi mostrado um desenho de um fio e definido a intensidade de corrente elétrica I , como sendo a razão entre a carga (ΔQ) que atravessa uma área de secção transversal desse fio em determinado intervalo de tempo (Δt), calculado por meio da relação $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$.

Nessa aula houve pouca participação dos alunos em relação aos questionamentos. Para melhorar a compreensão em relação ao cálculo da intensidade de corrente elétrica foi resolvido um problema pelo professor retirado do livro texto (Torres et al., 2013) adotado na escola, utilizando o quadro de giz e sempre fazendo questionamentos aos alunos que nem sempre respondiam.

Pela seção transversal de um fio condutor metálico, passam $6,0 \cdot 10^{10}$ partículas elementares por segundo. Sendo $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C a carga elementar, determine a intensidade de corrente elétrica que percorre esse fio.

Antes de iniciar a resolução do problema, os alunos foram provocados sobre como iniciar a resolução. Inicialmente não responderam. Em seguida o aluno A5 deu a sugestão de utilizar a fórmula $i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$. Em relação à sugestão do aluno, o professor comentou que antes de resolver o problema é importante fazer uma leitura cuidadosa para entender o que o problema está pedindo e quais as informações que são dadas. Para isso, foi feita uma leitura juntamente com os alunos onde foi mostrado que essa questão trouxe inicialmente a informação da quantidade de partículas elementares ($6,0 \cdot 10^{10}$) que atravessam a seção do condutor em um intervalo de tempo de 1 segundo e, essa informação remete ao fluxo de carga elétrica conhecida como corrente elétrica. Para continuar com a resolução do problema os alunos foram perguntados como calcular a quantidade de carga a partir das informações fornecidas. Eles não lembravam como fazer esse cálculo, dessa forma o professor lembrou que a carga elétrica é sempre um múltiplo da carga elementar, então a carga total é calculada através da expressão $\Delta Q = n \cdot e$, onde n é número de partículas elementares e a letra e corresponde a carga elementar que foi dada no problema. Depois dessa explicação o professor utilizando o quadro de giz fez o cálculo da carga:

$$Q = n \cdot e \Rightarrow Q = 6,0 \cdot 10^{10} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,6 \cdot 10^{-9}$$

$$Q = 9,6 \cdot 10^{-9} \text{C}$$

Calculada a carga, o professor utilizou a definição de corrente elétrica como havia sugerido o aluno A5. Assim, essa passagem de corrente ocorre no intervalo de tempo $\Delta t = 1 \text{s}$, a intensidade de corrente pode ser calculada:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{9,6 \cdot 10^{-9}}{1}$$

$$i = \frac{9,6 \cdot 10^{-9}}{1} = 9,6 \cdot 10^{-9} \text{A}$$

$$i = 9,6 \text{ nA} (\text{nano ampère})$$

Provocados pelo professor/pesquisador sobre as dúvidas durante a explicação do problema eles afirmaram ter compreendido o que havia sido apresentado, mostrando dificuldades nos cálculos envolvidos na resolução do problema sobre intensidade de corrente elétrica.

Na aula seguinte, *quinta aula*, os alunos iniciaram elaborando em dupla, um mapa de conceitos com um texto explicativo descrevendo esse mapa (texto nº4). Ao término da aula o

mapa e o texto nº 4 foram entregues ao professor para posterior análise. Para analisar os mapas conceituais foram observados os seguintes critérios: **(i)** usou os conceitos de forma hierárquica; **(ii)** usou conectivos adequados para relacionar os conceitos; **(iii)** relacionou corrente elétrica com o deslocamento de cargas; **(iv)** identificou os efeitos da corrente elétrica; **(v)** diferenciou a corrente contínua da corrente alternada; **(vi)** identificou como a corrente elétrica é calculada; **(vii)** diferenciou o sentido real e o sentido convencional da corrente elétrica; **(viii)** identificou o multímetro como aparelho de medida. Além disso, foi pedido aos alunos que instalassem em seus celulares ou tablets o aplicativo consumo elétrico e que levassem também uma conta de energia de sua casa para a próxima atividade a ser desenvolvida. O aplicativo sobre consumo de energia é grátis e pode ser baixado em sua loja de jogos e aplicativos, disponível apenas para Android (Play Store para usuário do sistema Android).

5.3 Nova Situação – 3º Passo

A *sexta aula* iniciou com o professor lembrando aos alunos que na primeira aula da situação inicial foi entregue a tabela I, para que eles preenchessem com dados referentes às grandezas físicas encontradas nos aparelhos eletrodomésticos de sua residência. O objetivo dessa atividade inicial foi fazer com que os alunos percebessem que os termos científicos, como por exemplo, voltagem, potência e corrente elétrica, fazem parte do seu cotidiano e podem ser encontrados nos equipamentos eletrônicos que eles possuem em casa. Nessa aula a tabela nº 3 foi utilizada para que os alunos consultassem os valores da potência de alguns aparelhos e utilizassem na atividade que foi desenvolvida por meio do aplicativo de celular.

O principal objetivo desse passo da UEPS foi trabalhar os conceitos de potência elétrica e energia elétrica utilizando atividades que levassem o aluno a refletir sobre a presença da Física em seu cotidiano e mostrar que o conhecimento científico pode ajudá-los a entender como é feito o cálculo da energia elétrica pago por uma conta de energia, além de questionar-se que atitudes podem ser adotadas em suas residências para reduzir o valor pago por essa conta.

A atividade que foi desenvolvida em dupla, para trabalhar os conceitos de potência e energia elétrica, foi utilizando a conta de energia elétrica, de acordo com a figura 14, trazida pelos alunos. O início da atividade aconteceu com um debate sobre o valor pago referente à conta de energia de um dos alunos de cada dupla. Os valores pagos variavam bastante, mas chamou atenção a conta de energia de duas duplas. A primeira conta de energia o valor pago

era de R\$60,25 enquanto a segunda foi R\$206,54. Os alunos fizeram uma análise da diferença de preços pagos por cada residência.

Figura 14 – Exemplo da análise de uma Conta de Energia

Anterior		Atual		Constante	Consumo	Dias					
Data	Leitura	Data	Leitura								
28/08/17	1390	27/09/17	1880	1	270	30					
Demonstrativo											
CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa C/	Valor Base Calc.	Alfa	ICMS(R\$)	Base Calc. PIS(R\$)	Cofins(R\$)			
				Tributos Total(R\$)	ICMS(R\$)	ICMS	Por/Colins(R\$)	(0,4502%) (2,1106%)			
0801	Consumo em kWh	270,000	0,702240	189,60	189,60	27	51,18	189,60	0,87	4,01	
0801	Adic. B. Vermelha			1,15	1,15	27	0,31	1,15	0,00	0,02	
0801	Adic. B. Amarela			6,90	6,90	27	1,86	6,90	0,03	0,14	
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS											
0807	CONTRIB SERV. ILLUM. PÚBLICA			6,69	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	
CCI Código de Classificação do Item				TOTAL	206,54	197,65	53,38	197,65	0,80	4,17	
Média últimos meses (kWh)		VENCIMENTO			TOTAL A PAGAR						
328		04/10/2017			R\$ 206,54						
Histórico de Consumo (kWh)											
295	252	288	323	409	403	381	326	340	339	298	297
Ago/17	Jul/17	Jun/17	Mai/17	Abr/17	Mai/17	Fev/17	Jan/17	Dez/16	Nov/16	Out/16	Set/16
RESERVADO AO FISCO											
1fd9.b800.fec0.1649.4743.245d.58f3.9eec.											
Indicadores de Qualidade				Composição do Consumo							
7/2017 - Mangabeira											
Limites da ANEEL		Apurado	Limite de Tensão (V)		Discriminação	Valor (R\$)	%				
DIC MENSAL	5,75	0,00	NOMINAL	220	Serviços de Dist. da Energisa/PB	51,20	24,79				
DIC TRIMESTRAL	10,36				Compra de Energia	85,86	31,94				
DIC ANUAL	20,77				Serviço de Transmissão	7,87	3,81				
FIC MENSAL	3,30	0,00	CONTRATADA	202	Encargos Setoriais	14,19	6,87				
FIC TRIMESTRAL	6,60		LIMITE INFERIOR	231	Impostos Diretos e Encargos	67,32	32,59				
FIC ANUAL	13,20		LIMITE SUPERIOR	231	Outros Serviços	0,00	0,00				
FIC MENSAL	2,94				Total	206,54	100,00				
DMIC	2,94				Valor do EUSD (Ref. 7/2017) R\$ 69,45						
DICRI	12,22										

Fonte: Imagens do autor

Perguntados sobre a diferença no preço pago por cada conta, os alunos falaram várias respostas. Um grupo de alunos falou que “a diferença entre os preços estava relacionada à quantidade de equipamentos eletrônicos, presentes em cada residência”. Outro grupo falou da “quantidade equipamentos” e acrescentou “o tempo de uso” como sendo responsável pela diferença de preços nas contas. Nesse primeiro momento nenhum aluno se referiu às grandezas físicas.

Após esse debate cada dupla recebeu a tabela 2, Apêndice C, que foi construída com a finalidade de organizar os dados referente a quantidade de Kwh consumida durante o mês, o valor pago por esse consumo, a relação dos aparelhos elétricos com respectivos valores de potência, tempo de uso e quantidade de cada aparelho elétrico presente na casa de um dos alunos da dupla. Essa atividade foi feita em dupla porque nem todos os alunos levaram as contas de energia.

Todas essas informações foram utilizadas na aula seguinte para fazer a simulação da quantidade de kWh e o valor pago por cada um desses aparelhos durante o mês, utilizando o aplicativo de celular consumo elétrico. Antes de fazer a simulação com o aplicativo consumo elétrico, os alunos foram questionados sobre a relação entre o valor pago, a quantidade de aparelhos e a quantidade de kWh presente em sua conta.

Nesse momento eles perceberam uma diferença considerável entre o número de eletrodomésticos de cada dupla. Com essa informação alguns alunos concluíram que a diferença de preço era por causa da quantidade de aparelhos presente em suas residências. Como exemplo, na fala da aluna A1 foi observado a quantidade de Kwh consumida.

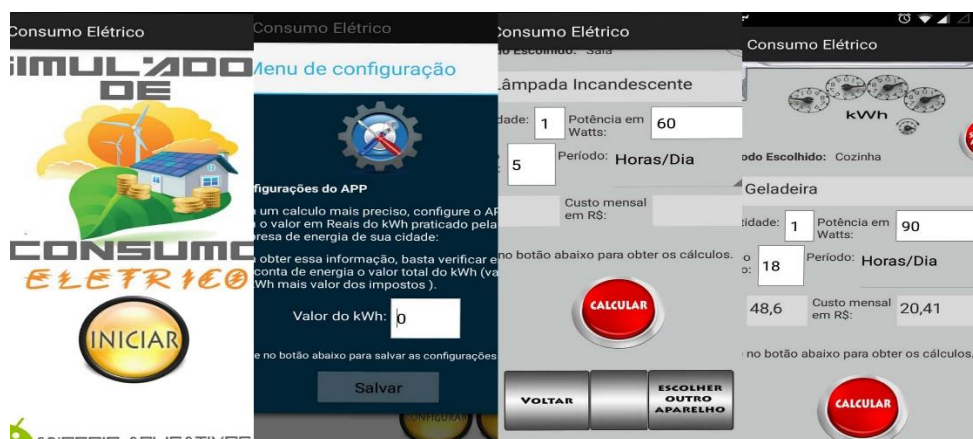
Aluna A1: *“A conta de minha casa é mais baixa porque o valor do kWh foi só 80kwh”.*

Por enquanto, ainda não havíamos discutido o significado da sigla Kwh, presente nas contas de energia. Os alunos foram então questionados a dar suas opiniões sobre o significado do Kwh. Alguns alunos disseram que esse valor *“se refere a potência total consumida pelos aparelhos”*. Outros alunos disseram que seria *“a potência total durante todo o mês”*. Um pequeno grupo se referiu *“a voltagem consumida durante o mês”*. A resposta correta não foi falada pelo professor nesse momento, e as respostas dadas pelos alunos naquele momento representavam o conhecimento prévio que é importante para que eles pudessem dar significado e alcançar os conceitos de potência, energia elétrica, como também entender como é calculado o consumo de energia elétrica. No final da aula foi pedido novamente aos alunos que instalassem no celular o aplicativo consumo elétrico por meio de sua loja de aplicativos para ser utilizado na aula seguinte.

No início da *sétima aula*, foi retomada a discussão da aula anterior sobre o significado do Kwh, presente nas contas de energia e sua relação com o valor cobrado. A fala dos alunos foram praticamente as mesmas da aula anterior. De modo geral os alunos relacionaram o Kwh com a potência dos aparelhos. Após a discussão sobre o valor pago e o Kwh, foi pedido que abrissem no celular o aplicativo consumo elétrico e configurassem de acordo com o valor cobrado pelo kWh presente em cada conta. O aplicativo já traz os principais aparelhos elétricos de uma residência com suas respectivas potências e o aluno tem a opção de alterar esses valores. A tarefa de cada dupla foi adicionar os dados: quantidade, potência em Watt e tempo de uso no aplicativo para que fosse calculado o custo médio mensal de cada aparelho elétrico de sua residência. Com esses dados o aplicativo fornece o valor do Kwh e o custo

mensal de cada equipamento, como pode ser observado na figura 15. Esses dados foram inseridos na tabela 2, Apêndice C que havia sido entregue aos alunos anteriormente.

Figura 15 – Imagens do Aplicativo Consumo Elétrico



Fonte: Imagens do autor

Com todos os dados registrados na tabela 2 foi possível estimar o valor pago com a soma dos aparelhos. Nesse momento, os alunos perceberam comparando o valor obtido com o aplicativo e aquele presente em sua conta de energia que o valor encontrado no aplicativo não era igual ao presente na conta de energia, então foi aberto mais um debate para que cada um individualmente opinasse sobre esse fato.

Aluno A7: “O aplicativo não leva em consideração os impostos que são cobrados”

Um grupo de alunos concordou com o aluno A7. O aluno A11 deu resposta diferente:

Aluno A11: “O tempo de uso colocado no aplicativo nem sempre coincide com o real”.

O aluno A8 complementou com outra resposta:

Aluno A8: “Esqueci de colocar algum aparelho”.

Outros alunos justificaram a diferença de preço utilizando a mesma justificativa do aluno A11.

Todas essas respostas foram utilizadas para justificar essa diferença entre o valor real da conta de energia e aquele calculado com o uso do aplicativo. A observação trazida pelo aluno A7, em relação à cobrança de impostos na conta de energia elétrica também foi destacada na dissertação de Fonseca (2015), em que seus alunos desenvolveram um trabalho com a conta de energia elétrica.

Após a análise da conta de energia e a utilização do aplicativo os alunos foram questionados sobre: Como a grandeza física potência estava relacionada com o consumo de energia? Foi sugerido que fizessem uma comparação do consumo de energia por meio do aplicativo consumo elétrico, entre dois aparelhos de ar condicionado de potência diferente utilizados pelo mesmo período de tempo. Com essa comparação os alunos chegaram a seguinte conclusão: “*quanto mais potente for o aparelho maior será o consumo de energia e conseqüentemente, maior será o valor pago por esse consumo*”. Como pode ser observado no exemplo da fala a seguir:

Aluno A6: “*Quanto mais potente o ar condicionado melhor, mas, vai gastar mais energia*”.

O objetivo em iniciar o estudo dos conceitos de potência e energia elétrica a partir de uma atividade envolvendo a conta de energia e o aplicativo que simula o consumo de diversos aparelhos elétricos, se deu por acreditar que dessa forma fosse mais fácil para o aluno entender esses conceitos e dar significados quando relacionados com o seu cotidiano. Como afirma Moreira (2011b), no curso da aprendizagem significativa, os conceitos que interagem com o novo conhecimento servem de base para atribuição de novos significados vão também se modificando em função dessa interação.

O envolvimento da turma e os comentários dos alunos indicaram que o objetivo da aplicação das atividades envolvendo a conta de energia e o aplicativo consumo elétrico foi alcançado, já que grande parte conseguiu perceber a relação entre a potência do aparelho, o tempo de uso e consumo de energia elétrica. Corroborando com os resultados obtidos por Fonseca (2015), que utilizou uma atividade envolvendo a conta de energia, concluindo que seus alunos passaram a entender o consumo de energia elétrica nas contas de luz e a relação entre o kwh e a potência dos equipamentos.

Ao término da sétima aula foi entregue o texto nº 4, Apêndice D, elaborado pelo professor/pesquisador sobre Potência Elétrica e Energia Elétrica, adaptado do livro Texto usado (Torres *et al.*, 2013). O objetivo em trabalhar esse texto foi apresentar o conteúdo e aprofundar os conhecimentos promovendo a diferenciação progressiva, pois “*na medida que o sujeito vai dominando, progressivamente, situações de um campo conceitual e vai adquirindo novos conhecimentos, novos significados, ele vai também, progressivamente, diferenciando seus subsunçores*” (Masini e Moreira 2008, p. 35).

A **oitava aula** teve início com a retomada das discussões da aula anterior sobre potência elétrica e energia elétrica. A discussão se deu a partir da relação que eles fizeram

utilizando o aplicativo e a conta de energia com a leitura do texto nº 4 sobre Potência Elétrica e Energia Elétrica. Durante essa discussão foram apresentados alguns problemas envolvendo os conceitos de potência e energia elétrica e o cálculo do consumo de energia. Como exemplo foi apresentado um problema retirado do livro Texto (Torres *et al.*, 2013) utilizado na escola.

Uma torradeira elétrica que apresentava os valores 1000W e 127V. A alternativa (a) pediu para calcular a intensidade de corrente elétrica que atravessava a torradeira, considerando-a ligada corretamente.

Os alunos foram questionados antes de resolver o problema sobre: Qual era o significado físico dos valores 1000W e 127V? A aula seguiu com um diálogo formado por perguntas e respostas e a participação ativa entre alunos e professor, conforme relatado.

Em relação ao valor 1000W, os alunos foram unânimes em dizer que “*se referia a potência da torradeira*”. E o aluno A21 complementou:

Aluno A21: “*Esse valor alto de potência faz com que essa torradeira gaste muita energia*”.

A observação feita pelo aluno A21 mostrou sua compreensão em relação a essa grandeza.

Em relação ao valor 127V, um grupo de alunos falou que se referia “*a voltagem da tomada onde a torradeira seria ligada*”. Nesse momento achei oportuno fazer uma relação entre essa situação envolvendo a voltagem para ligar a torradeira e o experimento nº1 sobre circuitos elétricos. Então, foi perguntado:

Qual a função da tomada de 127 V para que a torradeira funcionasse? Os alunos demoraram um pouco para responder e o aluno A10 respondeu o seguinte:

Aluno A10: “*Só haverá corrente na torradeira quando ligar na tomada*”.

Após esse comentário o professor utilizando o quadro de giz perguntou aos alunos: Qual a relação utilizada para calcular a corrente elétrica nesse caso?

Os alunos foram unânimes em citar a relação $P = U \cdot I$ onde P é a potência, U é a voltagem e I representa a corrente elétrica que no sistema internacional de unidades é medida em Ampère (A). Assim, os valores foram substituídos e chegamos à seguinte divisão:

$$I = \frac{1000}{127}$$

Quando os alunos se depararam com essa divisão, muitos falaram que não sabiam resolver e pediram para fazer no celular. Nesse momento eles foram incentivados a tentar fazer o cálculo sem utilizar o celular ou calculadora. A maioria não conseguiu calcular, então

o professor foi pausadamente explicando cada passo, como sempre costuma fazer em suas aulas, pois a dificuldade em divisão e multiplicação infelizmente é um dos grandes problemas enfrentados nessa disciplina.

Após a divisão foi encontrado o resultado $I \cong 7,9A$

A pergunta seguinte foi: Calcular o consumo de energia elétrica do aparelho, admitindo que ele permanecesse ligado durante 2h e expresse o valor em Kwh e em Joules.

Para calcular o consumo de energia foi perguntado aos alunos qual a primeira observação a ser feita? Um grupo de alunos falou do “*cuidado com as unidades de medida no sistema internacional de unidades*”. Outro grupo lembrou que “*1000 W é o mesmo que 1KW*”.

Então, foi perguntado: Qual a relação entre a potência do aparelho, o tempo de uso e a energia consumida. O aluno A5 deu sua resposta.

Aluno A5: “*A energia é proporcional a potência e o tempo de uso da torradeira*”.

Assim, foi escrita a relação no quadro de giz:

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

$$E = 1.2$$

$$E = 2Kwh$$

A pergunta pedia para calcular a energia em Kwh e depois em Joule. Questionados sobre como deveriam proceder para calcular a energia em Joules (unidade utilizada pelo sistema internacional de unidades), houve um silêncio na sala e apenas o aluno A5 respondeu.

Aluno A5: “*É necessário transformar o tempo em segundo*”.

Assim, com a participação dos alunos foi feita a transformação do tempo que estava sendo medido em hora e foi transformado em segundo.

$$\Delta t = 2.3600s = 7200s$$

O mesmo vale para a energia que foi transformada de Kwh para joule.

$$E = 1000.7200$$

$$E = 7200000joules$$

Ao término da *oitava aula* foi entregue uma lista de exercícios, Apêndice E, com questões retiradas do ENEM (2001 e 2005) e adaptadas de livros como, o GREF (1998), para que os alunos em casa resolvessem e trouxessem na aula seguinte para serem discutidas e expostas para toda turma.

A aula subsequente, *nona aula*, foi reservada para resolução dos exercícios da lista entregue na aula anterior. Essa atividade não foi fácil de ser executada, pois a proposta seria fazer a inversão de papéis. Os alunos assumiram o papel do professor na condução da aula, resolvendo no quadro de giz os exercícios sendo mediados pelo professor. No início não foi fácil, pois a timidez e a falta de segurança faziam com que os alunos se recusassem a ir para o quadro resolver e explicar as questões que foram resolvidas na atividade realizada em casa.

Após o professor conversar e mostrar a importância daquele momento para o aprendizado, alguns alunos se habilitaram a responder as questões mediadas entre professor e alunos, utilizando o quadro com a condição de que todos ajudariam quando estivessem com alguma dúvida.

Durante a resolução dos exercícios foi possível perceber dificuldades, principalmente quando envolviam cálculos. Essa foi uma das principais dificuldades apresentadas durante toda a aplicação da UEPS. Por esse motivo, a resolução das questões envolvendo cálculos era acompanhada com mais detalhes pelo professor e pelos colegas que apresentavam mais habilidades, resolvendo as dúvidas dos alunos com dificuldades. A resolução das questões foi feita pelos alunos com a mediação do professor, sempre fazendo relação com as atividades anteriores que envolviam os conceitos de corrente elétrica, potência, energia elétrica, voltagem.

5.4 Diferenciação Progressiva - 4º Passo

O início da *décima aula* foi com a retomada dos conceitos de circuitos, corrente elétrica, voltagem, energia e potência elétrica, trabalhados até o momento pela UEPS.

Os alunos foram questionados sobre os nomes dos aparelhos que mais gastam energia elétrica, assunto já estudado na sexta aula, quando os alunos utilizaram o aplicativo consumo elétrico no celular, para simular o consumo dos aparelhos elétricos de sua residência. Os aparelhos mais citados foram: ar condicionado, chuveiro elétrico, secador de cabelos, ferro de passar roupas, geladeira, lâmpadas incandescentes. Ao citar esses nomes deveriam recordar a atividade desenvolvida na aula 7 que foi feito uso do aplicativo de celular e a partir daí tentar estabelecer uma relação entre os aparelhos que consomem muita energia com alguma grandeza física.

Um grupo de alunos respondeu que: *“Os aparelhos que gastam mais energia são aqueles mais utilizados por mais tempo no dia a dia”*.

Já outro grupo respondeu que: “*quase todos os aparelhos citados apresentam valores altos de potência*”.

Alguns alunos conseguiram perceber que: “*o consumo de energia está relacionado com a potência e o tempo de uso citando a relação $E = P \cdot t$, ou seja, a energia consumida é o produto da potência pelo tempo de uso.*”

Nessa mesma linha dos aparelhos que mais gastam energia, os alunos deveriam citar as lâmpadas incandescentes quando ligados e em funcionamento.

Um pequeno grupo de alunos não respondeu, mas a grande maioria disse que: “*todos esses aparelhos esquentam quando são colocados na tomada*”.

Então foi pedido para os alunos lembrassem-se da quarta aula sobre os efeitos da corrente elétrica, além de indicar qual deles está relacionado com o aquecimento, como exemplo da resposta do aluno:

Aluno A12 respondeu imediatamente: “*Era o efeito térmico também conhecido como efeito joule*”.

Em seguida, o professor apresentou o conceito de *resistência* utilizando como exemplo a lâmpada incandescente, mostrando como o tungstênio aquece e que isso acontece devido à resistência desse material ser maior que outros. Diante desse fato foi oportuno falar das diferenças entre três tipos de lâmpadas: incandescentes, fluorescente e LED, mostrando inclusive o porquê das lâmpadas incandescentes não serem mais comercializadas, pois esse tipo de lâmpada possui valores de potência muito altos o que conseqüentemente consome muito mais energia que as demais. Nesse contexto Souza (2016), mostrou que a lâmpada de uma lanterna se comporta como uma resistência elétrica e que o aumento da temperatura é ocasionado devido a passagem da corrente elétrica que leva seu filamento interno a incandescência, transformando parte da energia elétrica em calor e a outra parte em radiação luminosa.

Para trabalhar de forma mais detalhada o conceito de resistência e a relação com as grandezas corrente e voltagem foi entregue aos alunos, reunidos em 4 grupos um kit formado por lâmpadas de 5 V, fios condutores, jacarés, multímetro, e fontes de 5V, 9V e 12 V, para realizar a atividade experimental nº 2. Primeiro os alunos realizaram medidas da resistência das lâmpadas e anotaram no caderno. Na sequência ligaram a lâmpada aos fios condutores e em seguida a uma das fontes (5V, 9V ou 12V) e realizaram a medida da corrente elétrica e também anotaram esse dado. Depois de obtido os dados dessas medidas, os alunos trocavam a fonte que estavam usando por outra de voltagem diferente e realizaram novas medidas.

Durante o rodízio usando as diferentes fontes, cada grupo realizou as medidas nas lâmpadas com diferentes valores de voltagem, mas, mantendo a mesma lâmpada e conseqüentemente o mesmo valor de resistência. Ao término desse rodízio, iniciou-se uma discussão sobre os valores da corrente elétrica obtidos, figura 16, na situação em que a lâmpada foi ligada a uma fonte de 5V, 9V e 12V.

Figura 16 – Medida da corrente elétrica respectivamente: 5V, 9V e 12V



Fonte: Imagens do autor

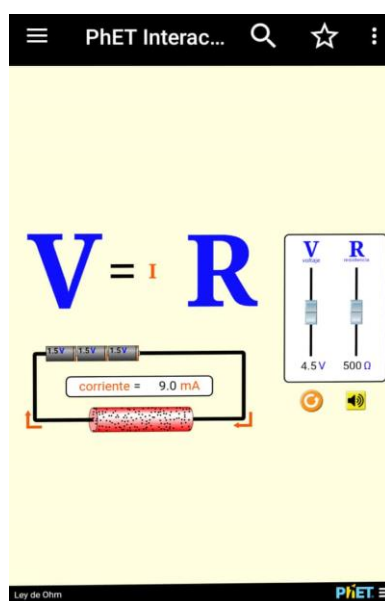
Foram feitas as seguintes perguntas para toda turma: O que acontece com o valor da corrente quando a voltagem é diminuída mantendo o mesmo valor da resistência? E quando a voltagem é aumentada?

Ao analisar os valores obtidos da corrente elétrica com cada valor de voltagem utilizado, a turma respondeu que: “o valor da corrente diminui quando a voltagem é reduzida e aumenta quando a voltagem é aumentada”. A aula foi finalizada por ter esgotado o tempo e os alunos avisados que na próxima aula (que será a décima primeira) iniciaria com essa discussão e com uma simulação feita por meio do aplicativo de celular Chemistry e Physics Simulations, que eles baixariam em seus celulares de forma gratuita em sua loja de aplicativo já citado na quinta aula.

A **décima primeira aula** iniciou-se a partir das respostas dadas ao questionamento feito no final da décima aula sobre *o que aconteceu com os valores da voltagem e da corrente quando uma dessas grandezas foi alterada na atividade experimental n° 2?* Nesse contexto, foi realizada a simulação n° 1, em dupla, por meio do aplicativo Chemistry e Physics

Simulations. Essa simulação mostra um circuito simples em que é possível alterar os valores da voltagem e da resistência por meio de duas chaves variáveis localizadas à direita na tela, como pode ser observado na figura 17. O objetivo dessa simulação é mostrar para os alunos, a relação entre as grandezas voltagem, corrente elétrica e resistência elétrica, equação $R = \frac{U}{i}$, conhecida como primeira lei de Ohm.

Figura 17– Print da simulação nº1 referente a 1ª lei de Ohm.



Fonte: Imagens do autor

Inicialmente foi pedido aos alunos, em dupla que alterassem o valor da voltagem e observassem o que acontecia com as demais grandezas. O aluno A6 fez um comentário relacionado ao que estava observando:

Aluno A6: “Com o aumento da voltagem a corrente aumentou, mas a resistência permaneceu do mesmo jeito”.

Os demais alunos concordaram com o comentário do aluno A6 e completaram dizendo que, “quando a voltagem foi diminuída a corrente diminuiu” o que corrobora com a atividade experimental nº 2, em que o valor da corrente diminuiu na medida em que foi feita a troca de uma fonte de 12V por outra de 5V ou 9V. Desse modo, a décima primeira aula foi finalizada com a seguinte reflexão e indagação para a próxima aula: Foi visto tanto no experimento nº 2 quanto na simulação nº 1 que o valor da resistência não é alterado quando a voltagem ou a corrente aumentam ou diminui. Existe alguma situação em que a resistência do material pode ser alterada?

A *décima segunda aula* iniciou-se com a retomada da pergunta reflexiva feita no último encontro. Alguns alunos que chegaram comentando a questão:

Aluno A12: “A resistência não muda, pois é resultado da divisão entre a voltagem e a corrente e mesmo se alterar a voltagem altera a corrente, mas a resistência não muda porque foi fabricada com aquele valor”.

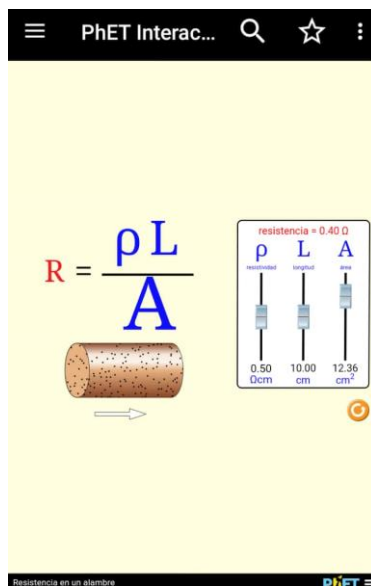
Aluna A15: “Poderia mudar...”

Mas não soube justificar em que situação poderia acontecer. Essa discussão foi mediada pelo professor sem que o mesmo desse a resposta para os alunos.

Para ajudar a responder essa pergunta foi realizada a simulação nº 2, por meio do mesmo aplicativo citado anteriormente, na décima primeira aula, onde os alunos foram apresentados à segunda lei de Ohm. Essa simulação nº 2 mostra a 2ª lei de Ohm e um pedaço de fio. Ao lado há três chaves variáveis onde é possível aumentar ou diminuir cada uma das grandezas envolvidas na Fórmula, como pode ser observada na figura 18.

No entanto, antes de iniciar a simulação nº 2, o professor explicou o significado de cada uma das grandezas. A resistência (R), os alunos já conheciam porque foi visto na décima aula. A resistividade (ρ) é uma propriedade que define o quanto um material opõe-se à passagem de corrente elétrica. O comprimento do fio condutor representado por (L) e a área de secção transversal do fio condutor representado pela letra (A) que eles visualizaram na própria simulação nº 2. A resistividade vai ser falada mais adiante. Em relação à resistividade foi falado ainda que essa grandeza é uma propriedade do material e depende de fatores como a temperatura em que se encontra esse material. Essa informação é importante porque a resistividade é uma constante, mas o aluno precisa saber que se a temperatura for alterada pode influenciar no seu valor. Os valores que são apresentados na tabela do capítulo 4, por exemplo, foram calculados a uma temperatura de 20°C.

Figura 18 – Print da simulação referente a 2ª lei de Ohm



Fonte: Imagens do autor.

Após a apresentação das grandezas envolvidas na 2ª lei de Ohm, os alunos em dupla utilizaram o celular para realizar a simulação nº 2. Inicialmente eles alteraram o valor da resistividade e observaram o que aconteceu com as demais grandezas. Nessa situação eles concluíram que “ao aumentar a resistividade, a resistência aumentava e ao diminuir, a resistência diminuía e as demais grandezas permaneciam constante”, então com a ajuda do professor concluíram que essas duas grandezas são diretamente proporcionais. Em seguida foi alterado o comprimento do fio e as conclusões foram as mesmas, ou seja, o comprimento do fio é diretamente proporcional à sua resistência.

Aluno A4: “Quando aumentou o tamanho do fio a resistência aumentou porque o caminho para a corrente elétrica foi maior”.

Aluno A10: “A resistência só será alterada no momento da fabricação, porque pode ser alterado o tamanho do material”.

Por último eles alteraram a área de secção transversal do fio. Nesse caso, observaram uma situação diferente das anteriores: ao “aumentar a área de secção transversal do fio o valor da resistência diminuiu” e foi concluído que essas grandezas são inversamente proporcionais. A simulação envolvendo a 2ª lei de Ohm levou os alunos à visualizarem, sem fazer os cálculos nesse primeiro momento, o que acontece com as grandezas envolvidas quando uma delas é alterada. Uma das principais dificuldades apresentadas pelos alunos ao estudar Física está no desenvolvimento dos cálculos, já que apresentam deficiência em

operações básicas como multiplicação e divisão. Apresentar uma fórmula matemática em forma de simulação deixou a aula mais atrativa para os alunos. Corroborando com Macêdo, Dickman e Andrade (2012), ao mesmo tempo em que é preciso considerar que simulações não podem substituir atividades concretas, a modelagem computacional possui um papel importante contribuindo para sanar parte da deficiência que os alunos possuem em Matemática e Física, melhorando assim, a sua aprendizagem.

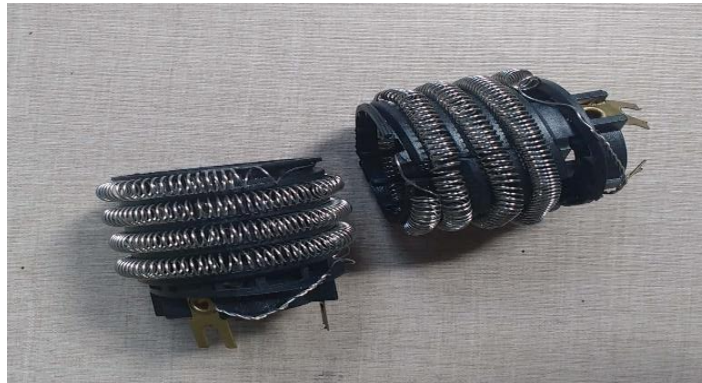
Em relação a resistividade os alunos não fizeram comentário. Para esclarecer melhor o significado físico dessa grandeza foi apresentado a tabela 1 adaptada de (Halliday; Resnick; Walker, 2012). Essa tabela traz informações sobre a resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente de 20°C. Com essas informações foi possível comparar esses valores e mostrar que os materiais condutores como o cobre, por exemplo, apresentam baixa resistência a passagem de corrente elétrica e, por isso, o valor da resistividade é tão baixo, enquanto o silício, material semicondutor apresenta um valor maior de resistividade e o vidro isolante, sendo um valor ainda maior. O objetivo foi mostrar para os alunos que a grandeza resistividade está relacionada com a condutividade de determinado material.

Depois de realizadas as duas simulações os alunos foram questionados da seguinte forma: O que conseguem perceber de diferente entre a primeira e segunda lei de Ohm?

Os alunos responderam de modo geral que “*a principal diferença entre essas duas leis está no fato de a primeira não especificar o comprimento nem a área do resistor e a segunda está relacionando essas grandezas mostrando sua dependência com o valor da resistência*”. As respostas sugerem que após realizarem as simulações referente a 1ª e 2ª lei de Ohm os alunos conseguiram perceber a diferença entre essas duas leis.

Na décima terceira aula, para exemplificar uma situação real em que a resistência do material pode ser alterada, o professor/pesquisador levou dois resistores de chuveiro elétrico figura 19, para que os alunos pudessem entender melhor seu funcionamento e fazer a relação com os conteúdos: resistência elétrica, potência, energia elétrica e leis de Ohm.

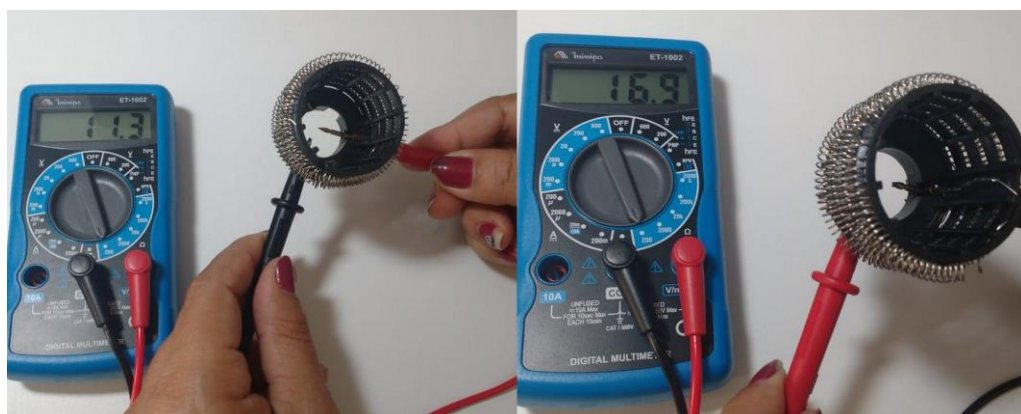
Figura 19 – Resistores de chuveiro elétrico.



Fonte: Imagens do autor

A análise do chuveiro iniciou mostrando aos alunos a divisão que existe no resistor que pode ser regulado com uma chave, podendo ser usado apenas uma parte ou todo o seu comprimento. Como dispúnhamos de apenas dois resistores foi pedido que um aluno realizasse a medida da resistência, utilizando um multímetro de cada segmento do resistor e mostrasse para turma os valores obtidos. O valor obtido no segmento menor foi $11,3\Omega$ enquanto no segmento maior foi $16,9\Omega$, conforme figura 20. Com esses valores obtidos como referência, os alunos concluíram que “*a resistência é diretamente proporcional ao comprimento do resistor*”, confirmando o resultado obtido na simulação nº 2 sobre a segunda lei de Ohm.

Figura 20 - Medida da resistência nos segmentos menor e maior de um chuveiro elétrico



Fonte: Imagens do autor

Após essas medidas os alunos foram questionados sobre qual a função do interruptor que altera o chuveiro para as posições inverno e verão? Essa foi uma das perguntas feitas no

pré-teste realizado na segunda aula. As respostas foram praticamente as mesmas. As respostas dadas nesses dois momentos mostraram que o conhecimento continuava em construção, mas foi melhorado em relação às respostas dadas no pré-teste. Como pode ser observado na fala dos alunos:

A maioria falou que “*servia para alterar a temperatura da água ou para economizar energia*”.

Essa resposta foi a mesma apresentada por grande parte dos alunos no pré-teste.

Um pequeno grupo de alunos falou que “*a mudança na resistência iria alterar a potência do chuveiro*”. Essa resposta está de acordo com a matéria de ensino o que mostra que esse grupo de alunos conseguiu promover a reconciliação integradora, pois conseguiram integrar significado aos subsunçores aprimorando seu conhecimento de acordo com a matéria de ensino. Nesse contexto Fonseca (2015), realizou um trabalho de investigação em chuveiros elétricos com o objetivo de relacionar situações do cotidiano com conceitos físicos, reconhecendo o mecanismo interno de funcionamento do chuveiro elétrico e entendendo a relação entre potência e resistência.

Nesse momento o professor revisou os conteúdos estudados na oitava e nona aula sobre potência elétrica, lembrando as equações estudadas envolvendo potência, resistência, voltagem e corrente elétrica.

O objetivo com essa revisão é promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, pois, a medida que retomamos conceitos já estudados os alunos passam a atribuir novos significados, melhorando seu conhecimento. De acordo com Moreira (2011b), através de sucessivas interações um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados e ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas. Para isso o professor lembrou que em um circuito elétrico fechado, quando está ligado a uma diferença de potencial, surge uma corrente elétrica. No exemplo do chuveiro elétrico, para que funcione deve ser ligado a uma voltagem de 220V, já que foi fabricado para funcionar a essa voltagem.

Foi pedido aos alunos que utilizassem o conhecimento adquirido em aulas anteriores para calcular o valor da corrente elétrica no chuveiro elétrico nas situações em que a resistência é $11,3\Omega$ (segmento menor do resistor) e quando a resistência for $16,9\Omega$ (segmento maior). Alguns alunos não conseguiram concluir essa atividade, principalmente por apresentarem dificuldades com os cálculos. Assim, o professor juntamente com os alunos que conseguiram realizar os cálculos passaram nas carteiras auxiliando aqueles com dificuldades.

Desse modo, todos conseguiram obter os resultados aproximados 19,47A e 13,02A, para as respectivas corrente em cada segmento do resistor, levando em consideração que o chuveiro estaria ligado a 220V, utilizando a relação $R = \frac{U}{i}$, assim,

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

Para a resistência $R = 11,3\Omega$ o cálculo foi,

$$i = \frac{220}{11,3} \cong 19,47A$$

E para a resistência $R = 16,9\Omega$ o cálculo foi

$$i = \frac{220}{16,9} \cong 13,02A$$

Em seguida os alunos calcularam a potência correspondente a cada segmento. Para esse cálculo os alunos relembrou a relação estudada na 7ª aula, $P = U \cdot I$ e encontraram os valores 4281,2W para a resistência de 11,3Ω e 2862,2W para a resistência de 16,9Ω.

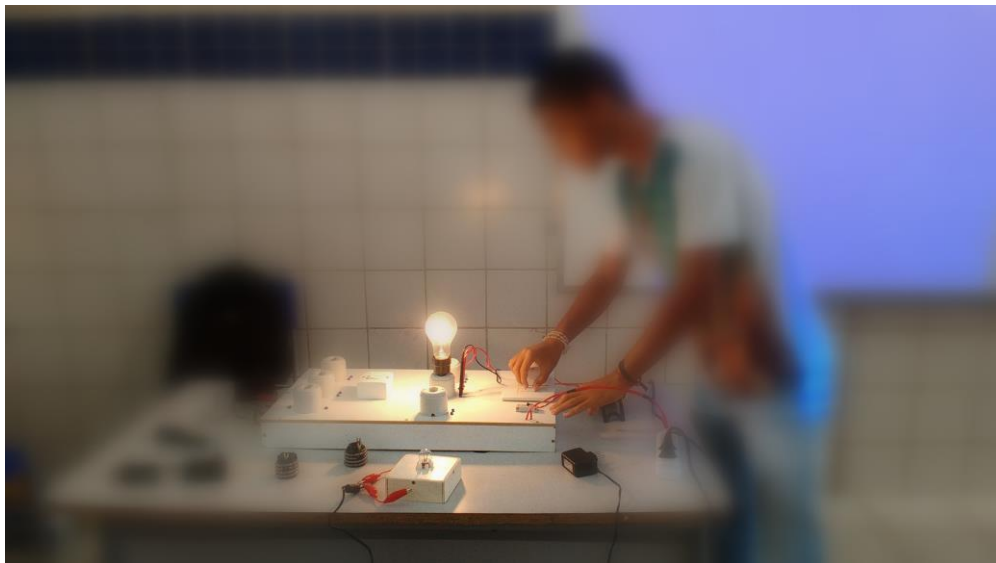
Depois dessa revisão o professor fez a seguinte indagação: Como as posições inverno e verão poderiam estar relacionadas ao consumo de energia elétrica?

Os alunos relembrou, a partir da atividade sobre consumo de energia verificada nos aparelhos elétricos desenvolvidos na 7ª aula com o aplicativo de celular e dos exercícios na 7ª aula, da relação entre o consumo de energia e a potência. A partir dessas informações, utilizaram esse argumento para justificar o consumo mais elevado na posição inverno que possui um valor maior de potência que na posição verão. Essas discussões, juntamente com a realização da simulação nº 2 sobre resistência elétrica, levou os alunos a concluir que “*é possível alterar a resistência do chuveiro com o uso da chave reguladora, mas não é possível fazer isso com outros equipamentos eletrônicos que tem sua resistência fixa estabelecida pelo fabricante*”. Não tem como fazer isso com outros equipamentos porque seria necessário desmontar o equipamento e alterar o comprimento da resistência. Se conseguisse alterar a resistência funcionaria com uma potência diferente, o que reduziria sua eficiência.

Para exemplificar o que acontece quando um equipamento eletrônico é ligado em uma voltagem diferente daquela estabelecida pelo fabricante, foi levado pelo professor um reostato (aparelho que faz variar a resistência), que foi ligado a uma lâmpada incandescente. Um aluno foi chamado para variar a resistência no reostato e percebeu-se uma variação no brilho da

lâmpada como mostra a figura 21. Os alunos foram provocados acerca da variação no brilho da lâmpada. O aluno que estava fazendo a alteração respondeu que a potência da lâmpada mudava com a variação da resistência. O professor explicou que isso acontecia porque ao variar a resistência no reostato a voltagem variava e conseqüentemente a potência da lâmpada também, já que essas duas grandezas estão relacionadas através da equação $P = U.I$. Esse fato explica o porquê de alguns aparelhos eletrônicos fabricados para determinada voltagem queimarem quando ligados em voltagem maiores ou apresentarem um mau funcionamento quando ligados em voltagem menores. Nesse contexto, Souza (2016), realizou uma simulação onde foi alterado o valor da voltagem de uma lâmpada e observou-se a diminuição do brilho quando a voltagem foi diminuída e, o rompimento do filamento quando o valor da voltagem foi superior ao valor nominal.

Figura 21 – Aluno alterando a voltagem por meio do reostato.



Fonte: Imagens do autor.

Após a realização dessas atividades envolvendo as leis de Ohm, com a utilização do experimento nº 2, as simulações nº 1 e nº 2 e a discussão das questões propostas sobre essas atividades os alunos, em casa, selecionaram os principais conceitos estudados até o momento, partindo desses construíram um mapa de conceitos (mapa nº 3), individual, com um texto explicativo nº 5. O objetivo dessa atividade foi que os alunos promovessem a reconciliação integrativa que aconteceu quando os alunos estabeleceram relações entre os conceitos, organizados de maneira hierárquica, relacionando-os e atribuindo significados no mapa.

A *décima quarta aula* iniciou com os alunos trocando com um colega o mapa juntamente com o texto nº 5 que traz a explicação do terceiro mapa conceitual individual. Inicialmente cada aluno fez a leitura silenciosa do mapa sem utilizar o texto. Posteriormente os alunos fizeram a consulta ao texto para entender melhor o mapa do colega. Em seguida foi aberto um debate para que comentassem sobre o entendimento e as dificuldades encontradas durante a leitura.

De início os alunos foram resistentes ao comentar o mapa do colega. Depois de uma intervenção do professor, mostrando que não existe mapa certo ou errado e que naquele momento o importante era saber como o aluno fazia a leitura de um mapa construído por outro aluno, finalmente dois alunos A4 e A11 aceitaram trocar seus mapas e fazer os comentários sobre o que entenderam e das dificuldades encontradas.

O aluno A4 comentou e identificou as dificuldades do mapa do aluno A11 figura 38.

Aluno A4: *“inicialmente eu tive trabalho para entender umas coisas porque não sabia a sequência certa, mas consegui entender.*

Perguntada sobre o entendimento do mapa após a leitura do texto o aluno respondeu:

Aluno A4: *“depois que eu li o texto ficou mais fácil de entender”.* O aluno comentou ainda que o entendimento do mapa do colega foi facilitado por ele também ter construído um mapa com o mesmo tema.

A aluna A4 ainda citou como dificuldade para entender o mapa a ausência de conectivos entre alguns conceitos. Após a fala da aluna A4 o professor fez mais um comentário mostrando para a turma que as dificuldades encontradas na leitura do mapa pela aluna A4 não quer dizer que o mapa está errado, mas que o uso dos conectivos entre os conceito e setas indicando o sentido de um conceito para o outro pode melhorar o entendimento para quem está fazendo a leitura. Os mapas dos dois alunos trabalharam praticamente os mesmos conceitos, mas não são iguais, talvez por isso A4 tenha sentido essa dificuldade na leitura inicialmente.

Em seguida o aluno A11 comentou o mapa da aluna A4 figura 34:

Aluno A11: *“Consegui entender sem ler o texto”.*

O que o aluno falou foi que antes de fazer a leitura do texto já havia entendido o mapa.

O professor perguntou o que facilitou o entendimento da leitura do mapa e o aluno comentou que o mapa estava bem organizando e os conectivos ajudaram a entender. Após a leitura do texto, o aluno A11 comentou que melhorou ainda mais o entendimento, pois o texto estava muito bem escrito. A análise dos mapas, pelo professor, será no capítulo 7, item 7.5.

5.5 Reconciliação Integrativa - 5º Passo

Iniciou-se a *décima quinta* aula com uma retomada sobre o estudo dos circuitos elétricos, relembrando os conceitos de voltagem, corrente elétrica, resistores, potência elétrica e energia elétrica relacionando-os entre eles com a aplicação de situações presentes no cotidiano dos alunos. Para isso foi pedido que os alunos citassem exemplos de situações do seu cotidiano envolvendo circuitos elétricos e as grandezas estudadas nas aulas anteriores. Um grupo de alunos citou a própria rede elétrica de sua casa como exemplo de circuito elétrico. Por exemplo, os alunos A15 e A11:

Aluno A15: *“As lâmpadas e o interruptor fazem parte desse circuito”.*

O aluno A11 também comentou

Aluno A11: *“Quando colocamos os aparelhos na tomada ele faz parte do circuito”.*

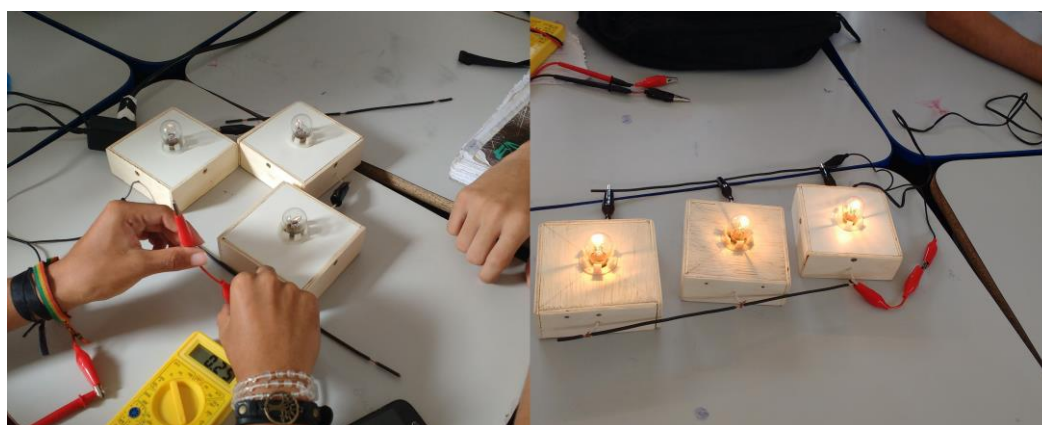
A fala dos alunos mostra que conseguiram dar significados ao conceito estudado circuito elétrico, pois conseguiram relacionar a matéria estudada em sala de aula com situações de sua vida. Essa discussão inicial foi finalizada com uma pergunta para a turma para que eles refletissem e respondessem no final da aula. Foi visto no estudo dos circuitos elétricos (aula 4) que ao desligar o interruptor, o circuito passa a ficar aberto e não há mais corrente elétrica. A partir daí foi questionado o seguinte: Porque quando apagamos uma lâmpada em nossa casa as demais continuam ligadas?

Após essa discussão os alunos foram organizados em grupo de 5 a 7 alunos onde foi entregue novamente aos alunos o kit fornecido pelo professor na 3ª aula, contendo fonte de 12V, fios condutores, interruptor, jacarés (utilizado para conectar os componentes ao fio condutor), lâmpadas de farol de carro (representando o receptor elétrico) e um multímetro. Na 3ª aula esse kit foi utilizado para que os alunos montassem circuitos simples. Nessa aula os alunos utilizarão os mesmos componentes para construir circuitos com lâmpadas em série e circuitos com lâmpadas em paralelo (experimento nº4), para que eles possam estabelecer relações entre esse experimento e a instalação elétrica residencial, identificando as vantagens e desvantagens entre a associação de resistores em série e a associação de resistores em paralelo. O objetivo dessa atividade é diferenciar o conceito mais geral, circuito elétrico, apresentando os conceitos mais específicos, por exemplo, circuitos em série e circuitos em paralelo para que os alunos possam atribuir significados entre os conceitos promovendo a reconciliação integradora.

No primeiro momento o professor pediu para que os alunos construíssem os circuitos com três lâmpadas sem exigir que estivessem organizadas em série ou em paralelo. O objetivo

inicial foi permitir que os alunos identificassem a variação no brilho das lâmpadas dependendo de como o circuito estava organizado. Durante a montagem um dos grupos observou que as lâmpadas estavam fracas devido à baixa luminosidade, outros grupos apresentaram dificuldades em ligar as lâmpadas, pois estavam tentando fazer a ligação sem fechar o circuito. Para auxiliar as montagens dos circuitos, foi pedido aos alunos que haviam realizado as ligações que ajudassem aos demais. Esse trabalho de auxiliar os colegas com mais dificuldades foram importantes, pois na medida em que os alunos se ajudam e pedem o auxílio do professor, estão fazendo a negociação de significados, o que é muito importante para que ocorra a aprendizagem significativa. De acordo com Moreira (2012), esse processo pode ser longo e só termina quando o aluno capta os significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino. Dessa forma alguns alunos fizeram a ligação em série e outros fizeram em paralelo. Como pode ser observado na Figura 22.

Figura 22- Lâmpadas associadas em série e em paralelo.



Fonte: Imagens do autor

Em um segundo momento o professor foi para a lousa e desenhou uma associação de resistores em série e outra em paralelo. Em seguida foi pedido para identificar o tipo de ligação que haviam realizado em sua montagem. Com a observação do desenho feito pelo professor, os grupos identificaram se haviam realizados um circuito em série ou em paralelo. Após essa identificação o grupo que havia organizado o circuito em série, passou a fazer a montagem em paralelo e o que havia montado em paralelo, organizou em série. De acordo que os alunos construía circuitos em série e em paralelo, estavam promovendo a reconciliação integradora, pois o subunçor circuito elétrico estava ficando cada vez mais elaborado e ganhando novos significados, pois de acordo com Moreira (2011a), conforme ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, a estrutura

cognitiva vai mudando. Em seguida o professor pediu que os alunos realizassem a medida da voltagem e corrente em cada trecho e fizesse as anotações no caderno, posteriormente comparasse os valores anotados para cada tipo de associação e, discutisse com os colegas as diferenças percebidas, figura 23. Os alunos discutiram entre si sem a intervenção do professor. No final da aula foi entregue um questionário Apêndice F, com 5 perguntas relacionadas ao experimento nº4 sobre associação de resistores em série e em paralelo. Os alunos começaram a responder em sala, concluíram em casa e trouxeram na aula seguinte para entregar para o professor fazer a análise.

Figura 23– Alunos fazendo a montagem da associação de resistores em série e em paralelo.



Fonte: Imagens do autor

A *décima sexta aula* foi iniciada com uma retomada da aula anterior sobre associação de resistores em série e em paralelo. A necessidade de retomar esse tema se deu por entender que durante a aula anterior, os alunos apresentaram dificuldades na atribuição de significados aos conceitos envolvidos no estudo de circuitos elétricos em série e em paralelo. De acordo com Moreira (2011a), a aprendizagem significativa é progressiva e pode levar um tempo relativamente grande.

A discussão foi iniciada com a apresentação do experimento nº 5, construído pelo professor, composto por tomadas fixadas em uma base de madeira, três tomadas ligadas em série e três ligadas em paralelo, uma chave para ligar e desligar o circuito, além de um disjuntor para aumentar a segurança do experimento já que será utilizada uma voltagem de 220V e corrente alternada como pode ser observado na figura 24.

Figura 24- Experimento nº 5 feito para trabalhar associação de resistores em série e em paralelo



Fonte: Imagens do autor

O primeiro tipo de associação discutida com os alunos foi a associação em série com três lâmpadas de mesma potência. Nesse contexto foi feita a seguinte pergunta para os alunos: “na associação de resistores em série, quando retiramos uma das lâmpadas as demais apagam”? Alguns alunos não responderam, mas a maioria falou que todas apagariam. Então foi retirada uma das lâmpadas da associação em série e as demais apagaram. Em seguida o aluno A9 falou que “*todas as lâmpadas apagaram porque o circuito ficou aberto quando a lâmpada foi retirada*”, o que foi confirmado pelo professor como correto.

Utilizando um multímetro foi feita a medida da voltagem nos dois tipos de associação e perguntou-se: Por que na associação em paralelo a voltagem é a mesma em qualquer trecho, enquanto na associação em série a voltagem é dividida?

Em relação a esse questionamento os alunos não responderam, o que fez o professor concluir que durante a atividade experimental nº 4, os alunos realizaram as medidas, discutiram, mas permaneceram com essa dúvida. A explicação foi realizada utilizando o experimento nº 5, mostrando que na associação em paralelo aos dois fios que vinham da tomada, estabelecendo uma diferença de potencial, se conectavam com cada uma das lâmpadas de maneira independente, diferente da associação em série em que as três lâmpadas estavam conectadas entre si e ligadas a essa diferença de potencial e por isso a voltagem era dividida. Em seguida foi alterada as lâmpadas por outras de potência nominal diferente e, questionado aos alunos o que aconteceria com sua luminosidade em cada tipo de associação.

Em relação à associação em paralelo os alunos não tiveram dificuldades em responder que o brilho seria maior daquelas lâmpadas com potência maior. Após fazer a substituição das

lâmpadas no experimento nº5, figura 25, os alunos foram questionados sobre: *Por que as lâmpadas de maior potência emitem mais brilho?*

Alguns alunos não responderam e outro grupo deu respostas distintas. Alguns alunos falaram que *“o brilho é mais intenso nas lâmpadas em que a corrente elétrica é maior”*, outros alunos disseram que *“o brilho depende apenas da potência, pois quanto maior a potência maior será a luminosidade”*. Nesse momento o professor lembrou que na associação de resistores em paralelo, a voltagem é a mesma para todos os resistores e como a resistência da lâmpada não muda, ela consegue dissipar a potência muito próxima da nominal, assim aquelas de maior potência nominal são as que emitem maior brilho na associação em paralelo.

Em relação à associação em série, a grande maioria respondeu que as lâmpadas de menor potência são *“as que apresentam maior luminosidade”*, mas apresentaram dificuldades em explicar porque isso acontece. Após uma pequena discussão com a turma foi feita as substituições das lâmpadas e verificado que as lâmpadas de menor potência são de fato as que apresentam maior luminosidade nesse tipo de associação. Para justificar esse fato o professor lembrou a relação entre potência, voltagem e corrente elétrica em que os alunos puderam perceber que a potência é maior quando a voltagem é maior e que quanto menor for a potência nominal da lâmpada, menor será a voltagem necessária para que ela atinja sua potência estabelecida pelo fabricante. Na associação em série a voltagem total foi dividida igualmente para as três lâmpadas, então aquela de menor potência nominal é a que mais se aproxima de sua potência máxima e conseqüentemente emite maior brilho.

Figura 25 - Experimento nº5 com o brilho e as medidas da voltagem na associação em paralelo (esquerda) e em série (direita).



Fonte: Imagens do autor.

Antes de finalizar a aula o professor lançou duas perguntas para a turma: quais as evidências de que a ligação residencial é do tipo em paralelo? E quais as vantagens desse tipo de ligação em uma casa?

Em relação à primeira pergunta um grupo de alunos respondeu que uma evidência é o fato de quando desligamos uma das lâmpadas as demais não apagam. O professor acrescentou ainda que em casa as lâmpadas de maior potência são aquelas de maior intensidade em seu brilho, fato que não acontece na associação em série. Em relação às vantagens da ligação em paralelo a aluna A4 comentou:

AlunoA4: *“Podemos usar uma lâmpada sem precisar ligar as outras”.*

O professor complementou falando que na ligação em paralelo utiliza-se toda a potência nominal, fato que não ocorre na ligação em série.

O primeiro experimento realizado nessa UEPS foi sobre um circuito elétrico simples. Diferente dos livros didáticos utilizados nas escolas de ensino médio, que iniciam os conteúdos da eletrodinâmica a partir do estudo da corrente elétrica, partimos do estudo dos circuitos elétricos. O objetivo com essa proposta foi iniciar a partir de um conceito mais geral e aos poucos, ao longo das aulas, promover a diferenciação progressiva, apresentando os conceitos mais específicos como corrente elétrica, diferença de potencial, potência e energia elétrica, resistência e o estudo dos resistores. Ao mesmo tempo em que os alunos faziam a diferenciação progressiva, estavam dando significado a esses conceitos como pode ser observado durante as atividades experimentais, simulações e nos debates em sala de aula.

A atividade iniciada na décima quinta aula sobre associação de resistores em série e em paralelo, partiu novamente do conceito de circuito elétrico, onde os alunos foram perguntados sobre exemplos de circuitos em sua residência. Como exemplo eles trouxeram a própria instalação elétrica residencial. A diferenciação progressiva foi promovida de acordo com os alunos que passaram a dar novos significados ao conceito circuito elétrico quando, por exemplo, conseguiram diferenciar um circuito formado por lâmpadas em série do circuito formado por lâmpadas em paralelo. Ao mesmo tempo retomaram os conceitos trabalhados anteriormente, que foram: corrente elétrica, voltagem, potência, e resistência no contexto da associação dos resistores.

5.6 Pós-Teste e Avaliação individual - 6º Passo

Na *décima sétima aula*, os alunos foram submetidos a um pós-teste com as mesmas questões aplicadas no pré-teste no início da UEPS. O objetivo do pós-teste foi avaliar os

avanços e as fragilidades ocorridos durante o processo. A análise e discussão do pós-teste encontram-se no capítulo 7 no item 7.6. E a comparação entre o pré-teste e o pós-teste está no item 7.7 do mesmo capítulo.

Na *décima oitava aula* os alunos realizaram uma avaliação individual final, Apêndice G, composta por 5 questões fechadas envolvendo os conceitos potência e energia elétrica, resistência e corrente elétrica, trabalhados ao longo da UEPS. A análise dessa avaliação encontra-se no capítulo 7 no item 7.8.

5.7 Aula Final e Avaliação da UEPS em Sala de Aula - 7º Passo

Na *décima nona aula* foi feita uma avaliação por parte do professor/pesquisador e dos alunos sobre as atividades desenvolvidas durante os 7 passos, da metodologia e da aprendizagem dos alunos. Durante a aula foi estabelecido uma conversa entre os alunos e o professor em relação à avaliação que eles fizeram ao longo dos encontros e das vantagens ou desvantagens percebidas a partir das estratégias utilizadas, diferente daquelas utilizadas nas aulas tradicionais. Os alunos A10 e A12 comentaram:

Aluno A10: *“Foi muito bom estudar os assuntos de Física utilizando experimentos”.*

Aluno A12: *“Seria bom se as aulas fossem sempre assim”.*

As falas desses dois alunos mostram uma aceitação favorável à metodologia utilizada durante as aulas. Em relação ao conteúdo estudado, os alunos comentaram que foi muito mais fácil entender com essa metodologia utilizada durante os 18 encontros.

Os mapas conceituais também foram motivo de comentários por parte dos alunos. Um pequeno grupo de alunos falou que achou complicada a construção dos mapas, mas a grande maioria disse que apesar de apresentar dificuldades durante a construção, achou muito bom aprender a construir mapas, a exemplo, o aluno A21:

Aluno A21: *“Além de quebrar a cabeça procurando dar significado aos conceitos, durante a construção dos mapas já estamos estudando”.*

Alguns alunos citaram as atividades realizadas utilizando o celular como ferramenta educacional, ressaltando que foi mais fácil a compreensão do conteúdo.

Os comentários dos alunos, e o envolvimento durante cada etapa da UEPS, mostra que trabalhar os conceitos da eletrodinâmica de maneira diferente das aulas tradicionais foi uma alternativa eficiente para aproximar a Física do cotidiano dos alunos, aumentar a sua participação durante as aulas e contribuir com a aprendizagem, o que poderá ser percebido no próximo capítulo com a análise atividades desenvolvidas durante as aulas.

6 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS DADOS

6.1 Levantamento dos Conhecimentos Prévios

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos (Moreira 2011b). Quando é detectado que o educando não possui o conhecimento prévio (os subsunçores) sobre o tema e que o material já confeccionado para ser apresentado aos alunos não é potencialmente significativo, se faz necessário criar outros materiais ou realizar atividades que sirvam como um degrau entre o conhecimento do educando e o material elaborado (Lara, 2014).

A análise da primeira questão do pré-teste trouxe informações importantes em relação ao conhecimento prévio dos alunos pois, foi possível perceber que mesmo sem ter contato com a matéria de ensino a ser trabalhada ao longo da UEPS, os alunos mostraram que possuíam algum conhecimento relacionado ao tema, o que tornou a aplicação das demais atividades mais interessante porque a partir desses conhecimentos foi possível adequar essas atividades com o objetivo de alcançar aquele aceito pela comunidade científica.

Tabela 3- Categorias nomeadas para a primeira questão do pré-teste

O que você entende por corrente elétrica?	A	PA	NA	TOTAL
Energia elétrica	-	A1; A2; A5; A7; A8; A9; A11; A13; A14; A15; A16; A17; A18; A19; A20; A21	-	16
Campo magnético variável	-	A3; A4	-	2
Condução da eletricidade	-	A6; A10	-	2
Movimento dos elétrons	-	A12	-	1
Total	-	21	-	21

A – Aceita, PA – Parcialmente Aceita, NA – Não aceitas

Fonte: Elaborado pelo autor

Perguntados o que entendem por corrente elétrica, um grupo de 16 alunos deram respostas bem semelhantes, relacionando a corrente elétrica com algum tipo de energia. Essas respostas foram consideradas parcialmente aceitas, pois, de acordo com Hewitt (2002), o principal uso da corrente elétrica, seja ela cc ou ca, é transferir energia de um lugar para outro com rapidez, flexibilidade e de forma conveniente. Segue um exemplo da fala do aluno A19.

Aluno A19: “É uma corrente que possui eletricidade por onde passa energia”.

Entre os alunos que relacionaram a corrente elétrica com algum tipo de energia, um grupo de 5 alunos deram respostas parecidas, fazendo relação entre a corrente elétrica e a energia responsável em fazer os eletrodomésticos funcionarem. Essas respostas mostraram que os alunos conseguem estabelecer relação entre o termo corrente elétrica com o funcionamento daqueles aparelhos que eles possuem em suas casas. Como exemplo a fala do aluno A20.

Aluno A20: *“é a condução de energia, o que faz, por exemplo, um aparelho elétrico funcionar”*.

Esse conhecimento prévio dos alunos sobre corrente elétrica será melhorado e levado em consideração quando forem apresentados ao conteúdo ensinado para que possam estabelecer relações, dar significados e construir o conceito aceito pela matéria de ensino.

Os alunos A3 e A4 também relacionaram corrente elétrica com energia, mas destacaram a relação com o campo magnético em movimento. Essa resposta é bem interessante, pois, um campo elétrico variável produz de fato um campo magnético. Uma vez que o movimento de uma carga produz um campo magnético, segue que uma corrente de cargas também produz um campo desse tipo Hewitt (2002, p.413).

Aluno A3: *“Um campo magnético em movimento que passa através de aparelhos elétricos, nos dando energia”*.

Os alunos A6 e A10 disseram que a corrente elétrica é uma forma de conduzir eletricidade. A resposta dos alunos não está de acordo com a matéria de ensino, mas não pode ser considerada incorreta, pois quando o aluno se refere a condução de eletricidade ele deixa a entender que na corrente elétrica há um fluxo que nesse momento eles ainda não sabem, mas podem fazer a diferenciação durante a apresentação do conteúdo.

O aluno A12 trouxe uma resposta próxima àquela aceita pela comunidade científica, pois ele é o único que fala em movimento dos elétrons. E de acordo com Hewitt (2002), em circuitos formados por fios de metal, são os elétrons que formam a corrente.

Tabela 4 - Categorias nomeadas para a segunda questão do pré-teste

Para secar o cabelo, uma jovem dispõe de dois secadores elétricos, um de 1200 W-220V e outro de 700W-220V. Discuta as vantagens em se utilizar um e outro.	A	PA	NA	TOTAL
Maior eficiência/Maior potência	-	A1; A2; A3; A4; A5; A6; A8; A13; A14; A15; A17; A18; A19; A21	-	14
Potência e economia de energia	A7; A9; A10; A11; A12; A16; A20;	-	-	7
Total	7	14	-	21

A – Aceita, PA – Parcialmente Aceita, NA – Não aceita

Fonte: Elaborado pelo autor

A segunda questão teve como objetivo fazer o aluno refletir sobre a potência dos aparelhos elétricos de sua residência e como esses valores podem fazer diferença no seu desempenho e na conta de energia no final do mês. As respostas mostraram que o conhecimento prévio da grande maioria está muito próximo dos conteúdos que foram trabalhados posteriormente. Esse fato é muito importante, pois na visão de Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos é o conhecimento prévio.

Um grupo de 9 alunos não discutiu as vantagens em se utilizar cada um dos secadores, mas citaram que um seria mais potente que o outro. Essa resposta pode ser interpretada como o de maior valor nominal (1200W) ser mais potente que o outro de 700W. Veja, por exemplo, a fala do aluno 21.

Aluno A21: *“A potência de um deve ser maior que a do outro, entre outros benefícios que eles devem ter”.*

Nesse mesmo grupo de 4 alunos deram respostas bem parecida com a do grupo anterior, no entanto estes especificaram que o secador de 1200W é mais potente que o de 700W, o que torna suas respostas mais próximas daquela esperada, o que está exemplificado na fala de A15.

Aluno A15: *“O de 1200W é mais potente, já o de 700W não é tanto”.*

Um grupo de 4 alunos destacou a eficiência do secador mais potente. Esse fato foi muito importante para que o aluno pudesse entender a relação entre potência, consumo de energia e eficiência.

Aluno A6: *“O secador de 1200W vai possivelmente secar mais rápido”.*

Dois alunos citaram a economia de energia de um em relação ao outro.

Aluno A5: “*A economia de energia, alternando o uso dos sacadores*”.

Já, os 8 alunos fizeram a relação entre potência, eficiência e consumo de energia, o que tornou suas respostas aceitas pela matéria de ensino. Esses alunos mostraram que o conhecimento prévio estava em consonância com a matéria a ser trabalhada, o que tornou as discussões muito mais ricas ao longo do desenvolvimento das atividades propostas na UEPS. Segundo Hewitt (2002), a taxa com a qual a energia elétrica é convertida em outra forma, tal como energia mecânica, calor ou luz, é chamada de Potência elétrica. Como por exemplo, o aluno A10.

Aluno A10: “*O de 1200W-220V é mais potente, por isso ela vai conseguir secar o cabelo mais rápido, já o de 700W – 220V é mais econômico*”.

Tabela 5 - Categorias nomeadas para a terceira questão do pré-teste

Alguns aparelhos elétricos trazem um botão de ajuste para 110V ou 220V. Qual a importância desse botão de ajuste?	A	PA	NA	TOTAL
Não danificar os aparelhos	-	A1; A5; A6; A7; A10; A12; A13; A19; A21	-	9
Ajustar a voltagem	-	A2; A9; A11; A15; A16; A17; A18; A20	-	8
Aumentar a potência	-	A3; A4	-	2
Ajustar a energia	-	A8	-	1
Inaceitável	-		A14	1
Total	-	20	1	21

A – Aceita; PA – Parcialmente Aceita, NA – Não aceitas

Fonte: Elaborado pelo autor

A terceira questão buscou extrair o conhecimento prévio dos alunos em relação a grandeza física Voltagem e como essa grandeza está relacionada à potência do aparelho. Foi possível ver que os alunos conseguiram perceber que existem diferentes voltagens dependendo da região do país e que os aparelhos podem queimar dependendo da voltagem à qual forem ligados. Nesse primeiro momento a maioria não conseguiu entender a relação entre a voltagem e a potência do aparelho, pois eles sempre respondiam que o aparelho queima quando ligados em voltagens diferentes daquelas estabelecidas pelos fabricantes.

Um grupo de 8 alunos responderam que existe esse botão de ajuste para os aparelhos não queimarem quando ligados em diferentes voltagens. Como pode ser exemplificado na fala do aluno A21.

Aluno A21: “*Para não queimar o aparelho, pois são fabricados para suportar diferentes voltagens*”.

Essa resposta é parcialmente aceita, pois de acordo com GREF (1998, p. 14), no caso de um aparelho ser ligado numa tensão maior que a especificada pelo fabricante, ele queima quase que imediatamente. Se ele for ligado a uma tensão menor que a especificada, o aparelho não funciona ou funciona parcialmente. Nesse mesmo grupo, dois alunos se referiram em adaptação da tomada. Como pode ser observado na fala do aluno A17.

Aluno A17: *“Dependendo da tomada, é para ajustar o aparelho porque senão ele não funciona ou queima”.*

A resposta foi considerada parcialmente aceita porque se entende que o aluno se referiu a tomada porque não teve contato com o termo científico. O objetivo é que ao passo que o conteúdo foi sendo diferenciado progressivamente, o aluno conseguiu eliminar essas diferenças e integrar significados ao subsunção tomada, promovendo assim, a reconciliação integrativa a partir da interação com os conteúdos trabalhados. Corroborando com MOREIRA (2011b), uma vez introduzidos os conceitos e proposições mais gerais e inclusivos, eles devem imediatamente ser exemplificados e trabalhados em situações de ensino.

Outros três alunos desse grupo não se referem à grandeza física voltagem, mas disseram que podem queimar os aparelhos quando ligados em valores que não são aqueles especificados pelo fabricante. Como exemplo a fala do aluno A5.

Aluno A5: *“A prevenção na queima dos aparelhos eletrônicos”.*

Isso mostrou que mesmo sem ter tido o contato com o conteúdo, o aluno entendeu que os valores especificados nos aparelhos são importantes e devem ser levados em consideração para seu bom funcionamento.

Um grupo de 8 alunos se referiu ao ajuste da voltagem. O que pode ser observado na fala do aluno A2.

Aluno A2: *“Porque alguns aparelhos não suportam tantas voltagens e até aparelhos como computadores que precisam de estabilizador para poder suportar mais energia”.*

Dois alunos não citaram o termo voltagem, mas entenderam que aqueles valores servem para controlar a energia dos aparelhos. Como exemplo, a resposta do aluno A1.

Aluno A1: *“Tem alguns aparelhos que não aguentam tanta energia, por isso existe esse botão”.*

Essa não é a resposta aceita pela matéria de ensino, mas não pode ser descartada, pois, percebe-se que o aluno entendeu a relação entre aqueles valores e a energia elétrica. Esse fator foi muito importante para o aluno entender a relação entre a voltagem, a corrente elétrica e o consumo de energia em um circuito elétrico.

Dois alunos citaram o aumento da potência relacionado com o aumento da voltagem. Essa resposta pode ser considerada parcialmente correta, pois a potência está relacionada com a voltagem na equação $P = U \cdot i$, mas a variação na voltagem pode fazer aumentar ou diminuir a potência.

Aluno A3: “Para aumentar a potência do aparelho”.

Um aluno deu resposta considerada inaceitável por está em desacordo com o que foi perguntado na questão.

Aluno A14: “Ele é importante caso tenha um estabilizador de energia que irá dividir o recebimento da voltagem”.

Tabela 6 - Categorias nomeadas para a quarta questão do pré-teste

Quais as diferenças que existe entre as lâmpadas incandescentes, LED e fluorescentes?	A	PA	NA	TOTAL
Economia	-	A1; A4; A5; A8; A12, A13; A18	-	7
Economia e durabilidade	-	A2	-	1
Economia e luminosidade	-	A3; A6; A10; A11; A18	-	5
Potência	-	A7	-	1
Aquecimento, luminosidade e economia	-	A9; A14; A15; A16; A17; A21	-	6
Inaceitável	-		A20	1
Total	-	20	1	21

A – Aceita; PA – Parcialmente Aceita, NA – Não aceitas

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas dessa questão mostraram que o conhecimento dos alunos sobre o uso dos diferentes tipos de lâmpadas está muito próximo daquele ensinado em sala de aula, no entanto percebe-se que eles ainda confundem algumas características dessas lâmpadas.

Um grupo de 7 alunos citou a economia de energia como principal diferença entre os três tipos de lâmpadas.

Os alunos A1 e A15 ressaltaram que as lâmpadas incandescentes esquentam muito e por isso gastam muita energia, a LED é mais econômica e que as fluorescentes gastam muita energia. Essa resposta mostrou que os alunos percebem que as lâmpadas LED são mais econômicas em relação as demais e trazem uma observação importante sobre as lâmpadas incandescentes, o fato de esquentarem muito. Em relação as fluorescentes eles não conseguiram estabelecer uma relação com as outras duas. Como pode ser notado na resposta de A1.

Aluno A1: *“Incandescente ela gasta energia e esquenta muito, já a LED é uma forma mais econômica, não gasta tanta energia, e a fluorescente puxa muita energia”.*

O aluno A2 também falou da economia das lâmpadas LED e ressaltou a boa luminosidade e longa duração das fluorescentes e LED em relação às incandescentes.

Alunos A2: *“LED – muito econômica e de longa duração; Fluorescentes – clareia bastante e de longa duração; Incandescentes – não muito econômica e de curta duração”.*

Um grupo de 6 alunos citou apenas que a LED é mais econômica.

Outro grupo de 5 alunos diferenciaram os três tipos de lâmpadas como sendo as incandescentes as que mais consomem energia, a LED sendo mais econômicas e que consomem menos energia e fluorescentes as que gastam pouca energia.

Aluno A5: *“Incandescentes – amarela, consome muita energia; LED – branca, consome pouca energia, extremamente econômica; fluorescente – branca e gasta pouca energia”.*

Aluno A7: *“Diferença de potência, um pouco mais energia que o outro”.*

Um grupo de 5 alunos destacou a economia e a luminosidade como principais diferenças. Como exemplo, a resposta do aluno A11.

Aluno A11: *“A LED consome menos energia, porém brilha mais forte e a outra é o oposto”.*

Essa resposta está muito próxima da aceita, pois, a principal vantagem em se utilizar lâmpadas LED e Fluorescentes é por causa da economia de energia que está relacionada ao baixo valor da potência com a mesma eficiência das lâmpadas incandescentes.

Os alunos A10 e A15 falaram da diferença na iluminação e economia de energia sem especificar os tipos de lâmpadas. Isso mostrou que estão muito próximos da resposta aceita, precisando confrontar esse conhecimento prévio com aquele aceito cientificamente para fazer a diferenciação.

Aluno A10: *“Tem diferença na iluminação e na economia”.*

O aquecimento, a luminosidade e a economia foram citados por 6 alunos, como diferenças entre as lâmpadas. Como pode se observar na resposta do aluno A15.

Aluno A15: *“LED, apesar de ser mais cara é mais econômica e as incandescentes e fluorescentes, das que esquentam mais e usam de muita energia, porém grande parte é desperdiçada”.*

Em sua resposta o aluno A15 incluiu as lâmpadas incandescentes e fluorescentes como as que aquecem muito e desperdiçam energia. Essa resposta foi considerada parcialmente

aceita porque as lâmpadas fluorescentes não aquecem tanto quanto às incandescentes, no entanto as LED são mais econômicas que essas duas, como afirmou o aluno.

Os alunos A14, A17, A19, A20 e A21 também falaram da diferença na economia, mas sem especificar qual é mais econômica que a outra.

Aluno A14: “*A absorção que elas têm em transformar energia em luz, uma de forma mais prática, consumindo menos energia e a outra não*”.

Aluno A17: “*Uma esquentada mais que as outras*”.

Aluno A19: “*A fluorescente precisa de mais energia para o seu funcionamento*”.

O aluno A20, no exemplo, foi o único que deu uma resposta em desacordo com o que foi perguntado.

Aluno A20: “*O tipo de energia que é gerada*”.

Tabela 7 - Categorias nomeadas para a quinta questão do pré-teste

Os chuveiros elétricos trazem uma chave com as posições inverno e verão. Qual a vantagem em fazer uso dessa chave?	A	PA	NA	TOTAL
Economia de energia	-	A1; A5; A8; A12; A19; A21	-	6
Ajuste de temperatura	-	A2; A3; A4; A6; A7; A9; A10; A11; A13; A14; A15; A16; A17; A18; A20	-	15
Total	-	A21	-	21

A – Aceita, PA – Parcialmente Aceita, NA – Não aceitas

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com as respostas dadas pelos alunos foi possível perceber que em relação ao uso da chave que regula a temperatura da água, os alunos não conseguiram estabelecer uma relação entre a temperatura da água e variação na potência do aparelho, mas vimos que eles conseguiram perceber a questão da economia de energia, o que serve como ponto de partida para o que queremos trabalhar.

Um grupo de 6 alunos citou a economia de energia como vantagem para o uso da chave. Como mencionou, por exemplo, o aluno A21.

Aluno A21: “*Economizar energia de acordo com o clima, pois assim o chuveiro elétrico vai se adequar ao clima certo*”.

Essa resposta mostra um conhecimento de senso comum.

Outro grupo de 15 alunos citou o ajuste da temperatura da água como principal função da chave. Como se referiu, por exemplo, o aluno A9.

Aluno A9: *“Controlar a temperatura da água”.*

As respostas dos dois grupos de alunos foram consideradas parcialmente aceitas porque estão de acordo com o senso comum, mas foram adquirindo novos significados, conforme ocorreram a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Um grupo de 4 alunos falaram apenas da mudança da água de quente para frio. Como citou, por exemplo, o aluno A7.

Aluno A7: *“Para colocar a água morna ou quente”.*

Tabela 8 - Categorias nomeadas para a sexta questão do pré-teste

Que cuidados podemos adotar em nossas residências para evitar o choque elétrico?	A	PA	NA	TOTAL
Protetor de tomadas e fio terra/Cuidado com fios descascados; cuidados com as tomadas; não manusear energia elétrica quando molhado/ utilizar materiais isolantes; não manusear eletricidade com o corpo molhado.	A1; A2; A3; A4; A5; A6; A7; A8; A9; A10; A11; A12; A13; A14; A15; A16; A17; A18; A19; A20; A21	-	-	21
TOTAL	21	-	-	21

A – Aceita, PA – Parcialmente Aceita, NA – Não aceitas

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas dessa questão foram aquelas esperada em relação ao que foi perguntado. As respostas dos alunos reuniram várias medidas preventivas em relação ao choque elétrico. Alguns alunos chamaram atenção para proteção nas tomadas e a questão de não manusear aparelhos eletrônicos quando molhado ou sem proteção que deixe o corpo isolado, como luvas e sandálias. Outros alunos falaram da importância do uso de materiais isolantes, cuidados com fios desencapados e ainda foi falado do fio terra. Como exemplo, a resposta dos alunos A3, A6, A11, A14, A16 e A21.

Aluno A3: *“Não ligar um aparelho elétrico na tomada com o corpo molhado ou descalço. Não colocar o dedo na tomada, não usar fios descascado”.*

Aluno A6: *“Isolando os condutores elétricos com protetores para evitar de crianças não sofrerem choques. E também ter o máximo de cuidado possível para manusear equipamentos eletrônicos sem fio terra”.*

Aluno A11: *“Utilizar protetores de tomada, não mexer nos fios sem luvas e calçados de borracha, não utilizar aparelhos elétricos enquanto o corpo está molhado”.*

Aluno A14: *“Evitar mexer com eletricidade com as mãos molhadas, está de sandália se mexer em algo do tipo de energia, verificar se todos os fios estão isolados”.*

Aluno A16: *“Manter as fiações sempre em ordem, ter cuidado com tomadas, fazer fio terra, ter protetores de tomada, chamar profissionais para qualquer tipo de reparo, não ter fios desencapados”.*

Aluno A21: *“Evitar contato com tomadas, materiais elétricos quando estamos molhados, usar protetor de tomadas, ter cuidado se estamos com condutores de eletricidade ao manusear objetos, etc.”*

Todas essas respostas foram importantes, pois, ao longo das atividades da UEPS foi trabalhado conteúdos relacionados com o que foi relatado nessas respostas.

6.2 Análise dos Mapas Conceituais – Coletivo, Duplas e Individual

Nessa análise a ideia fundamental é avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, ou seja, como o aluno estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra os conceitos a um dado conhecimento (Moreira, 2006a).

Compete ao professor nessa análise qualitativa procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa. As explicações dos alunos, orais ou escritas, em relação ao mapa que foram feitas irão facilitar a tarefa do professor (Moreira, 2006a, 2010).

A construção, reconstrução e explicação do mapa para os colegas da turma, ou para o professor, faz com que o aluno explicita os significados que captou sobre a matéria de ensino, no sentido de fazer o mapa. O aluno começa a perceber que os conceitos são elementos importantes na construção do conhecimento humano e vão construindo significativamente conceitos essenciais para seu desenvolvimento cognitivo. (Moreira, 2010).

Defendido por Novak e Gowin (1999), compartilhado por Moreira (2006a, 2011), não existe mapa correto ou incorreto. O que existe é uma representação do pensamento do aluno no seu esforço de aprender, diante de novos conceitos. Desse modo, as hierarquias apresentadas definem os conceitos aceitos e as possíveis proposições externalizadas durante o processo de elaboração do mapa.

Os aspectos conceituais observados na construção dos mapas foram escolhidos porque, como professor/pesquisador da minha prática educacional, são essenciais para a compreensão do aluno sobre o tema corrente elétrica e de como essa grandeza está relacionada às questões do cotidiano do aluno. Um exemplo disso são os efeitos que podem ser observados nos aparelhos elétricos de suas residências ou os tipos de corrente contínua e

alternada, utilizadas também em suas residências e que muitas vezes os alunos não sabem por que existem esses dois tipos de corrente.

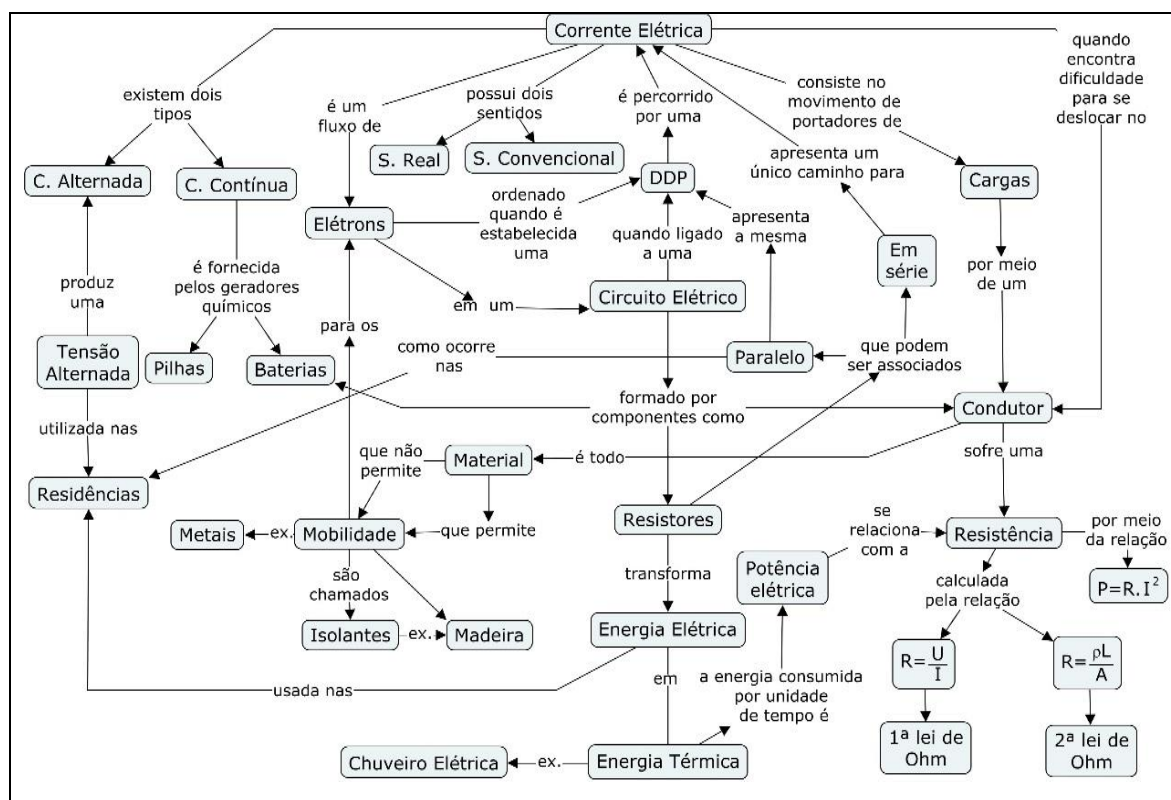
Em relação aos aspectos estruturais do mapa conceitual, de acordo com (Novak e Gowin 1999, p. 114) o núcleo da compreensão da hierarquia dos mapas conceituais são: o significado que atribuímos a um dado conceito, ou seja, quais conceitos que são relevantes, e quais as relações entre os conceitos de ordem superior e inferior são proeminentes para o tema em estudo.

Os elementos fundamentais em um mapa conceitual de acordo com (Novak e Gowin, 1999), reiterado por (Moreira, 1983, 2006ab, 2011b; Mendonça, 2012; Palmero e Moreira, 2018) são:

1. O conceito deve estar hierarquizado de algum modo evidenciando quais os mais gerais, inclusivos e os específicos;
2. A proposição que constitui de dois ou mais termos conceituais unidos por palavras-de-ligação;
3. Palavras de ligação que unem os conceitos e indicam o tipo relação existente entre os conceitos;
4. Explorar as relações cruzadas ou horizontais;
5. Os exemplos devem vir por último.

De modo a nortear o trabalho do professor, que também atuou como um investigador, quanto aos conceitos envolvidos na compreensão da eletrodinâmica, com foco no conceito corrente elétrica, elaboramos um Mapa Conceitual (figura 26) para mostrar as possíveis relações conceituais a serem estabelecidas (Morais & Mendonça, 2018).

Figura 26 - Um mapa conceitual para os conceitos básicos de corrente elétrica (Morais & Mendonça, 2018)



Fonte: Moraes & Mendonça, 2018

6.3 Análise do Primeiro Mapa Conceitual Coletivo

Esse mapa foi construído coletivamente, no quadro de giz, com a participação de todos os alunos, durante a situação inicial da UEPS, em que eles ainda não haviam tido contato com os conceitos que seriam estudados na eletrodinâmica. Os alunos já haviam realizado antes MCs de outros conteúdos da Física e os elementos envolvidos na construção do mapa, bem como (conceito, proposição, palavras de ligação, relação cruzada e exemplos) foram explicados e revisados com base em (Novak e Gowin, 1984, 1999).

Durante a seleção dos conceitos o professor/pesquisador optou pelos conceitos mais falados pelos alunos relacionados a eletrodinâmica: energia, potência (watts), voltagem (volts), corrente elétrica (amperagem), fios, lâmpadas, elétrons, carga, bateria, condutividade. Ao desenhar no quadro de giz o mapa conceitual coletivo os conceitos obedeceram em parte a hierarquia.

No quadro de giz, o professor/pesquisador apresentou o conceito corrente elétrica como o mais geral e, posteriormente disse que os conceitos mais específicos, energia, potência, voltagem, elétrons, fios, lâmpadas, condutividade, carga e bateria deveriam se

relacionar ao conceito mais geral. Foi falado aos alunos que relacionassem esses conceitos, iniciando sempre daquele que eles considerassem mais importante e encontrassem a palavra de ligação adequada.

Então os alunos iniciaram com o conceito energia e relacionaram com lâmpadas e baterias formando as proposições: Energia – acende as – Lâmpadas e Energia – está armazenada na – Bateria sendo que as proposições formadas ficaram inicialmente soltas no mapa não se unindo ao conceito principal corrente elétrica. O professor/pesquisador alertou aos alunos de como iriam relacionar ao conceito geral e deixou a proposição formada escrita no quadro aguardando o momento de poder relacioná-la ao conceito geral.

Em seguida os alunos falaram que as lâmpadas precisam da Amperagem para acender. O termo Amperagem foi dito por alguns alunos para se referir ao conceito corrente elétrica, ainda não muito familiar. Com a mediação do professor/pesquisador foi formada a seguinte proposição: Lâmpadas – precisam da – Corrente elétrica – conhecida como – Amperagem. E a proposição inicial que foi construída e ficou solta ganhou sentido ao se relacionar com o conceito geral, corrente elétrica, formando a seguinte proposição: Energia -> ascende as ->Lâmpadas ->precisam da -> Corrente elétrica -> conhecida como -> Amperagem.

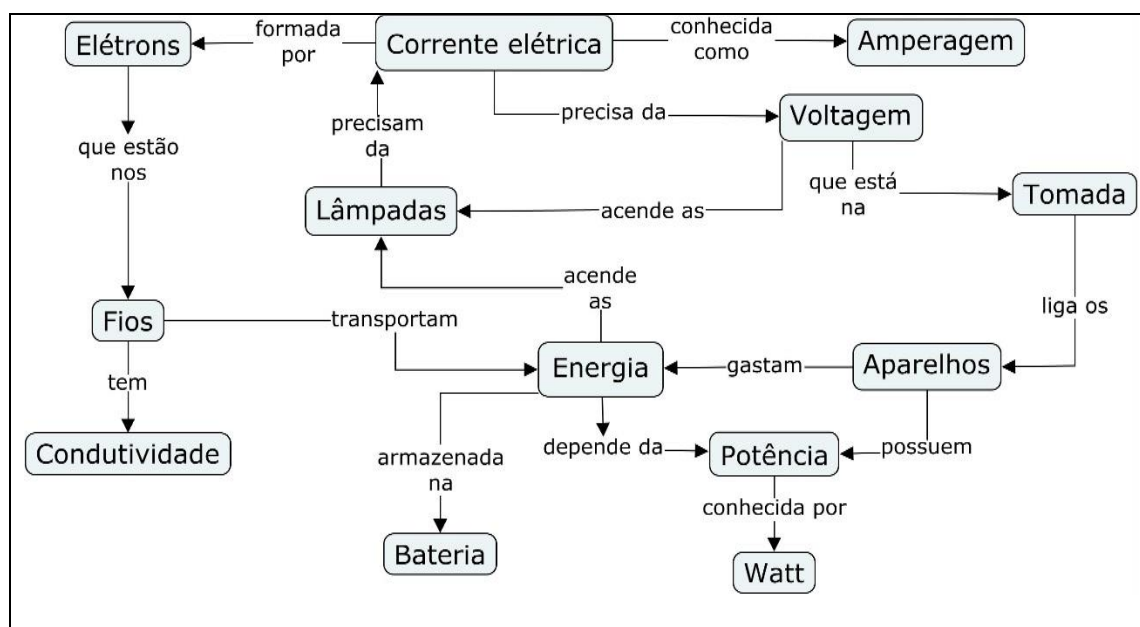
Ainda em relação ao conceito corrente elétrica, um grupo de alunos falou que essa corrente é formada por elétrons que estão nos fios e que são os fios quem transportam a energia. Com a fala desses alunos o professor/pesquisador relacionou os conceitos Corrente elétrica, Elétrons, Fios e Energia formando a proposição: Corrente elétrica -> formada por -> Elétrons – que estão nos -> Fios – transportam -> Energia. Nesse momento, o professor/pesquisador mostrou aos alunos o que significava uma relação horizontal no mapa ao relacionar, por exemplo, Fios -> transportam Energia.

O conceito energia ainda foi relacionado com os aparelhos elétricos e com a potência denominada pela maioria como Watt, formando a proposição: Energia – depende da – Potência – conhecida por – Watt. Para estimular os alunos a relacionar os conceitos, o professor/pesquisador perguntou se a voltagem estaria relacionada com o funcionamento dos aparelhos elétricos residenciais. Um grupo de alunos falou que “*a voltagem está nas tomadas e serve para ligar os aparelhos que só funcionam se tiver energia*”. Outros falaram que são os aparelhos quem gastam a energia devido a sua potência. Dessa forma, foram formadas as proposições: Voltagem – está na – Tomada – liga os -> Aparelhos – gastam – Energia. Outra proposição formada foi: Aparelhos – possuem -> Potência – conhecida por – Watt.

O mapa coletivo obedeceu em parte a hierarquia que inicia com o conceito mais geral e, posteriormente os mais específicos. Embora o professor/pesquisador alertasse a cada proposição formada sobre a relevância dos conceitos dentro de uma hierarquia, houve dificuldade em estabelecer algumas relações. As proposições formadas, foram consideradas válidas, pois nesse momento o objetivo foi construir um mapa coletivo levando-se em conta o conhecimento prévio dos alunos. Percebe-se que alguns dos termos utilizados pelos alunos ainda não são aqueles utilizados pela matéria de ensino, como por exemplo, o termo amperagem, citado pelos alunos para se referir ao conceito corrente elétrica. Espera-se que após a interação com o conteúdo compartilhado pelo professor/pesquisador e os materiais educativos como, por exemplo, experimentos, simuladores e aplicativo de celular, os alunos deem significados aos conceitos.

Após a construção do primeiro mapa de conceitos coletivo, em casa, os alunos construíram um pequeno texto (nº 1) sobre os assuntos discutidos no decorrer da primeira aula e sobre o entendimento do mapa conceitual coletivo. O mapa coletivo, figura 27, foi transcrito pelo programa Cmap Tools, Novak e Cañas (2007), para melhor entendimento dos leitores.

Figura 27 – Mapa Conceitual Coletivo



Fonte: Elaborado pelo autor

Na leitura desse texto nº1 o professor identificou parte do conhecimento prévio dos alunos relacionados com a eletrodinâmica, por exemplo, eles conseguiram relacionar à eletricidade com os aparelhos elétricos e as grandezas mais conhecidas como volts, voltagem,

watts e potência. Em relação aos conceitos envolvidos na construção do mapa coletivo percebe-se que os alunos citaram aqueles relacionados com a energia elétrica e os aparelhos elétricos utilizados em suas casas. Levando em consideração que os alunos haviam estudado apenas os conteúdos relacionados com a eletrostática e que os conceitos da eletrodinâmica ainda seriam discutidos durante a sequência didática apresentada na UEPS, percebeu-se que de modo geral o conhecimento prévio apresentado foi importante como ponto de partida para o desenvolvimento das aulas subsequentes. A forma como o mapa foi estruturado chamou atenção, pois, mesmo não sendo a primeira vez que eles tiveram contato com essa ferramenta ainda é algo novo para eles e em alguns momentos foi preciso o professor/pesquisador auxiliar na construção das proposições que foram formadas a partir das falas dos alunos.

6.4 Análise do Segundo Mapa Conceitual em Dupla

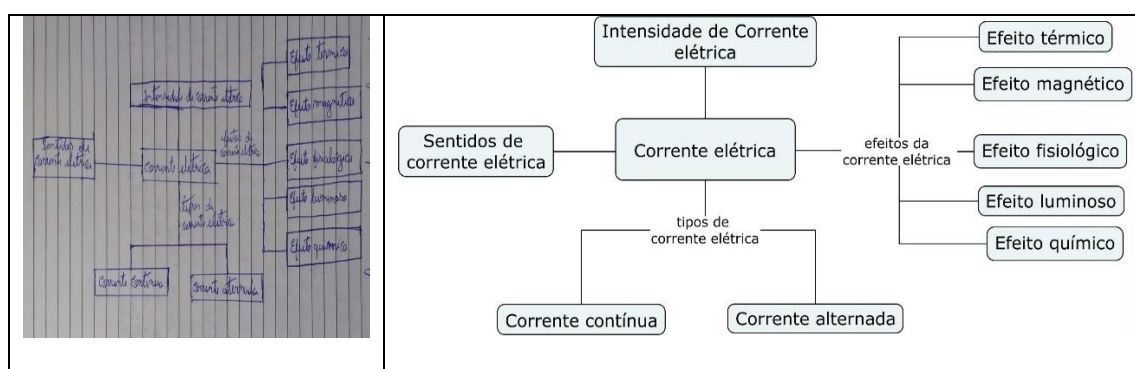
A intervenção pedagógica realizou-se de modo a investigar e a oferecer recursos para a análise dos mapas conceituais elaborados em dupla e individualmente, durante o processo de ensino, buscando evidências de aprendizagem significativa. A seguir, foram escolhidos aleatoriamente 4 MCs feitos em dupla durante o processo de ensino para serem apresentados e discutidos. Os mapas foram descritos pelas duplas e entregues ao professor/pesquisador para análise.

Análise qualitativa do MC da dupla A1 e A3

A dupla, de acordo com a figura 28, apresentou uma hierarquia conceitual muito simples. Na explicação escrita do mapa percebeu-se a valorização da dupla em descrever certas definições que não aparecem no mapa em relação ao conceito corrente elétrico e deslocamento de cargas, quando os alunos afirmam que “um campo elétrico é estabelecido em um condutor qualquer, as cargas livres aí presentes entram em movimento sob a ação desse campo. Dizemos que esse deslocamento de cargas constitui uma corrente elétrica”. Percebeu-se a ausência de palavras de ligação entre alguns conceitos e dificuldades em elaborar as proposições estabelecidas entre eles, por exemplo, nas relações entre: corrente elétrica – sentidos da corrente elétrica e corrente elétrica – intensidade de corrente elétrica, a fim de deixar clara a interação entre os mesmos. Relacionaram os cinco efeitos da corrente elétrica sem exemplificação e percebeu-se também dificuldade em identificar o que são e o que não são termos conceituais como está demonstrado no mapa. Os conceitos: corrente contínua e a corrente alternada aparecem como tipos de corrente elétrica, entretanto, ao escrever a

explicação do mapa, a dupla conseguiu dar uma explicação relevante, que não estão presentes no mapa, ao dizer que “corrente contínua é aquela cujo sentido se mantém constante e a corrente alternada é aquela cuja intensidade e cujo sentido variam periodicamente”. A relação para calcular a intensidade da corrente elétrica que resulta em uma fórmula matemática não apareceu no mapa nem na explicação escrita do mapa, sendo esse conhecimento importante para a resolução de problemas envolvendo o cálculo da intensidade de corrente elétrica. O sentido real e o sentido convencional também não apareceram no mapa da dupla, mas apareceu na explicação escrita que “o sentido convencional é contrário ao movimento dos elétrons”. Segundo Moreira (2006), os mapas conceituais se constituem em uma visualização de conceitos e relações hierárquicas entre os conceitos que podem ser muito úteis tanto para o professor quanto para o aluno, como uma maneira de exteriorizar o que o aluno já sabe.

Figura 28 – Mapa conceitual da dupla de alunos A1 e A3 sobre corrente elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor

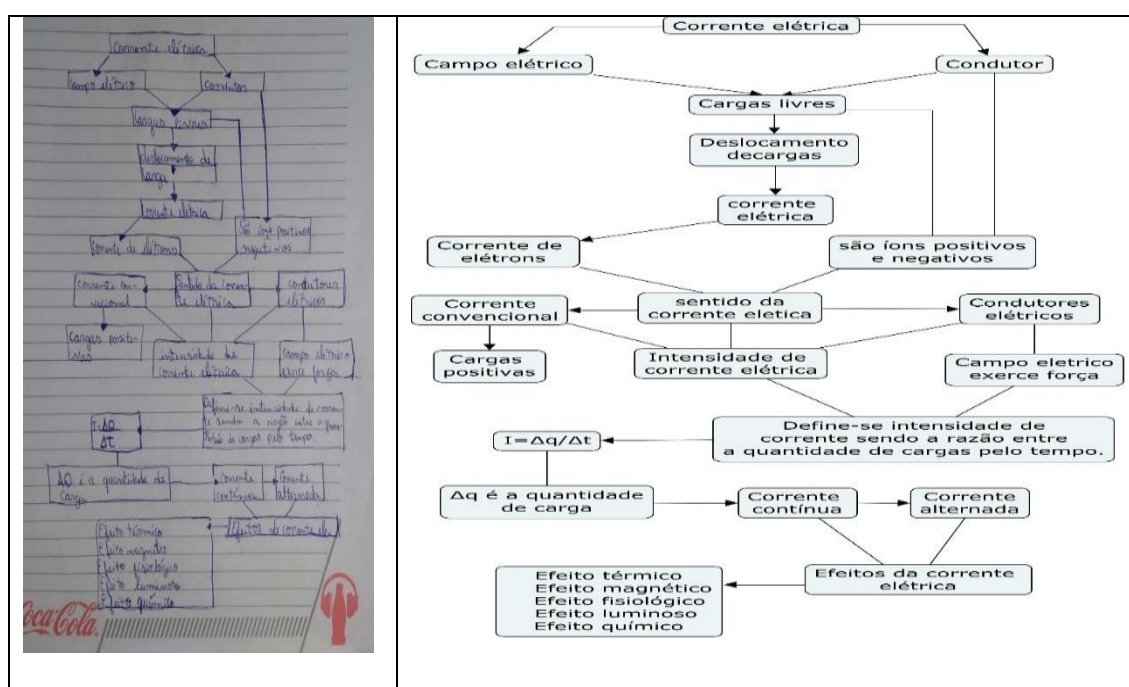
Análise qualitativa do MC da dupla A6 e A9

A dupla, figura 29, apresentou um mapa hierárquico com o conceito mais geral, corrente elétrica e subordinado a ele os mais específicos, campo elétrico e condutor, no entanto, observa-se que não houve palavras de ligação entre os conceitos a fim de deixar clara a interação entre os conceitos. Na construção do mapa percebeu-se uma sequência hierárquica entre os conceitos relacionados em dois níveis do mapa, porém, faltou clareza no entendimento na formação de algumas das proposições. Apresentou poucas relações válidas, contudo não nomeadas, o que formaria as proposições, além de mostrar várias relações horizontais e cruzadas. Outra dificuldade foi na identificação dos termos conceituais.

Esse mapa não apresentou nenhum conector em nenhuma relação estabelecida e não nomeada entre os conceitos. Inicialmente, na construção dos mapas, as linhas que apareciam

não possuíam palavras-chave, pois, atualmente a introdução das palavras-chave sobre as linhas aumentam a potencialidade instrucional dos mapas (Moreira, 2006a; Moreira, 2010, Moreira 2011b, Palmero e Moreira, 2018). Essa dupla não explicou o mapa por meio do relato escrito. Os conceitos unidos por palavras de ligação que formam as proposições foram percebidos em algumas relações válidas, como por exemplo, quando relaciona a corrente contínua e alternada aos efeitos causados por ela e cita esses efeitos. No que se refere na relação estabelecida entre a corrente elétrica, campo elétrico, cargas livres e deslocamento de cargas, os conceitos foram relevantes, faltando apenas as palavras de ligação para demonstrar o entendimento do conteúdo. De acordo com Novak (2000), 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 29 – Mapa conceitual da dupla de alunos A6 e A9 sobre corrente elétrica



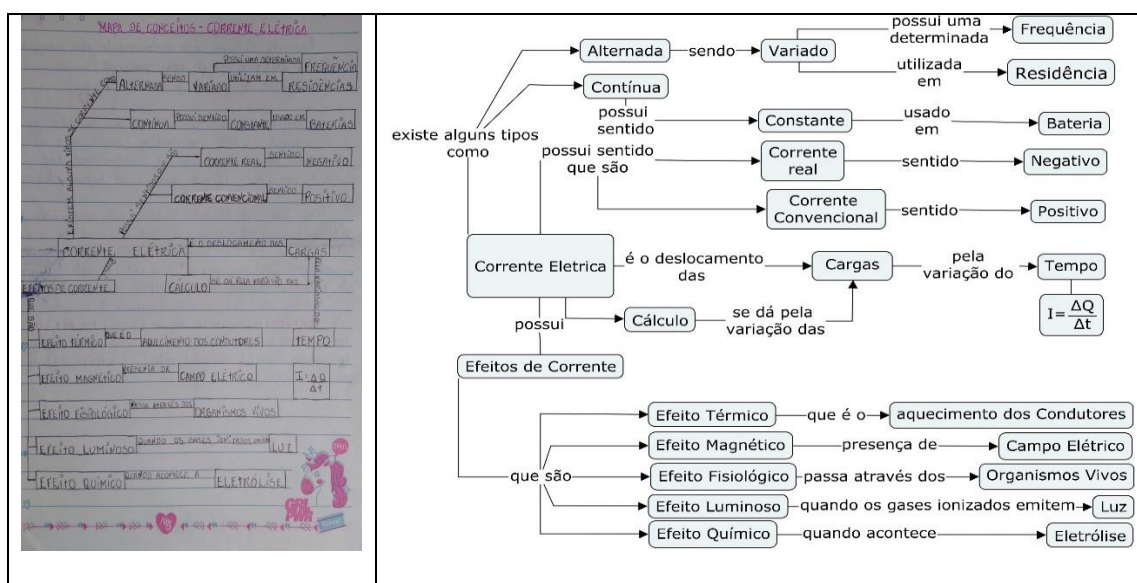
Fonte: Elaborado pelo autor

Análise qualitativa do MC da dupla A8 e A19

A dupla, figura 30, colocou o conceito mais abrangente, corrente elétrica, na parte superior do mapa demonstrando certa hierarquia. Realizaram a diferenciação progressiva, quando o conceito, corrente elétrica, estava relacionado com o deslocamento de cargas, diferenciando da corrente real e corrente convencional, conceitos mais específicos. Foram integrados novos significados ao conceito corrente elétrica por meio do uso de palavras de ligação formando proposições válidas que facilitaram o entendimento do mapa junto com a explicação escrita. A corrente contínua e a corrente alternada foram diferenciadas apresentando como exemplos a bateria para a corrente contínua e para a corrente alternada, aquela utilizada nas residências, mostrando ainda que esse tipo de corrente possui determinada frequência. Os efeitos da corrente elétrica e os exemplos que apareceram no mapa demonstraram o entendimento da dupla sobre esse conhecimento.

Assim, a dupla trouxe ainda a equação matemática no final da relação entre – corrente elétrica - cálculo – cargas – tempo, mostrando a razão entre a carga e o intervalo de tempo. Essa relação matemática utilizada para calcular a intensidade de corrente elétrica em um condutor, está relacionada ao conceito corrente elétrica para explicar o deslocamento de cargas. No entanto, não citaram no mapa que é necessário estabelecer uma diferença de potencial para que as cargas elétricas se desloquem de maneira organizada para o aparecimento da corrente elétrica em um condutor. O sentido da corrente elétrica foi diferenciado entre real e convencional. As relações estabelecidas entre os conceitos por essa dupla estão de acordo com o conteúdo que foi estudado em sala. Defendem Mendonça, Barros e Moreira (2013), que a teoria da aprendizagem significativa defende a aquisição e a retenção de significados que são gerados na escola para fundamentar a prática educativa.

Figura 30 – Mapa conceitual da dupla de alunos A8 e A19 sobre corrente elétrica

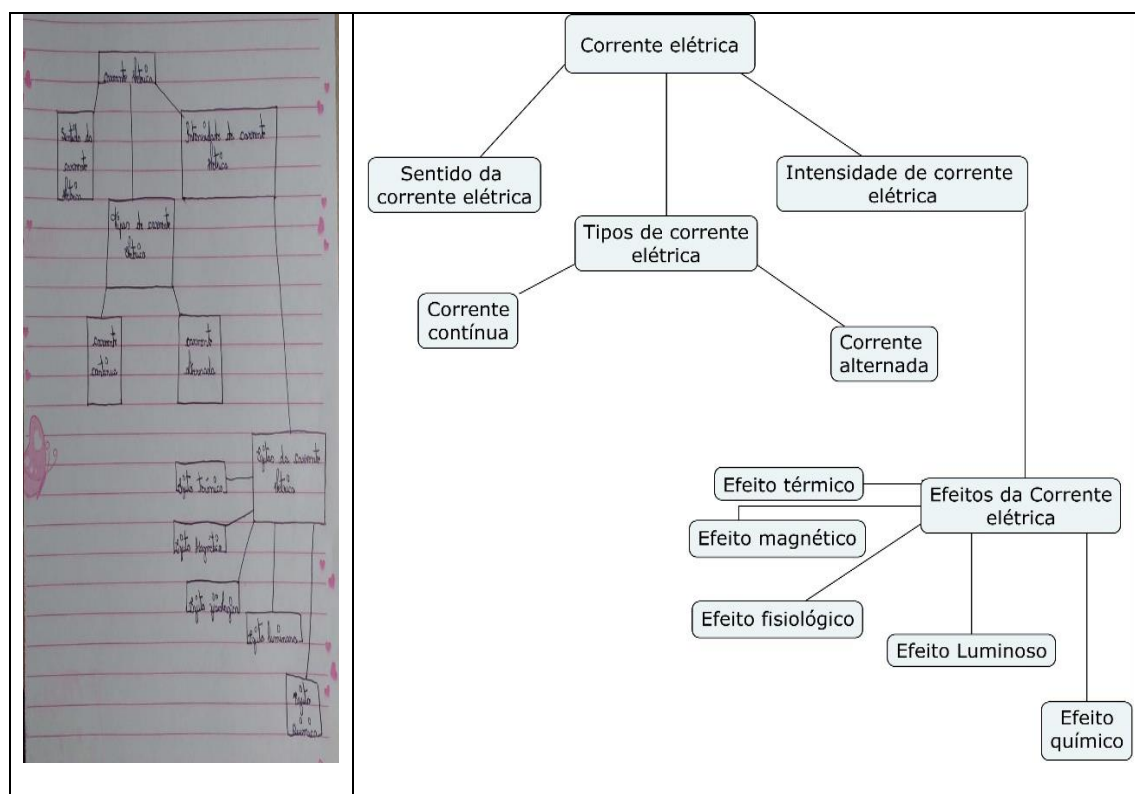


Fonte: Elaborado pelo autor

Análise qualitativa do MC da dupla A16 e A17

A dupla, figura 31, organizou os principais conceitos relacionados à corrente elétrica obedecendo a uma hierarquia. Notou-se a ausência de palavras de ligação entre os conceitos dificultando a formação das proposições estabelecidas entre os conceitos, por exemplo, na relação entre corrente elétrica – intensidade de corrente elétrica – efeitos da corrente elétrica. Os conceitos: corrente contínua e a corrente alternada aparecem como tipos de corrente elétrica, mas não trazem uma explicação para diferenciá-los. Relacionaram os cinco efeitos da corrente elétrica sem exemplificação e percebeu-se também a dificuldade em identificar o que são e o que não são termos conceituais, como estão demonstrados no mapa. A intensidade de corrente elétrica é relacionada ao conceito corrente elétrica, mas não trazem a relação matemática utilizada para fazer o cálculo da corrente. A ausência da explicação escrita e das palavras de ligação entre os conceitos demonstrou uma fragilidade na atribuição de significados aos conceitos relacionados, mas a forma como foram dispostos os conceitos de maneira hierárquica e a ligação entre os conceitos demonstrou que a aprendizagem dos alunos em relação ao tema corrente elétrica está em construção e pode ser melhorado.

Figura 31 – Mapa conceitual da dupla de alunos A16 e A17 sobre corrente elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor

Análise Geral dos Mapas Conceituais em duplas

O uso dos mapas conceituais como instrumento de avaliação da aprendizagem dos alunos em relação ao tema corrente elétrica se mostrou eficaz, pois diferente das avaliações tradicionais que favorecem a aprendizagem mecânica, dando respostas prontas, resultado da decoreba, fazem com que os alunos se esqueçam com facilidade o que foi estudado. Os mapas conceituais estimularam a organização dos conteúdos, a troca de significados e apesar das fragilidades apresentadas em alguns mapas, foi possível perceber indícios de aprendizagem significativa em relação ao conceito corrente elétrica. Os mapas conceituais de algumas das duplas, construídos durante o processo de ensino e aprendizagem, apresentaram algumas fragilidades na seleção dos principais conceitos (conceitos repetidos ou não conectados); na formação das palavras de ligação (pobres que não dizem nada sobre as relações entre os conceitos ou apresentam frases inteiras ou definições) ou ausentes; as relações horizontais ou cruzadas (não aparecem); os exemplos (não foram citados), dando ao professor informações importantes sobre como está sendo desenvolvida a aprendizagem desses alunos do ponto de vista conceitual.

Embora alguns mapas apresentem essas fragilidades, é notório que alguns dos mapas, por conter algumas relações não aceitas no contexto da matéria de ensino, são construções dos alunos que devem sempre ser negociadas, que podem ser melhoradas, reformuladas e enriquecidas ao passo em que eles aprendem significativamente. Por ser um instrumento dinâmico, o mapa conceitual, reflete apenas a compreensão das duplas, no momento em que eles fizeram o mapa, reside aí uma das importâncias do mapa, que está no processo de fazê-lo externalizando assim o significado. Por outro lado, esses mapas não são autoexplicativos e apresentaram uma característica potencial muito benéfica do ponto de vista didático, que foi desenhar o mapa e explicar por escrito (Mendonça, 2012). Os mapas que vieram com as explicações escritas, de modo geral, observaram-se que os alunos conseguiram dar evidências de que estão aprendendo significativamente o conteúdo ao expressar seu conhecimento com certa facilidade.

6.5 Análise dos Mapas Conceituais Individuais

O terceiro mapa conceitual foi construído individualmente durante o estudo do tema eletrodinâmica. Os alunos explicaram por escrito o mapa conceitual. Esses mapas representaramo avanço nos conhecimentos dos alunos em relação ao conceito estudado. Os critérios de análise usados encontram-se no quadro 2. Como exemplo foram selecionados 8 mapas utilizando os mesmos critérios adotados para escolha dos mapas realizados em dupla (item 7.4).

Análise qualitativa do MC Individual do Aluno A2

O mapa do aluno A2, figura 32, apresentou os principais conceitos trabalhados sobre o tema eletrodinâmica, obedecendo a uma certa hierarquia. A relação entre alguns conceitos, não possuem palavras de ligação, dificultando a leitura do mapa por não ter apresentado uma explicação escrita.

O conceito, corrente elétrica, foi relacionado ao efeito joule, que é um dos efeitos da corrente elétrica, mas faltaram as palavras de ligação para dar significado aos conceitos.

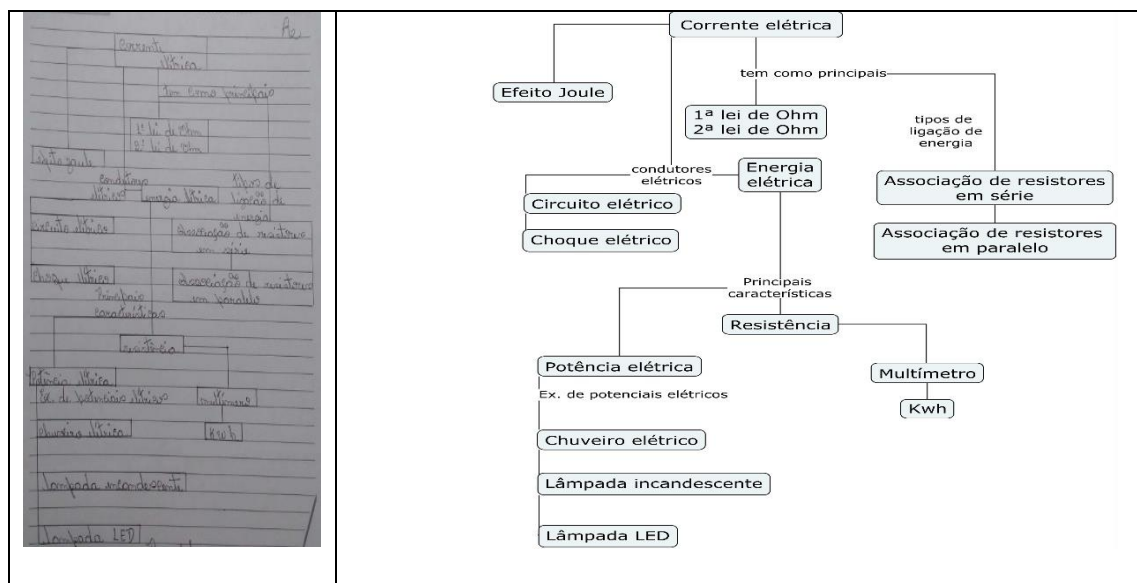
A 1ª lei de Ohm e a 2ª foram citadas dentro de um mesmo retângulo e são dois conceitos que deveriam estar separados, o que dificultou saber qual o significado entre esses conceitos feito pelo aluno. Esses conceitos deviam estar relacionados com o conceito resistência elétrica, já que na 1ª lei a resistência é diretamente proporcional para voltagem e a

corrente elétrica e na 2ª lei a resistência depende da geometria do condutor e do material do qual é feito. Dessa forma apenas a primeira lei pode ser relacionada com a corrente elétrica.

O conceito, corrente elétrica, foi relacionado com os conceitos energia elétrica, resistência e potência elétrica. As palavras de ligação entre esses conceitos não são adequadas, pois não dão sentido à relação entre esses conceitos. Na sequência, foi citado como exemplos de potência elétrica, o chuveiro elétrico, a lâmpada incandescente e a lâmpada LED. Ao citar os aparelhos elétricos como exemplo de potência, notou-se uma confusão por parte do aluno, pois a potência desses aparelhos deveria estar relacionada à eficiência ou ao consumo de energia elétrica. Os conceitos, corrente elétrica, energia elétrica, resistência, multímetro e kwh estão relacionados sem palavras de ligação. Dessas relações foi possível perceber que o aluno entendeu que o multímetro se relaciona com essas grandezas, mas não explicou qual a função desse instrumento que é realizar medidas da corrente elétrica, voltagem e resistência elétrica, e o kwh, que é a unidade de medida para energia elétrica.

Ao analisar esse mapa constatou-se uma fragilidade na atribuição de significados entre todos os conceitos relacionados, pois a maioria dos conceitos não apresentou palavras de ligação entre eles. As palavras de ligação utilizadas não formaram proposições válidas, pois não deram sentido às relações entre os conceitos, no entanto não se pode afirmar que o mapa está errado ou que o aluno não obteve avanço em seu aprendizado. Foi possível verificar avanços, por exemplo, quando o aluno relacionou os conceitos potência elétrica e energia elétrica que mesmo sem formar proposições foram relacionados, sugerindo que o aluno entende em sua estrutura cognitiva que o consumo de energia elétrica depende da potência do aparelho, já que na sequência ele cita o chuveiro elétrico e a lâmpada incandescente que são equipamentos eletrônicos responsáveis por boa parte do consumo de energia elétrica residencial. Diferente das avaliações tradicionais em que tem apenas o certo ou errado, no trabalho com mapas conceituais é possível perceber em que aspectos o aluno precisa melhorar e quais os avanços na aprendizagem de determinado conteúdo. Em relação ao mapa analisado vimos que o aluno precisa expor de maneira mais clara, os significados estabelecidos entre os conceitos envolvidos em sua construção.

Figura 32 – Mapa conceitual Individual do aluno A2 sobre corrente elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor

Análise qualitativa do MC Individual do Aluno A4

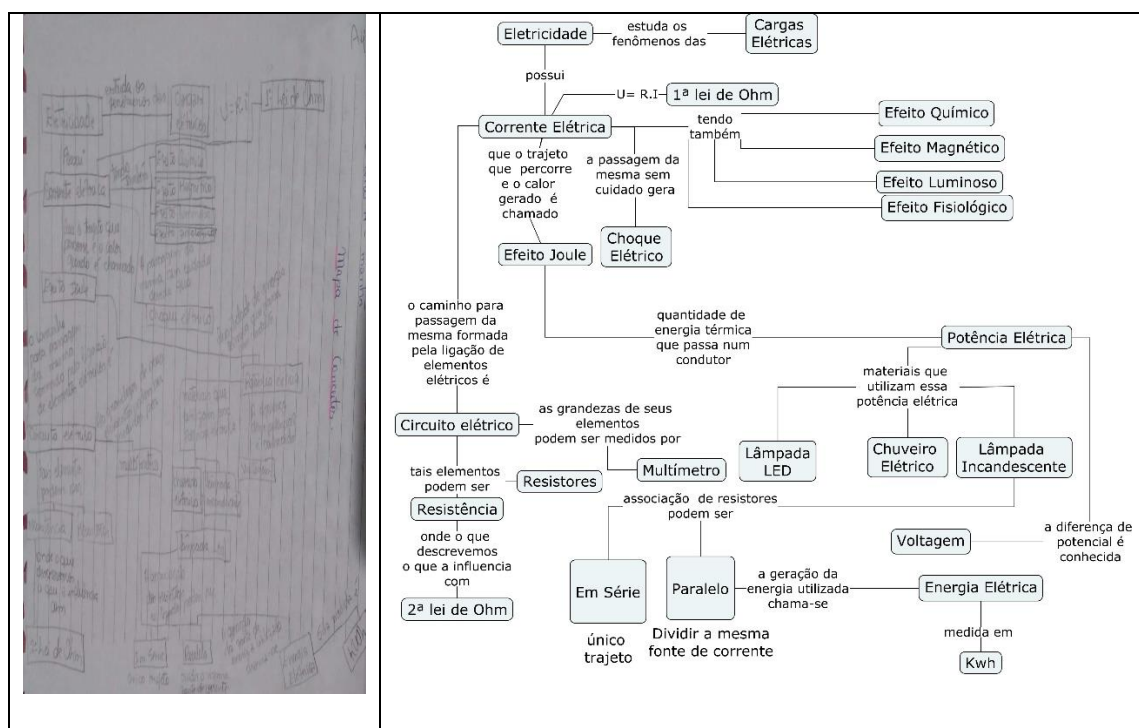
O mapa do aluno A4, figura 33, foi organizado de modo hierárquico. Observamos o uso das palavras de ligação entre os conceitos formando algumas proposições válidas. O conceito Eletricidade foi relacionado com cargas elétricas formando a proposição válida: Eletricidade – estuda os fenômenos das – Cargas elétricas. O conceito, corrente elétrica, foi relacionado aos seus efeitos tendo como destaque o efeito joule, relacionado ao calor e para potência elétrica. As frases de ligação, utilizadas pelo aluno, muitas vezes não deixaram claro o significado dado aos conceitos relacionados o que foi melhor explicado no texto escrito. Como exemplo entre os conceitos, Corrente elétrica, Circuito elétrico, e Multímetro, quando o aluno afirma no texto que “o caminho construído para a passagem da corrente elétrica, formado por elementos elétricos é chamado de circuito elétrico, onde as grandezas contidas nele podem ser medidas por um aparelho chamado multímetro”. Percebeu-se uma confusão quando o aluno relacionou as grandezas potência e voltagem, formando a proposição inválida: Potência elétrica – a diferença desse potencial é conhecida – voltagem. O aluno confundiu potencial elétrico com potência elétrica.

A 1ª lei de Ohm foi relacionada com a corrente elétrica sem uma frase de ligação, mas foi explicada essa relação corretamente no texto onde o aluno escreve que “na 1ª lei de Ohm é importante enfatizar que a corrente elétrica que atravessa um dispositivo é sempre diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada a esse dispositivo”. A 2ª lei de Ohm não foi relacionada corretamente com o conceito resistência formando a proposição

inválida: Resistência – onde o que descrevemos o que influencia com – 2ª lei de Ohm. Mesmo formando a proposição inválida, vemos que esse aluno conseguiu relacionar a 2ª lei de Ohm com a grandeza resistência, diferente dos alunos analisados anteriormente que não conseguiram.

Assim, o efeito Joule foi relacionado com as grandezas, corrente elétrica e potência elétrica formando a proposição: Corrente elétrica – que o trajeto que percorre e o calor gerado é chamado – Efeito Joule – quantidade de energia térmica que passa num condutor – Potência elétrica. Essa proposição não foi considerada inválida, mas notamos certa confusão para entendê-la, o que fica mais claro com a explicação por escrito quando o aluno afirma que “o efeito joule ocorre quando é gerado calor e o trajeto percorrido pela corrente”. A energia elétrica foi relacionada com o kwh formando a proposição válida: Energia elétrica – sua medida é – Kwh. O multímetro foi apresentado como instrumento utilizado para medir grandezas presente nos elementos que compõem o circuito elétrico, como pode-se perceber na proposição formada: Circuito elétrico – as grandezas de seus elementos podem ser medidas por – Multímetro.

Figura 33 – Mapa conceitual Individual do aluno A4 sobre corrente elétrica

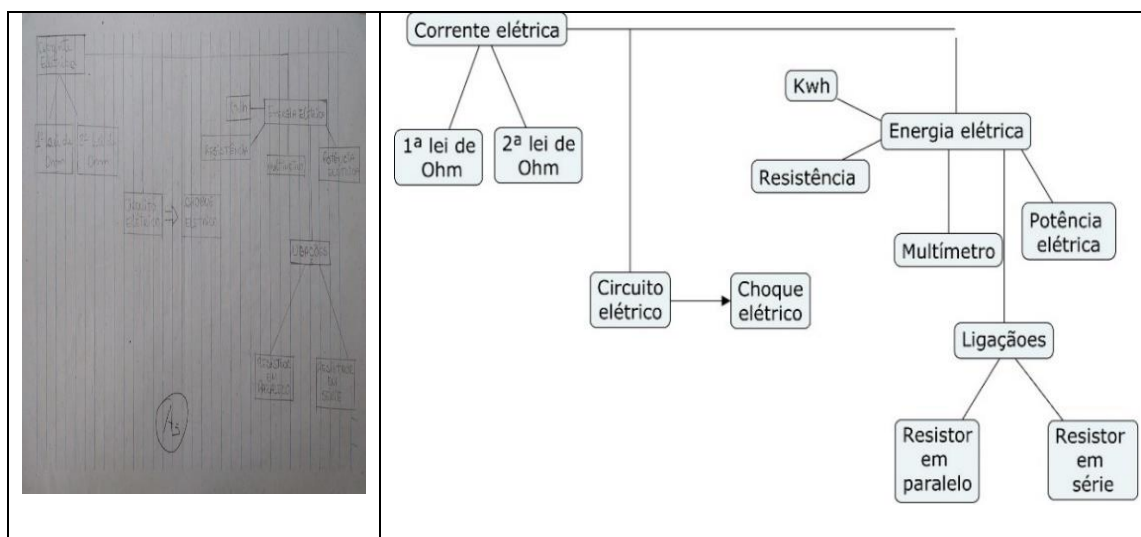


Fonte: Elaborado pelo autor

Análise qualitativa do MC Individual do Aluno A5

O mapa do aluno A5, figura 34, trouxe uma organização hierárquica apresentando uma quantidade menor de conceito em relação aos mapas analisados anteriormente. A ligação entre os conceitos não foi feita utilizando palavras de ligação, cuja importância está em dar significado para as relações conceituais. A explicação do mapa foi feita por meio de relato explicativo em forma de texto. O conceito, corrente elétrica, não foi relacionado com nenhum dos efeitos causados pela passagem dessa corrente em um condutor, sendo citado o choque elétrico que é o efeito fisiológico relacionado com o conceito circuito elétrico. A explicação foi dada no relato escrito quando o aluno afirmou que *“da corrente pode surgir um circuito que ao sofrer alteração libera energia para outro possível condutor, se esse condutor for um ser vivo, ele levará um choque”*. O conceito, corrente elétrica, foi relacionado com a 1ª e 2ª lei de Ohm, com circuito elétrico e com energia elétrica sem formar proposições, já que não havia frases de ligação entre eles. No relato escrito o aluno afirmou que *“as correntes elétricas funcionam de acordo com a 1ª e 2ª lei de Ohm”*. A explicação dada não está de acordo com a matéria de ensino, quando o aluno diz que a corrente funciona de acordo com as leis de Ohm. Sabe-se que a 1ª lei estabelece a razão entre voltagem e corrente como constante para alguns tipos de resistores e a 2ª lei não envolve a corrente elétrica e o efeito joule não foi citado no mapa. Esse efeito da corrente elétrica foi o mais discutido durante as aulas por estar envolvido com a dissipação de energia elétrica nos aparelhos resistivos que transformam energia elétrica em térmica. O conceito energia elétrica apareceu relacionado com a resistência, o kwh, multímetro, potência elétrica e as ligações de resistores em série e em paralelo, sem atribuir significados no mapa e no relato escrito. Entre os conceitos relacionados com a energia elétrica apenas o multímetro não deveria ser relacionado já que esse instrumento mede a voltagem, a corrente e a resistência elétrica. Observamos uma fragilidade no mapa quando o aluno não consegue externalizar a atribuição de significados entre os conceitos, alguns relacionados obedecendo a hierarquia, mas sem as palavras de ligação, como, a ligação entre o conceito energia elétrica e kwh.

Figura 34 – Mapa conceitual Individual do aluno A5 sobre corrente elétrica



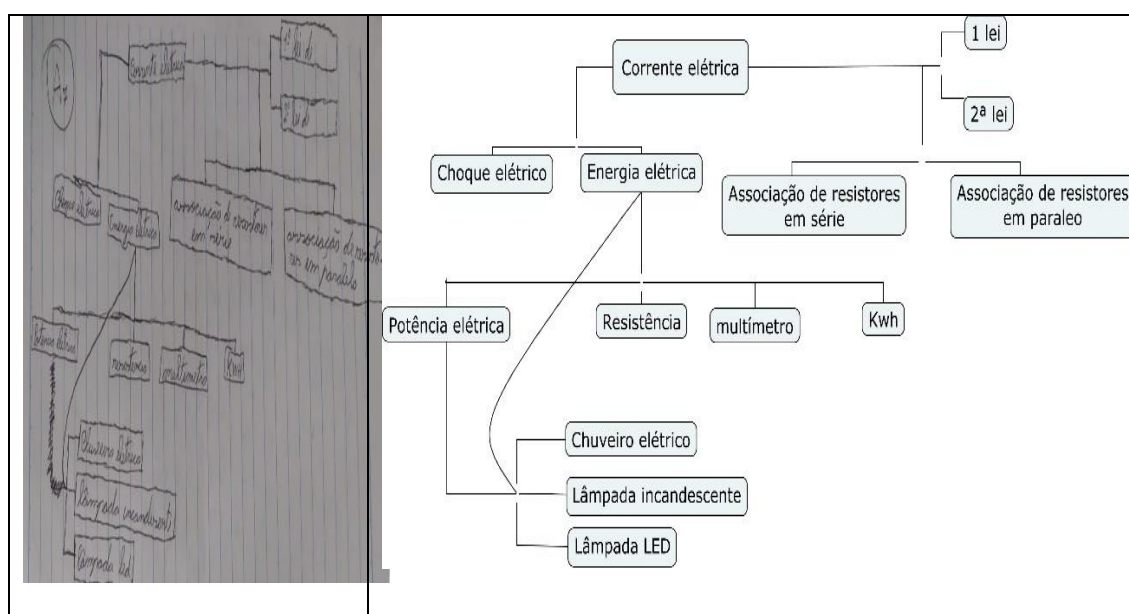
Fonte: Elaborado pelo autor

Análise qualitativa do MC Individual do Aluno A7

O mapa do aluno A7, figura 35, organizou alguns conceitos da eletrodinâmica obedecendo uma hierarquia. O conceito, corrente elétrica, foi relacionado com choque elétrico e energia elétrica. O choque elétrico não foi citado como o efeito fisiológico. A explicação do mapa foi feita por meio de um texto. A relação entre a corrente elétrica e a primeira lei de Ohm foi explicada no texto escrito de forma que não é aceita pela matéria de ensino. Isso mostra que o aluno compreendeu que a corrente elétrica tem relação com a lei de Ohm, mas não conseguiu se expressar para explicar essa relação de acordo com a matéria de ensino. O aluno ainda citou a associação de resistores em série e em paralelo sem explicar a diferença entre os dois tipos de associação, o que é compreensível já que esse conteúdo será discutido com mais detalhes através de atividade experimental. O efeito Joule não foi citado no mapa, mas aparece no relato escrito onde o aluno explica que “*o efeito joule tem ligação com a corrente porque ela vai expressar a relação de calor gerado e a corrente que passa em um condutor em certo tempo*”. A explicação do aluno mostrou que percebe a relação que há entre o efeito joule e o aquecimento. O conceito energia elétrica foi relacionado com resistência e com os equipamentos eletrônicos, chuveiro elétrico, lâmpada incandescente e lâmpada LED, também sem explicação no mapa e no texto escrito. Essa relação, no entanto, demonstrou a percepção do aluno em relação à dependência de aparelhos como chuveiro elétrico e lâmpada incandescente que utilizam a energia elétrica para aquecer por meio da resistência.

O conceito circuito elétrico não apareceu no mapa, no entanto o texto sobre o mapa traz esse conceito. O aluno escreveu que “o circuito elétrico é a ligação de elementos elétricos que de modo que formem pelo menos um caminho fechado”. A explicação do aluno demonstrou o entendimento sobre o conceito circuito elétrico. O kwh foi associado com as grandezas, energia elétrica, potência elétrica e resistência sem palavras de ligação. Apesar da ausência de palavras de ligação entre esses conceitos e de uma explicação no relato escrito, foi possível perceber de acordo com a hierarquia e com a relação entre esses conceitos que o aluno entendeu o kwh como uma medida da energia elétrica que tem relação com a potência elétrica dos aparelhos, pois esse conceito está relacionado no mapa com os conceitos, Chuveiro elétrico, lâmpada incandescente e lâmpada LED. O multímetro também apareceu relacionado com essas grandezas, sem explicação, o que sugere que o aluno percebeu que esse instrumento relacionasse de alguma forma com as grandezas, mas não indica de que forma. A maneira como o conceito potência elétrica se relaciona com os demais, mostrou que o aluno consegue estabelecer em sua estrutura cognitiva uma hierarquia entre esses conceitos o que pode sugerir indícios de aprendizagem, que pode ser melhorada ao se explorar de outras formas o contato com a matéria de ensino.

Figura 35 – Mapa conceitual Individual do aluno A7 sobre corrente elétrica

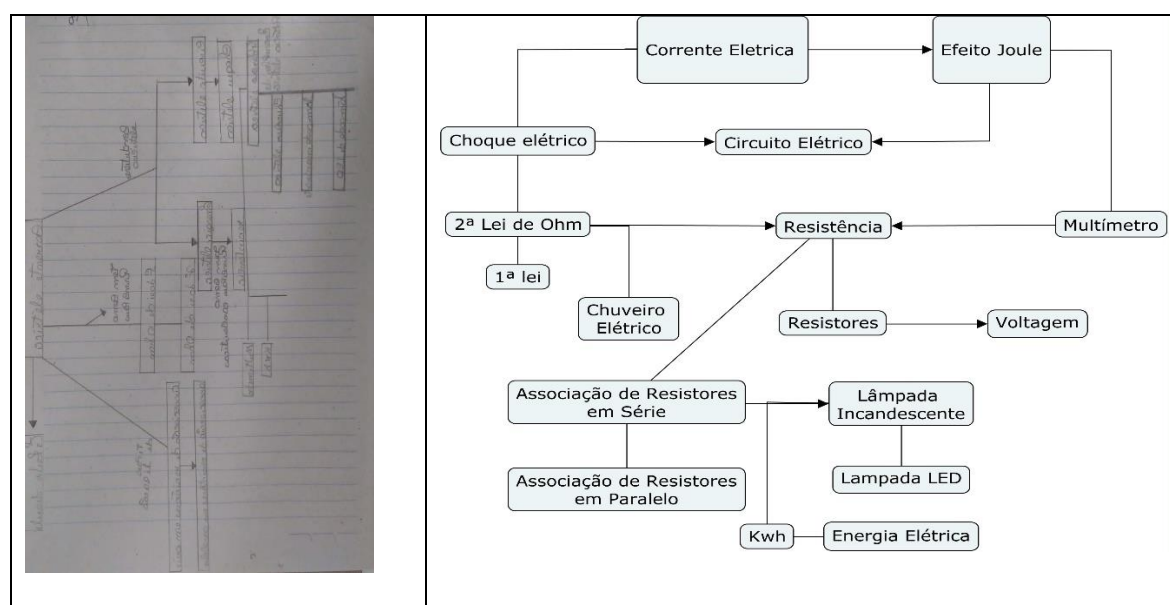


Fonte: Elaborado pelo autor

Análise qualitativa do MC Individual do Aluno A9

O mapa do aluno A9, figura 36, foi construído obedecendo algumas hierarquias. A relação entre os conceitos foi feita com linhas sem direcionar o sentido de subordinação entre esses conceitos. Percebeu-se a ausência de palavras de ligação entre os conceitos, impossibilitando a formação das proposições. Não foi feito o relato escrito para explicar as relações estabelecidas entre os conceitos. O mapa iniciou-se com o conceito corrente elétrica relacionado com o efeito joule e com o choque elétrico. A relação de subordinação entre esses conceitos é correta, no entanto faltou o aluno externalizar os significados atribuídos aos conceitos. A 2ª lei de Ohm foi relacionada ao conceito Resistência e a 1ª lei ao conceito resistores que também se relaciona com o conceito voltagem, assim como o conceito resistência está relacionado com multímetro. Todas essas relações de subordinação entre os conceitos demonstram que mesmo sem construir o relato escrito ou fazer uso das palavras de ligação entre os conceitos, percebe-se uma organização hierárquica entre os principais conceitos trabalhados sobre a eletrodinâmica.

Figura 36 – Mapa conceitual Individual do aluno A9 sobre corrente elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor

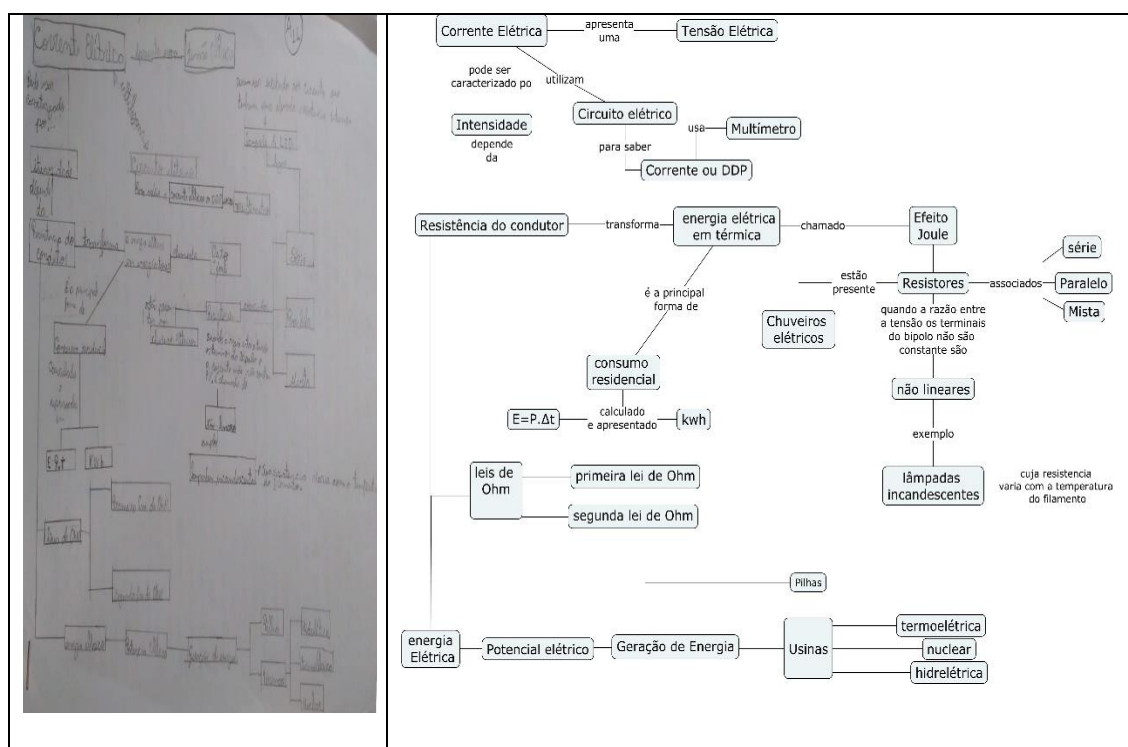
Análise qualitativa do MC Individual do Aluno A11

O mapa do aluno A11, figura 37, apresenta uma organização hierárquica. A relação entre alguns conceitos não possui palavras de ligação. A explicação do mapa foi feita por meio de um relato escrito. O conceito resistência elétrica apareceu relacionado com o efeito

joule e a transformação de energia elétrica em energia térmica foi mostrada em sua relação com a primeira e segunda lei de Ohm sem palavras de ligação para formar as proposições. A explicação para essas duas leis foi trazida no texto e explicada corretamente quando o aluno afirmou que *“na primeira lei a corrente elétrica é diretamente proporcional à diferença de potencial (ddp) aplicada”*. Ainda afirmou que na segunda lei *“a resistência do condutor depende da constituição do material, é proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua área”*, o que está de acordo com a matéria de ensino. A proposição formada: Corrente elétrica – apresenta uma – Tensão elétrica, não explica muito bem a relação entre essas grandezas, pois a corrente elétrica não apresenta uma DDP, já que, essas grandezas estão relacionadas porque a corrente elétrica está presente em um circuito quando uma ddp é estabelecida.

O conceito, corrente elétrica, apareceu relacionado com circuito elétrico formando uma proposição inválida: Corrente elétrica – utilizam – Circuito elétrico. Ao ler o texto escrito pelo aluno para explicar o mapa, nota-se uma explicação sobre circuito elétrico muito próximo de ser aceito pela matéria de ensino. O aluno escreveu que *“Circuito elétrico é um condutor formado por um gerador elétrico, um condutor em circuito fechado e um elemento capaz de utilizar a energia produzida pelo gerador”*. O conceito resistores é associado ao chuveiro elétrico formando uma proposição válida: Resistores – estão presentes nos – Chuveiros elétricos. Em relação a esse conceito o aluno traz uma observação importante, onde mostra que nos resistores não lineares a resistência pode variar com a temperatura, citando como exemplo a lâmpada incandescente. Foi mostrado ainda que os resistores podem ser associados em série, em paralelo ou de forma mista. O consumo residencial foi associado com a fórmula utilizada para o cálculo dessa energia, $E = P \cdot \Delta t$ e também a unidade de medida para esse consumo utilizada pelas companhias elétricas, o kwh. A proposição formada: Circuito elétrico – para saber a - Corrente elétrica ou DDP – usa – Multímetro, foi considerada válida, pois o aluno mostra que em um circuito elétrico o multímetro é utilizado para realizar medidas da corrente e DDP, como foi melhor entendido com a explicação no relato escrito ao afirmar que *“É usado um multímetro para medir ou identificar a corrente elétrica ou a ddp entre dois pontos.”*

Figura 37 – Mapa conceitual Individual do aluno A11 sobre corrente elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor

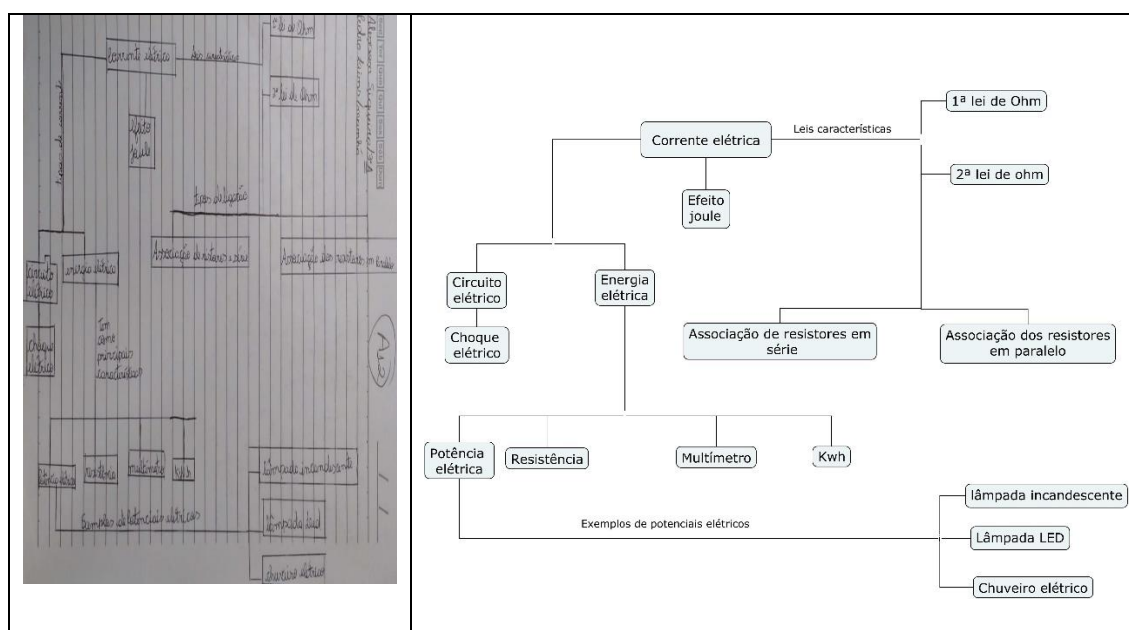
Análise qualitativa do MC Individual do Aluno A12

O mapa do aluno A12, figura 38, estabeleceu algumas hierarquias para sua construção, envolvendo os principais conceitos da eletrodinâmica discutidos durante as aulas. A relação entre alguns conceitos, não possuíam palavras de ligação. O conceito, corrente elétrica, foi relacionado com a 1ª e 2ª leis de Ohm, por meio das palavras de ligação, leis características. A explicação foi feita por meio do relato escrito quando o aluno afirmou que “a corrente elétrica é diretamente proporcional a diferença de potencial que é a ddp, aplicada pela 1ª lei de Ohm. Já na 2ª lei de Ohm a resistência à eletricidade do condutor depende da constituição do material que é proporcional ao seu comprimento”. O conceito, corrente elétrica, foi ainda relacionado com o efeito joule sem palavras de ligação, explicado de maneira incorreta no texto descritivo, pois afirmou que “o efeito joule ocorre por causa do choque que há entre os elétrons livres e os átomos do condutor”. Ainda no relato escrito, o aluno afirmou que “os resistores transformam energia em calor”. O kwh foi relacionado ao conceito energia elétrica formando uma proposição, juntamente com as grandezas Potência elétrica, resistência e multímetro. A proposição relacionou essas grandezas como principais características da energia elétrica. Essa proposição não foi considerada válida, mas a relação de subordinação

entre essas grandezas está correta. Os conceitos energia elétrica e circuito elétrico foram relacionados como sendo tipos de corrente elétrica, o que não está de acordo com a matéria de ensino.

Dessa forma, no relato escrito o aluno explicou a relação entre circuito elétrico e energia elétrica afirmando que “*circuito elétrico é um condutor formado por um gerador elétrico, um condutor no circuito fechado é capaz de gerar energia por um gerador*”. A explicação não é aquela aceita pela matéria de ensino. A resistência elétrica e o multímetro que estão relacionados com a energia elétrica no mapa receberam uma explicação no relato escrito, quando o aluno afirmou que “*a resistência é uma grandeza que determina a capacidade de resistência à passagem de corrente elétrica e o multímetro é utilizado para medir a ddp*”. Em relação a resistência a resposta está de acordo com a matéria de ensino, já em relação ao multímetro faltou falar que mede também outras grandezas como corrente e resistência elétrica.

Figura 38 – Mapa conceitual Individual do aluno A12 sobre corrente elétrica



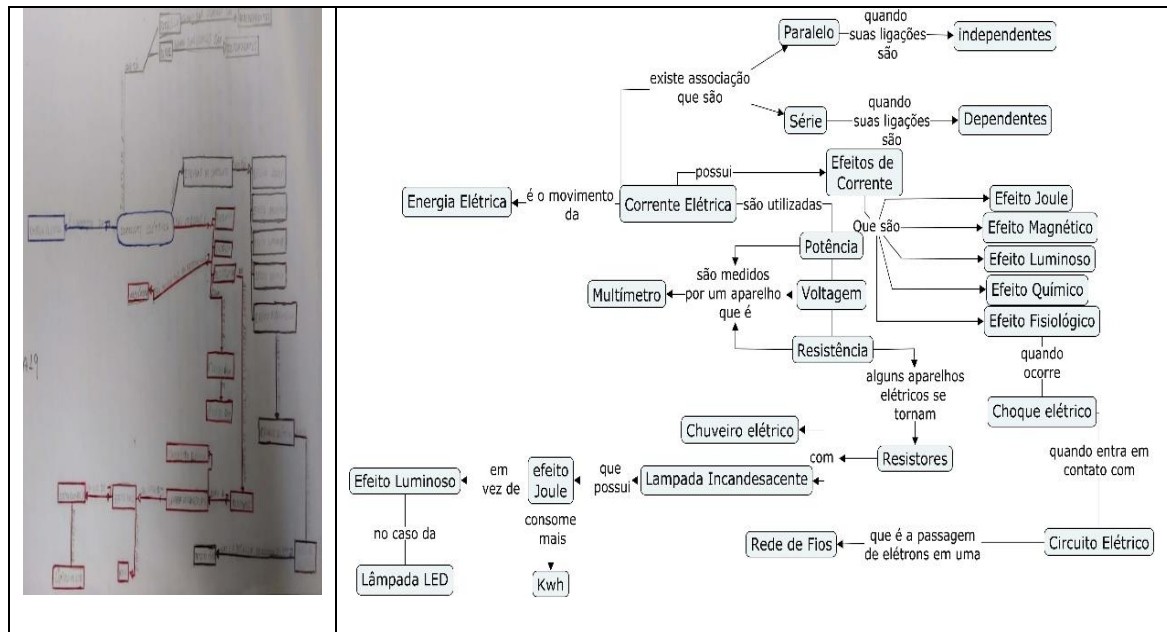
Fonte: Elaborado pelo autor

Análise qualitativa do MC Individual do Aluno A19

O mapa do aluno A19, figura 39, é iniciado com o conceito Corrente elétrica relacionado com outros conceitos mais específicos formando proposições e integrando significados. Na construção do mapa observamos uma hierarquia de conceitos que são relacionados por palavras de ligação, formando algumas proposições válidas. A explicação do

mapa foi feita por meio de um relato escrito. O conceito, corrente elétrica, foi relacionado com energia elétrica formando a proposição: Corrente elétrica – é o movimento da - energia elétrica. Essa proposição não foi considerada válida, pois a energia elétrica é a responsável pelo movimento ordenado dos elétrons que caracteriza a corrente elétrica. As leis de Ohm foram relacionadas com o conceito resistência por meio de palavras de ligação que não deixam evidente os significados atribuídos entre os conceitos. No relato escrito o aluno não explicou a relação entre os conceitos. Os efeitos da corrente elétrica foram citados destacando o efeito fisiológico e o efeito joule. O efeito fisiológico foi relacionado com o choque elétrico formando a proposição válida: Efeito fisiológico – quando ocorre – Choque elétrico. A proposição formada envolvendo o efeito joule, também válida, foi: Resistores – como a – Lâmpada incandescente – que possui o – Efeito joule. Nessa proposição o aluno demonstrou entender que o efeito joule é o responsável pelo aquecimento das lâmpadas incandescentes. O efeito joule também foi relacionado com o kwh, quando o aluno formulou a proposição válida: lâmpada incandescente – que possui o efeito joule – consome mais – kwh. Nessa proposição notou-se que o aluno identificou o kwh como medida de energia, pois afirmou que as lâmpadas incandescentes consomem mais kwh. O conceito Circuito elétrico apareceu na parte inferior formando uma proposição inválida: Circuito elétrico – que é a passagem de elétron em uma – Rede de fios. Um circuito elétrico não é caracterizado apenas por uma rede de fios, em um circuito elétrico simples, deve haver, pelo menos, um gerador, condutores e um receptor. O multímetro foi relacionado com as grandezas, voltagem e resistência como sendo o aparelho utilizado para medir essas grandezas, formando a proposição válida: Voltagem/Resistência – são medidas por um aparelho que é – multímetro.

Figura 39 – Mapa conceitual Individual do aluno A19 sobre corrente elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor

6.6 Aspectos observados no Terceiro Mapa Conceitual Individual realizado por Alunos

Quadro 2 – Aspectos observados no terceiro mapa de conceito Individual

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	TOTAL %
Usou os conceitos hierarquicamente	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100
Usou as palavras de ligação para relacionar os conceitos	N	N	N	S	N	S	N	S	N	S	S	N	S	N	S	N	N	N	S	N	40
Relacionou corrente elétrica com algum de seus efeitos.	S	S	S	S	N	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	85
Relacionou as leis de Ohm com a resistência elétrica.	N	N	N	S	N	N	N	N	S	S	S	N	N	S	N	N	N	N	S	N	30
Relacionou o efeito Joule com o aquecimento ou com a potência do aparelho	N	N	N	S	N	N	N	N	N	S	S	N	N	S	S	S	S	N	N	N	30
Identificou o KWH como medida do consumo de energia elétrica.	N	N	S	S	N	S	N	N	N	S	S	N	N	S	N	S	N	N	S	S	45
Conseguiu relacionar os principais conceitos trabalhados ao longo da UEPS	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100
Identificou o multímetro como aparelho de medida	S	N	N	S	N	S	N	N	N	S	S	N	N	S	S	N	N	N	S	N	40
TOTAL %	50	37,5	50	100	25	75	37,5	50	50	87,5	87,5	37,5	50	87,5	75	62,5	50	37,5	87,5	50	

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise desse conjunto de terceiro mapa conceitual individual, revelou que os 20 alunos conseguiram estabelecer determinada hierarquia, ao relacionar os principais conceitos da eletrodinâmica discutidos durante as aulas. Apenas 40% conseguiu utilizar palavras de ligação entre os conceitos, mas alguns conseguiram explicar as relações por meio do texto descritivo.

Em relação ao conteúdo presente nos mapas, percebeu-se que a corrente elétrica foi citada e relacionada com seus efeitos por 85% dos alunos. O conceito resistência elétrica também foi citado nos mapas, mas apenas 30% da turma conseguiu relacionar esse conceito com uma das leis de Ohm. Essa mesma dificuldade foi percebida em fazer a relação entre o aquecimento de alguns aparelhos elétricos com o efeito joule e o valor da potência elétrica. Os mapas mostraram que 45% dos alunos conseguiram perceber o kwh como medida do consumo de energia elétrica e 40% identificou o multímetro como aparelho de medida.

A análise geral dos mapas revelou avanços na aprendizagem dos conceitos estudados, pois os alunos conseguiram relacionar os principais conceitos discutidos, diferenciando-os e atribuindo significados, o que revelou indícios de aprendizagem significativa.

6.7 Análise do Pós-teste

O principal objetivo da aplicação do pós-teste com as mesmas questões já trabalhadas no pré-teste foi analisar as contribuições promovidas na aprendizagem do aluno, após serem trabalhados conteúdos de maneira diferente das aulas tradicionais, partindo do conhecimento prévio e fazendo as adequações necessárias para que os alunos pudessem fazer a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Na análise da *primeira questão* do pós-teste foi possível perceber um grande avanço quanto ao entendimento do conceito de corrente elétrica. Afinal esse não é um conceito simples de ser entendido, pois oferece vários entendimentos sendo até hoje motivo de discordâncias na comunidade científica. Ao longo da aplicação da UEPS esse termo apareceu várias vezes nas atividades experimentais sempre sendo motivo de questionamento por parte dos alunos, de modo que ao final da aplicação constatou-se um entendimento considerável sobre esse tema.

Um grupo de 9 alunos deram respostas de acordo com a matéria de ensino.

Desse grupo, 6 alunos falaram de um movimento organizado dos elétrons, que é o conceito presente nos livros didáticos. De acordo com (Torres *et al.*, 2013), em certas

condições, os elétrons podem ser colocados em movimento ordenado, constituindo então uma corrente elétrica.

Aluno A12: *“É o movimento ordenado dos elétrons”.*

O outro grupo de três alunos A10; A20 e A21, falaram de um movimento ordenado dos elétrons ligados a uma ddp. Como exemplo, a fala do aluno A20.

A20: *“Corrente elétrica é o movimento ordenado dos elétrons, ligados a uma ddp”.*

As respostas foram consideradas aceitas, pois de acordo com (Halliday; Resnick; Walker, 2012), quando um circuito é ligado a uma ddp, campos elétricos são criados no interior do material, exercendo uma força sobre os elétrons de condução que os faz se mover preferencialmente em uma certa direção e, portanto, produzir uma corrente.

Um grupo de 12 alunos deu respostas consideradas parcialmente aceitas, já que não estavam totalmente de acordo com o que foi estudado. Esses alunos se referiram à corrente elétrica como movimento de energia, movimento de moléculas em um condutor, movimento de elétrons, fluxo de partículas de cargas elétricas, corrente para ligar os aparelhos eletrônicos.

Aluno A2: *“É o movimento da energia de uma maneira organizada”.*

Aluno A11: *“É a corrente de energia que passa pelos fios que serve para ligar aparelhos eletrônicos”.*

O aluno A5 falou que as cargas elétricas fazem um percurso de um ponto a outro. Essa resposta é considerada parcialmente correta porque sabe-se que os elétrons em um condutor estão em constante movimento sem necessariamente haver uma corrente elétrica. Como afirma Hewitt (2002), embora na temperatura ambiente os elétrons dentro do metal tenham uma rapidez média de alguns milhões de quilômetros por hora, eles não formam uma corrente, pois estão se movimentando em todas as possíveis direções.

A **segunda questão** foi: Para secar o cabelo, uma jovem dispõe de dois secadores elétricos, um de 1200W-220V e outro de 700W-220V. Discuta as vantagens em se utilizar um e outro.

Em relação às vantagens em se utilizar os secadores de potências diferentes, um grupo de 12 alunos deu respostas consideradas aceitas. Esse grupo ressaltou a eficiência daquele de maior potência em detrimento do outro de menor potência que, no entanto, é mais econômico e menos eficaz. Como exemplo, temos a resposta do aluno A10.

Aluno A10: *“Depende do que ela pretende. Se ela quiser um aparelho mais potente deve usar o de 1200W – 220V, porém gastará mais energia. Se ela quiser economizar, deve usar o outro 700W-220V, que por sua vez tem uma potência menor”.*

Nove alunos deram respostas consideradas parcialmente aceitas, pois responderam de maneira incompleta de acordo com o que foi perguntado. Como na fala dos alunos A11 e A21.

Aluno A11: *“Ambos consomem a mesma quantidade de energia, porém o primeiro que é o secador de 1200W tem mais potência, logo é mais forte”.*

Aluno A21: *“Primeiramente, precisa-se saber a necessidade para que ela quer usar, pois o de maiores watts, vai gastar mais energia”.*

Na **terceira questão** a pergunta foi: Alguns aparelhos elétricos trazem um botão de ajuste para 110V ou 220V. Qual a importância desse botão de ajuste?

Um grupo de 12 alunos falou que esse botão é importante para não danificar o aparelho e que pode diminuir sua potência se utilizado em uma voltagem menor.

Aluno A1: *“É bastante importante para não danificar o aparelho e para que possamos usar a potência que o aparelho nos oferece”.*

No pré-teste o aluno respondeu que a importância do botão seria que *“alguns aparelhos não aguentam tanta energia”*. Vemos que o aluno possuía um conhecimento prévio sobre o tema abordado na questão, mas que foi enriquecido após o contato com a matéria de ensino. Corroborando com Moreira (2011b), na medida em que ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, a estrutura cognitiva vai mudando. Além de falar que o aparelho pode ser danificado se utilizado uma voltagem maior do que aquela para a qual foi projetado. Chama-se atenção para o fato de se for ligado a uma voltagem menor, irá funcionar, mas, não com sua potência máxima.

Outro grupo de 9 alunos deram respostas consideradas parcialmente aceitas. Respostas dos alunos A4, A8 e A19.

Alunos A4: *“Controlar o potencial elétrico”.*

Aluno A8: *“Para ajustar a potência e a velocidade do aparelho”.*

Aluno A19: *“Para que não venha queimar os aparelhos elétricos caso receba uma maior carga de energia”.*

Essas respostas não foram consideradas totalmente de acordo com a matéria de ensino porque estavam incompletas.

A pergunta realizada na **quarta questão** foi: Quais as diferenças que existe entre as lâmpadas incandescentes, LED e fluorescentes?

Um grupo de 10 alunos deu uma resposta mais completa porque conseguiu especificar as características de cada tipo de lâmpada, o que foi considerada como resposta aceita pela matéria de ensino.

Aluno A12: *“As lâmpadas incandescentes gastam mais energia e aquece muito. As fluorescentes não desperdiçam tanta energia, mas ainda há um pouco de desperdício. As LEDs gastam menos, tem ótima iluminação não aquecem”.*

Outro grupo de 11 alunos deram respostas incompletas, por esse motivo suas respostas foram consideradas parcialmente aceitas. Como exemplo as colocações dos alunos A17, A19 e A20.

Aluno A17: *“Incandescente - puxa mais energia, esquenta. LED – puxa pouca energia e é mais luminosa. Florescente – pouca luminosidade e esquenta muito”.*

Aluno A19: *“O valor de consumo da LED é menor que as demais”.*

Aluno A20: *“A lâmpada de LED, por exemplo, tem a mesma eficiência que a incandescente, porém a LED economiza energia. Já a fluorescente tem maior potência, por isso que a intensidade do brilho é maior”.*

As respostas mostraram que esses alunos conseguiram entender que as lâmpadas LEDs são a melhor opção por serem mais econômicas, mas fizeram um pouco de confusão em relação à potência da lâmpada e a eficiência em alguns casos, por exemplo, o aluno A20 que atribuiu à lâmpada fluorescente a maior potência, quando na verdade essa é uma característica das incandescentes.

Na **quinta questão** a pergunta foi: Os chuveiros elétricos trazem uma chave com as posições inverno e verão. Qual a vantagem em fazer uso dessa chave?

Um grupo de 12 alunos relataram acerca da economia de energia devido a variação na resistência e na potência. Essa é exatamente a resposta esperada, pois em uma das atividades propostas na UEPS, foi trabalhado de maneira específica o funcionamento do chuveiro elétrico de forma prática. De acordo com GREF (1998, p.27), na ligação inverno a corrente no resistor deverá ser maior do que na posição verão, permitindo assim que a potência e, portanto, o aquecimento, sejam maiores.

Aluno A9: *“Serve para alterar a resistência e conseqüentemente a potência, influenciando na temperatura desejada e redução do consumo elétrico”.*

Outro grupo de 8 alunos citou a economia de energia como principal função dessa chave. Essa resposta não é considerada incorreta porque quando a potência é diminuída o consumo de energia é reduzido.

Aluno A3: *“Economizar energia. Pois, no verão, não será necessário aquecer muito a água, com isso, o gasto de energia não vai ser grande”.*

O aluno A2 falou apenas da mudança na temperatura da água.

Aluno A2: *“Para assim, você está mudando a temperatura da água”.*

Essa resposta também não foi considerada como incorreta, pois ao alterar a chave nas posições inverno e verão tem por objetivo alterar a temperatura da água. Esperava-se que o aluno complementasse sua resposta destacando que essa mudança tem como consequência uma variação da potência e conseqüentemente a diferença no consumo de energia elétrica.

Na *sexta questão* foi perguntado sobre os cuidados em relação ao choque elétrico e as respostas seguiram a mesma linha de raciocínio do pré-teste, dessa vez observaram-se respostas mais completas.

Aluno A14: *“Não pegar com mãos molhadas em energia; ter cuidado com fios sem isolantes; utilizar luvas de borracha para resolver problema elétrico; não usar aparelho celular enquanto estiver carregando”.*

Todos os alunos deram respostas consideradas de acordo com a matéria de ensino.

6.8 Comparação entre Pré-teste e Pós-teste

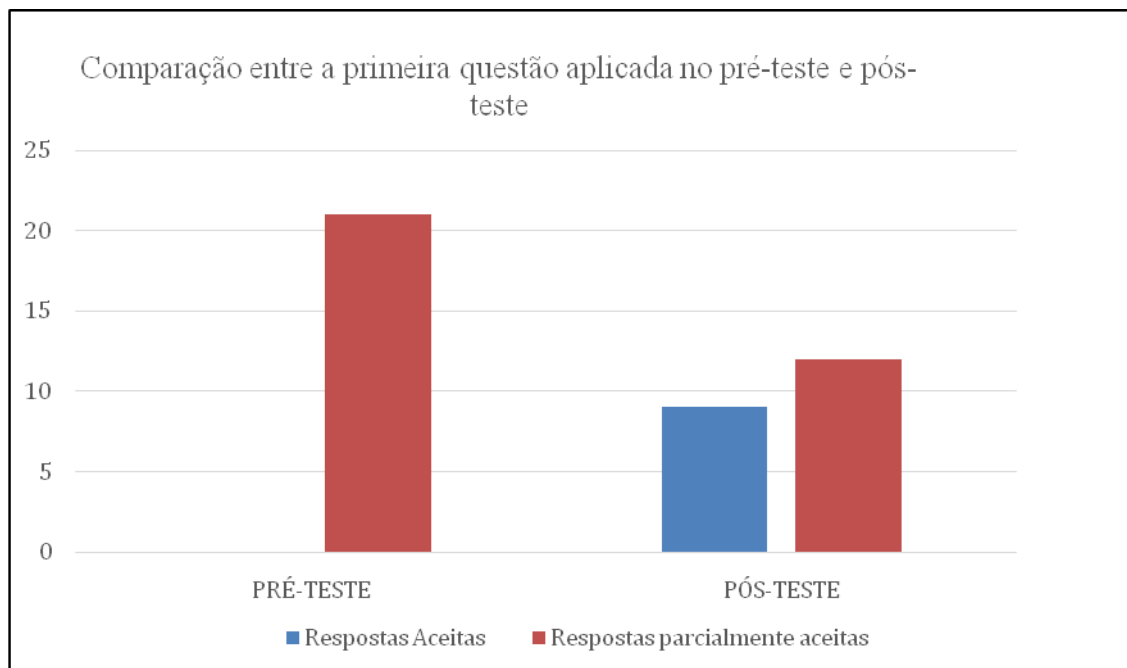
Primeira questão: O que você entende por corrente elétrica?

A análise da primeira questão do pré-teste trouxe informações importantes em relação ao conhecimento prévio dos alunos, pois foi possível perceber que mesmo sem ter contato com a matéria de ensino a ser trabalhada ao longo da UEPS, os alunos mostraram que possuíam conhecimento relacionado ao tema, o que tornou a aplicação das demais atividades mais interessantes, assim, partiu-se desse conhecimento com o objetivo de alcançar aquele aceito pela matéria de Ensino.

Em relação ao pré-teste foi possível perceber um grande avanço quanto ao entendimento do conceito corrente elétrica. Ao longo da aplicação da UEPS esse termo apareceu várias vezes nas atividades experimentais sempre sendo motivo de questionamento por parte dos alunos, de modo que ao final da aplicação constatou-se um entendimento considerável sobre esse tema. As respostas do pós-teste mostraram que um grupo de 9 alunos saíram da categoria de respostas parcialmente aceita para a categoria aceita, por apresentarem

avanços em suas respostas em relação ao conceito de corrente elétrica. Os alunos que continuaram na categoria parcialmente aceitam também avançaram em relação as respostas dadas antes do contato com a matéria de ensino o que revela indícios de aprendizagem.

Gráfico 1- Comparação entre a primeira questão aplicada no pré-teste e pós-teste



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a aplicação das atividades ao longo da UEPS, esperava-se que os alunos entendessem a corrente elétrica como um movimento organizado dos elétrons que surge em um circuito elétrico fechado quando esse está ligado a uma fonte de energia (bateria, pilha ou tomada). Os resultados obtidos após a aplicação do pós-teste mostram o avanço dos alunos em relação a corrente elétrica. Durante as aulas os alunos foram levados a montar circuitos elétricos simples e tiveram a oportunidade de medir com um multímetro a corrente elétrica. A aplicação das atividades experimentais e os debates promovidos durante as aulas contribuíram para melhorar o entendimento dos alunos. Corroborando com Masini e Moreira (2008), a negociação de significados no processo de ensino aprendizagem leva o aluno a discriminar entre significados aceitos e não aceitos no contexto da matéria de ensino.

Segunda questão: Para secar o cabelo, uma jovem dispõe de dois secadores elétricos, um de 1200W-220V e outro de 700W-220V. Discuta as vantagens em se utilizar um e outro.

Essa questão do pré-teste teve como objetivo fazer o aluno refletir sobre a potência dos aparelhos elétricos de sua residência e como esses valores podem fazer diferença no seu

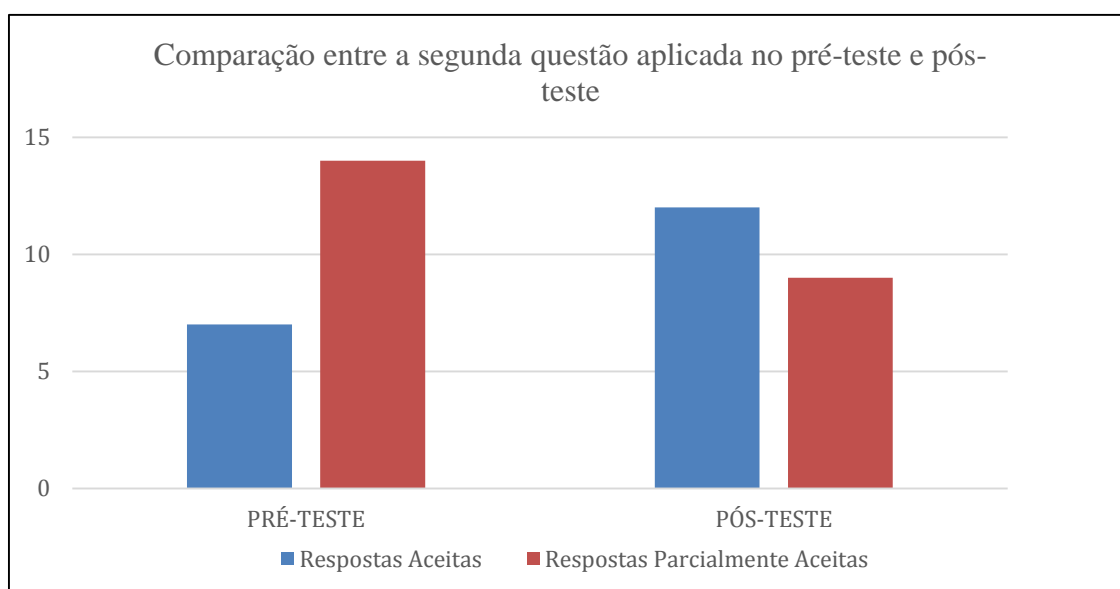
desempenho e na conta de energia no final do mês. As respostas dos alunos mostraram que o conhecimento prévio da grande maioria está muito próximo dos conteúdos que foram trabalhados posteriormente.

As respostas do pós-teste mostraram que os alunos discutem as vantagens de cada secador, justificando com base científica. O aluno A1, por exemplo, no pré-teste falou que um tem mais potência que o outro. No pós-teste esse mesmo aluno consegue perceber que o de maior potência vai gastar mais energia. Nesse caso a resposta continua sendo parcialmente aceita, mas percebe-se um avanço no entendimento do aluno. O aluno A3 no pré-teste respondeu que a vantagem entre os secadores é que o de potência maior secará mais rápido, no pós-teste percebe-se que ela consegue entender que o fato de ser mais potente torna o secador mais eficiente e que por sua vez gastará mais energia que o outro de menor potência.

Aluno A3 pré-teste: *“O de 1200W tem uma potência maior, logo secará o cabelo mais rápido”.*

Aluno A3 no pós-teste: *“O de 1200W – 220V tem uma potência maior. O seu uso secaria o cabelo mais rápido, o de 700W-220V seca o cabelo mais devagar, porem gasta menos energia”.*

Gráfico 2- Comparação entre a segunda questão aplicada no pré-teste e pós-teste



Fonte: Elaborado pelo autor

Terceira questão: Alguns aparelhos elétricos trazem um botão de ajuste para 110V ou 220V. Qual a importância desse botão de ajuste?

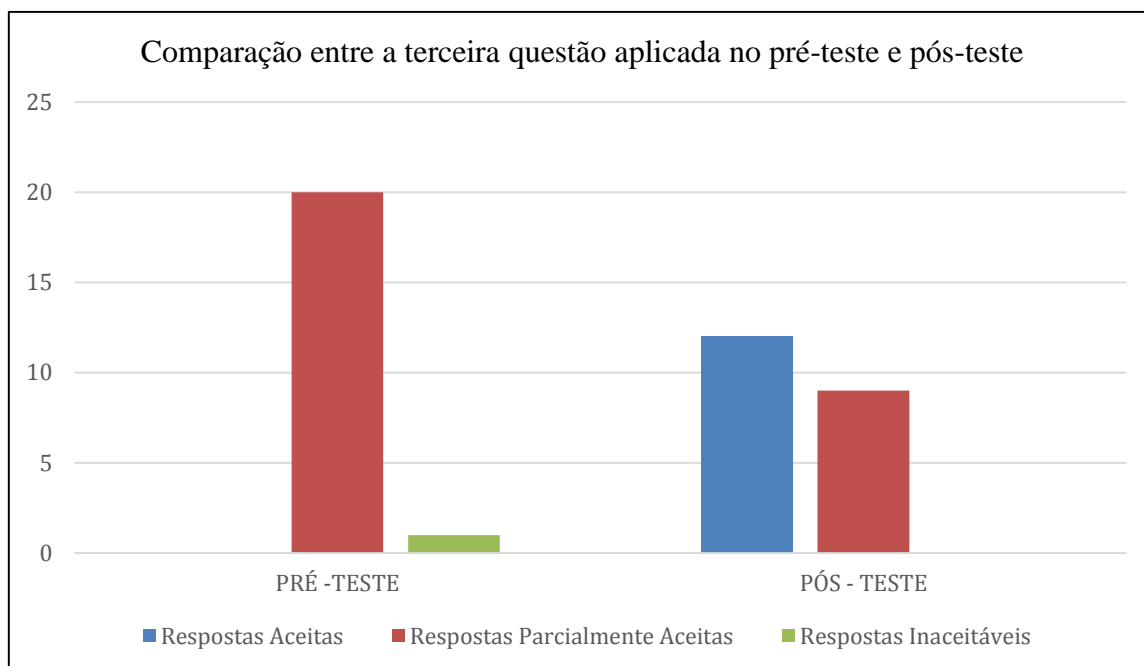
A questão aplicada no pré-teste buscou extrair o conhecimento prévio dos alunos em relação a grandeza física voltagem, e como essa grandeza está relacionada à potência do aparelho. Foi possível perceber que os alunos conseguiram identificar a existência de diferentes voltagens, dependendo da região do país e que os aparelhos podem queimar de acordo com a voltagem à qual forem ligados. No primeiro momento a maioria não conseguiu perceber a relação entre a voltagem e a potência do aparelho, pois eles responderam de maneira geral que o aparelho queima quando ligados a voltagens diferentes daquelas estabelecidas pelos fabricantes.

Após a aplicação das atividades notou-se que um grupo de 12 alunos conseguiu perceber que se um aparelho que foi fabricado para ser ligado em uma voltagem de 220V precisar ser ligado em 110V ele funcionará, mas não com a mesma eficiência de quando ligado em 220V. Dessa forma o aluno conseguiu estabelecer uma relação entre a voltagem e a potência. Nesse contexto, Fonseca (2015), investigou grandezas físicas presente em eletrodomésticos, observando os diferentes valores de voltagem encontrados. Seus alunos chegaram a conclusão que o valor da voltagem pode variar dependendo da cidade e que o equipamento pode queimar se ligado em voltagem maior, o que corrobora com resultados obtidos aqui.

As respostas do pós-teste revelaram um avanço no entendimento físico dos alunos. As respostas do pré-teste mostraram um conhecimento que é resultado do contato diário dos alunos com seus equipamentos eletrônicos. No pós-teste as respostas ficaram mais familiarizadas com os termos científicos.

Fazendo uma comparação entre as respostas dos alunos, percebe-se que nos dois testes eles falaram da importância do botão que altera a voltagem para não danificar os aparelhos.

Gráfico 3- Comparação entre a terceira questão aplicada no pré-teste e pós-teste



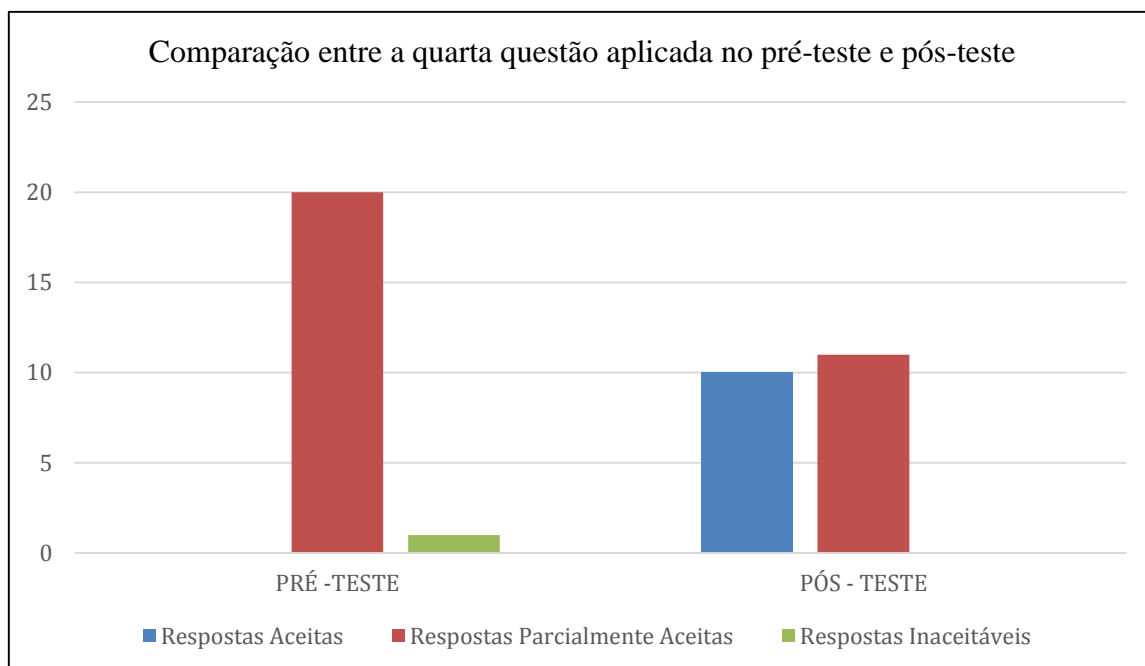
Fonte: Elaborado pelo autor

Quarta questão: Quais as diferenças que existe entre as lâmpadas incandescentes, LED e fluorescentes?

As respostas do pré-teste mostraram que o conhecimento dos alunos sobre os três tipos de lâmpadas (Incandescente, Fluorescente e LED) se aproximam do que foi trabalhado durante as aulas, no entanto, ainda foi possível perceber algumas confusões de conceitos físicos por parte de alguns alunos. No primeiro momento foi visto que muitos alunos entendem como principal diferença a economia de energia de uma em relação as outras. Um pequeno grupo mostra a LED como sendo a mais econômica. Alguns alunos comentaram que certas lâmpadas esquentam mais que as outras, sem especificar quais são essas lâmpadas. Ainda tiveram alunos que citaram a potência, a durabilidade e a iluminação, mas sem especificar o tipo de lâmpada.

No pós-teste é possível notar um avanço nas respostas dadas anteriormente. Novamente os alunos falam em economia de energia, potência, iluminação e durabilidade. A diferença entre essas respostas e as anteriores é que dessa vez os alunos conseguem atribuir essas características a determinado tipo de lâmpada. Um grupo de 10 alunos conseguiu relacionar os três tipos de lâmpadas com suas características e diferenças.

Gráfico 4- Comparação entre a quarta questão aplicada no pré-teste e pós-teste

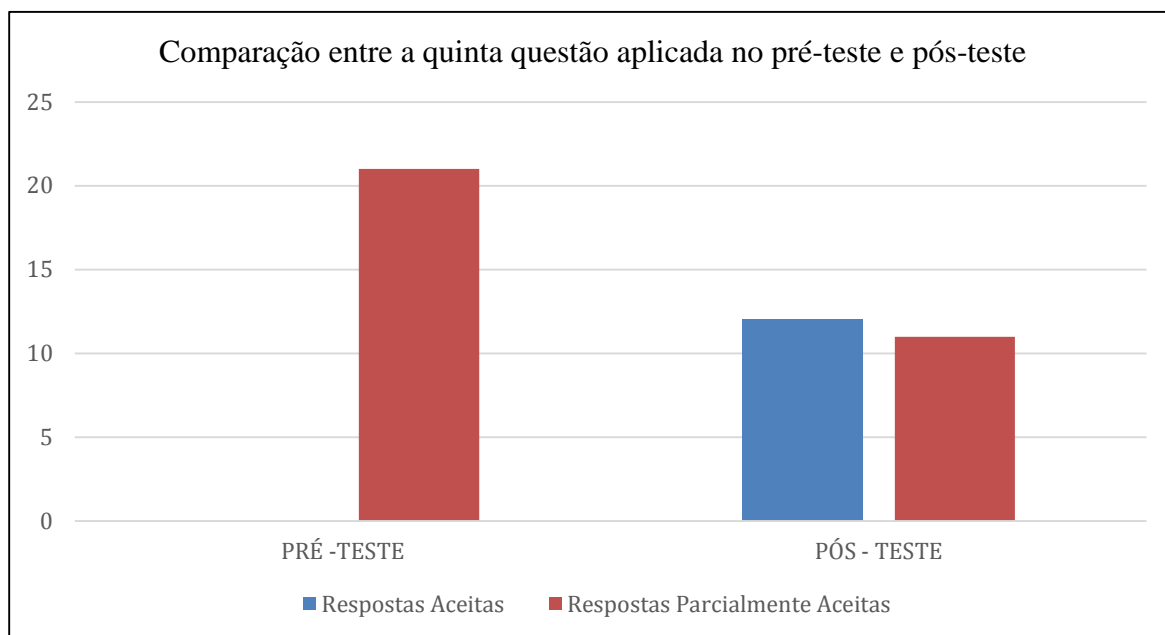


Fonte: Elaborado pelo autor

Quinta questão: Os chuveiros elétricos trazem uma chave com as posições inverno e verão. Qual a vantagem em fazer uso dessa chave?

Em relação à vantagem da chave (inverno – verão) presente nos chuveiros elétricos, as respostas do pré-teste mostraram que um grupo de alunos citou a economia de energia e outro grupo a mudança na temperatura da água sem relacionar esses fatos com quaisquer grandezas ou fenômeno físico. Após as aplicações das atividades em sala de aula, percebeu-se que os alunos A2, A5 e A8 permanecem com as mesmas respostas, outro grupo de alunos relacionou a mudança de temperatura a economia de energia, a grande maioria consegue relacionar a economia de energia aos conceitos físicos estudados (variação da resistência e potência).

Gráfico 5- Comparação entre a quinta questão aplicada no pré-teste e pós-teste

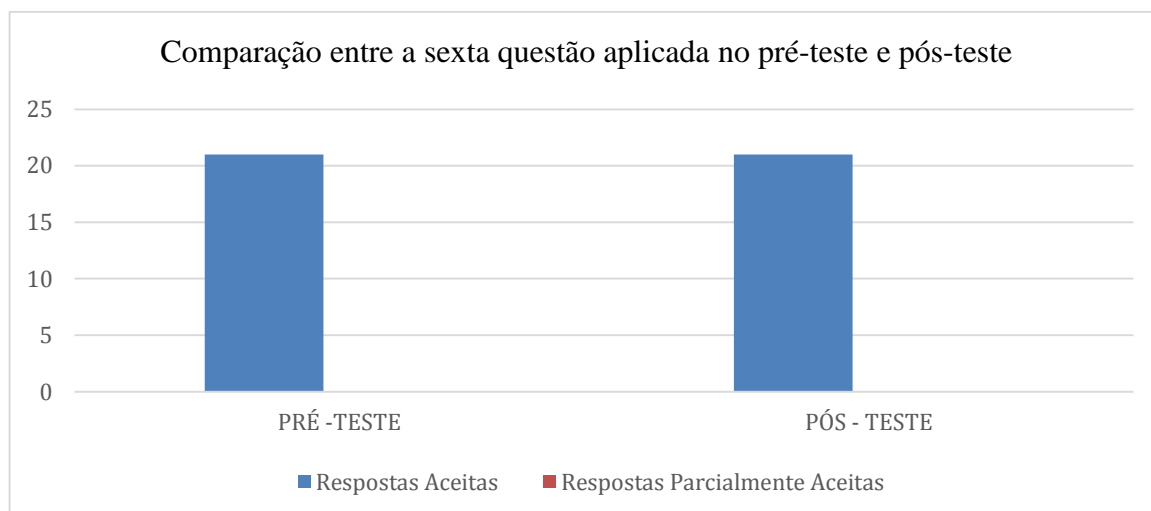


Fonte: Elaborado pelo autor

Sexta questão: Quais cuidados podemos adotar em nossas residências para evitar o choque elétrico?

Em relação aos cuidados com choque elétrico vimos que tanto no pré-teste quanto no pós-teste os alunos mostraram os cuidados necessários para evitar esse tipo de acidente em casa. No pós-teste foi possível perceber respostas ainda mais completas.

Gráfico 6- Comparação entre a sexta questão aplicada no pré-teste e pós-teste



Fonte: Elaborado pelo autor

6.9 Avaliação Individual Final

Tabela 9 - Categorias nomeadas para a primeira questão da avaliação final

(GREF) Numa conta de luz encontramos o seguinte valor 234 kWh. Ele se refere a:	A	NA	T
a) Potência consumida		A6; A8; A11; A14; A19	5
b) Tensão consumida			
c) Energia consumida	A1; A2; A3; A4; A5; A7; A9; A10; A12; A13; A15; A16; A17; A18; A20; A21		16
d) Corrente do circuito			
Total	16	5	21

A – Aceita, PA – Parcialmente aceita, NA - Não aceita e T – Total

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa questão foi retirada do GREF e foi escolhida para avaliação final por ser uma questão simples de múltipla escolha que envolve um conteúdo que foi trabalhado durante a UEPS e foi dada muita atenção por se tratar do consumo de energia elétrica. Na ocasião foi discutido os aparelhos que gastam mais energia e muitos não entendiam os valores presente na conta de energia. O kwh que é utilizado pelas empresas de energia nem sempre é entendido como uma unidade que mede a energia consumida e pode ser confundido com outras grandezas. É importante que o aluno do ensino médio saiba interpretar a Física presente em uma conta de energia elétrica. Nesse contexto, Fonseca (2015), na aplicação do produto educacional chamou atenção de seus alunos para a diferença entre as unidades elétricas, já que segundo ele afirma, “na conta de luz a energia é observável em Kwh e a potência é apresentada nos equipamentos em Watt (W)”.

Apesar das atividades desenvolvidas utilizando a conta de energia e o aplicativo consumo elétrico e das discussões sobre esse tema, um grupo de 5 alunos acabou confundindo o kwh que se refere à energia consumida, com a potência consumida e marcaram a alternativa A, considerada errada. Essa confusão se deve ao fato de a unidade de potência ser W (watt).

O grupo de 16 alunos confirmou o que foi trabalhado durante as aulas e responderam corretamente a alternativa C. Isso mostrou a importância das atividades, pois antes da

aplicação foi feita uma discussão onde percebeu-se uma confusão muito grande com relação ao significado do kwh.

Tabela 10 - Categorias nomeadas para a segunda questão da avaliação final

	A	PA	NA	T
(GREF) Um chuveiro de 2 800W/220V é usado 30 horas por mês, enquanto um aquecedor de 1 200W/110V é usado 50 horas no mesmo período. Qual dos dois consome mais energia? Justifique sua resposta.				
O chuveiro gasta mais porque demora mais tempo ligado/o chuveiro gasta mais porque a corrente elétrica é maior/o chuveiro, pois seu consumo é mais alto que o aquecedor/ O chuveiro, pois consome mais energia devido à potência maior/ O chuveiro devido a voltagem ser maior.		A1; A3; A4; A5; A7; A8; A10; A11; A15; A16; A19; A20; A21		1
O chuveiro, pois multiplicando a potência pelo tempo de uso o chuveiro gasta mais.	A2; A6; A9; A12; A13; A14; A17; A18			8
Total	8	13		21

A – Aceita, **PA** –Parcialmente Aceita, **NA** - Não aceita e **T** – Total

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa questão também retirada do GREF é bem completa, pois trata do consumo de energia envolvendo várias variáveis. Além do aluno precisar comparar o valor da potência, grandeza que influencia no consumo de energia, ele também precisa analisar o tempo que o chuveiro permanece ligado. Essa variável é determinante para o consumo final, pois se o aparelho possui uma potência alta, mas permanece pouco tempo ligado poderá consumir menos energia que outro de menor potência que permanece mais tempo ligado. Além dessas duas grandezas ainda aparece a voltagem que não interfere no consumo, mas nesse caso está sendo comparado duas voltagens diferentes o que pode levar o aluno a se questionar se esse fato pode interferir no resultado final. A escolha dessa questão aconteceu devido ao fato de termos trabalhado todas essas possibilidades relatadas nas atividades da UEPS e por entender ser importante o aluno estabelecer essas diferenças não só para enriquecer seu conhecimento científico, como também para usufruir dessas vantagens em seu dia a dia, pois a dúvida levantada na questão está presente em sua vida enquanto cidadão que faz uso dos aparelhos elétricos.

Desse modo, corroborando com Souza (2016), ao propor um ensino voltado para estratégias que direciona o aluno para um aprendizado ativo e pessoal, estimula-se um enfoque profundo no aprendizado direcionando-o para aprendizagens significativas. A análise

das respostas mostrou que todos os alunos entenderam em partes ou totalmente o que foi discutido durante as aulas. Nem todos conseguiram fazer a relação entre a potência e o tempo, mas de maneira geral responderam que o chuveiro gasta mais energia justificando com outros argumentos que podem ser considerados parcialmente aceitos.

Um total de 13 alunos deram respostas consideradas parcialmente aceitas. O aluno A1 falou que o chuveiro consome mais energia e justificou sua resposta utilizando apenas o tempo de uso como referência, o que não pode ser considerado totalmente correto, pois, mesmo demorando mais tempo ligado ele poderia consumir menos energia se a potência fosse muito inferior à do aquecedor.

Aluno A1: *“O chuveiro vai consumir mais energia por causa de seu tempo ligado”.*

O aluno A21 fez a relação entre a potência e a voltagem chegando à conclusão que a corrente no chuveiro é maior que a do aquecedor e por isso o chuveiro gasta mais energia.

Aluno A21: *“O chuveiro elétrico, pois irá consumir uma maior quantidade de energia, por conta da corrente elétrica que será maior”.*

Essa resposta não pode ser considerada totalmente correta porque como já foi comentado anteriormente, se faz necessário levar em consideração outras variáveis que foram citadas como o tempo de uso para concluir que o chuveiro consome mais energia.

O aluno A20 respondeu que o chuveiro gastava mais energia que o aquecedor, mas não deu uma justificativa.

Dos 13 alunos que deram respostas consideradas parcialmente aceita, 9 responderam que o chuveiro gastava mais energia porque sua potência era maior. Essa resposta foi considerada parcialmente aceita porque eles não levaram em consideração o tempo de uso de cada um.

Aluno A19: *“O chuveiro, pois consumiu mais energia devido à maior potência”.*

Oito alunos deram respostas consideradas aceitas pela matéria de ensino, pois relacionaram a potência com tempo de uso para calcular a quantidade de Kwh.

Aluno A9: *“O chuveiro, pois se converter para KWH vai dar 84Kwh e o aquecedor vai dar 60kwh”.*

Tabela 11 - Categorias nomeadas para a terceira questão da avaliação final

	A	PA	NA	T
3) (ENEM 2012) A eficiência das lâmpadas pode ser comparada utilizando a razão, considerada linear, entre a quantidade de luz produzida e o consumo. A quantidade de luz é medida pelo fluxo luminoso, cuja unidade é o lúmen (lm). O consumo está relacionado à potência elétrica da lâmpada que é medida em watt (W). Por exemplo, uma lâmpada incandescente de 40W emite cerca de 600 lm, enquanto uma lâmpada fluorescente de 40 W emite cerca de 3000 lm. A eficiência de uma lâmpada incandescente de 40W é:				
a) Maior que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz menor quantidade de luz.				
b) Maior que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que produz menor quantidade de luz.				
c) Menor que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz a mesma quantidade de luz.	A8; A12; A15; A20			
d) Menor que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, pois consome maior quantidade de energia.		A1; A2; A3; A4; A5; A6; A7; A9; A10; A11; A13; A14; A16; A17; A18; A19; A21		
e) Igual a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que consome a mesma quantidade de energia.				
Total	4	17		21

A – Aceita PA – Parcialmente Aceita, NA - Não aceita T – Total

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa questão foi aplicada no ano de 2012 no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). É uma questão bem elaborada e está totalmente de acordo com a proposta da UEPS aplicada. A escolha se deu por se tratar de uma turma de 3º ano que estava envolvida com esse exame e também por conta da importância do assunto não só para o exame - ENEM, mas também para sua formação enquanto cidadão.

Antes de iniciar as atividades da UEPS foi aplicado um pré-teste e uma das perguntas era sobre as diferenças entre as lâmpadas incandescentes, LED e fluorescentes.

Ao ler essa questão espera-se que o aluno reflita sobre a relação entre o fluxo luminoso e a potência de cada tipo de lâmpada. A partir dessa reflexão comparar a eficiência de uma lâmpada incandescente de 40W com uma fluorescente de mesma potência e com outra de 8W. Para chegar ao resultado o aluno precisará dividir a quantidade de luz produzida pela energia consumida de cada uma. Para saber a quantidade de Lumens da lâmpada de menor potência ele precisará fazer uma regra de três. Fazendo esses cálculos o aluno chegará a

conclusão que a eficiência de uma lâmpada incandescente de 40W é menor que a de uma fluorescente de 8W, que produz a mesma quantidade de luz.

As respostas dos alunos mostraram que nem todos conseguiram perceber que a lâmpada fluorescente de 8W produz a mesma quantidade de luz que a incandescente de 40W.

Um grupo de 4 alunos conseguiu responder a alternativa C, alternativa correta.

O restante dos alunos, um grupo de 17, respondeu que a eficiência da lâmpada de 40W é menor que a de uma lâmpada fluorescente de 40W, pois consome maior quantidade energia (alternativa D). Essa resposta está correta apenas a primeira parte, mas não está correta a segunda, pois a quantidade de energia consumida é a mesma para as duas lâmpadas, pois suas potências são iguais.

Tabela 12 - Categorias nomeadas para a quarta questão da avaliação final

4- (ENEM 2010) Considerando os resistores como fios, pode-se exemplificar o estudo das grandezas que influem na resistência elétrica utilizando as figuras seguintes:	A	PA	NA	T
<p>As figuras mostram que as proporcionalidades existentes entre resistência (R) e comprimento (ℓ), resistência (R) e área da secção transversal (A), e entre comprimento (ℓ) e área da secção transversal (A) são, respectivamente, a) direta, direta e direta. b) direta, direta e inversa. c) direta, inversa e direta. d) inversa, direta e direta. e) inversa, direta e inversa.</p>				
a) Direta, direta e direta.				
b) Direta, direta e inversa.		A1; A2; A3; A4; A5; A7; A8; A16; A21		9
c) Direta, inversa e direta.	A6; A10; A11; A12; A13; A14; A15; A18; A20			9
d) Inversa, direta e direta.		A9		1
e) Inversa, direta e inversa.		A17; A19		2
Total	9	12		21

A – Aceita **PA** – Parcialmente Aceita **NA** - Não aceita e **T** – Total

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa questão foi aplicada no ENEM 2010 e foi escolhida para essa avaliação final por trabalhar conceitos relacionados com temas discutidos em atividades da UEPS. A questão considera fios como resistores e mostra através de figuras diferentes espessuras e comprimentos para que o aluno estabeleça relações diretamente e inversamente proporcionais entre resistência, comprimento e área de secção transversal.

Durante uma das aulas foi realizada uma simulação com aplicativo de celular, onde os alunos simularam o que acontecia com a resistência quando se alterava o comprimento e a área de secção transversal de um condutor. Outra atividade foi realizada com um chuveiro elétrico onde foi possível relacionar o comprimento do filamento com a resistência e consequentemente a potência.

Essas duas atividades trabalharam com grandezas diretamente e inversamente proporcionais. A finalidade dessa questão é levar o aluno a diferenciar quando duas grandezas são inversamente ou diretamente proporcionais no contexto da segunda lei de Ohm.

Um grupo de 9 alunos respondeu como correta a letra B, alternativa errada. Nessa alternativa a primeira relação está correta, mas as outras duas não estão.

Outro grupo de 9 alunos optou pela alternativa C que estabelece as relações corretas nos três casos citados. Resistência e comprimento, diretamente proporcionais; Resistência e área, inversamente proporcionais; Comprimento e área diretamente proporcionais.

O aluno A9 optou pela alternativa D que estabelece corretamente apenas a relação entre o comprimento e a área, que são diretamente proporcionais. E os alunos A17 e A19 optaram pela alternativa E que apresenta as três relações incorretas.

Tabela 13 - Categorias nomeadas para a quinta questão da avaliação final

	A	PA	NA	T
5) Nas instalações elétricas residenciais, utiliza-se para grande parte das tomadas e lâmpadas fio número 10 (segundo as especificações do instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia, o Inmetro), que suporta sem superaquecimento uma corrente elétrica máxima de 30A. Utilizando um benjamim, uma pessoa ligou um micro-ondas (1700 W), uma liquidificador (300W) e uma torradeira (750W). Sabendo que a tensão elétrica da tomada é de 127 V, o fio vai suportar os três aparelhos ligados? Explique sua resposta.				
Sim, pois a corrente elétrica vai ser aproximadamente 21,6 a e a instalação suporta 30 A	A1; A3; A4; A6; A7; A9; A11; A12; A13; A14; A16; A18; A21; A20;			14
O fio suporta devido à baixa potência.		A19		1
Não, porque os três aparelhos ligados possuem a voltagem maior/suporta porque não interfere na voltagem/não suporta			A2; A5; A8; A10; A15; A17	4
Total	14	1	6	21

A – Aceita **PA** – Parcialmente Aceita **NA** - Não aceita **T** – Total

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa questão foi retirada de um material elaborado pela secretaria da educação do estado de São Paulo. A escolha da questão se deu pelo fato de ser uma prática comum nas residências o uso de extensões ou Benjamim (T), para ligar vários aparelhos ao mesmo tempo. Essa prática se utilizada de forma incorreta pode ocasionar o aquecimento do fio e até causar um incêndio.

Nesse contexto Lara (2014), identificou com seus alunos o uso dessa prática em uma escola de ensino médio ao realizar pesquisa sobre o consumo e desperdício de energia elétrica. O conhecimento físico trabalhado durante as aulas pode evitar esse tipo de acidentes e o objetivo dessa questão é fazer o aluno calcular a corrente total e comparar com aquela suportada pelo fio. Para realizar os cálculos os alunos precisam saber a fórmula que relaciona potência, voltagem e corrente elétrica. A pergunta é se o fio que suporta uma corrente máxima de 30A irá suportar os três aparelhos ligados.

Um grupo de 14 alunos fez o cálculo de cada aparelho, somou e obteve o valor de 21,6 A o que é inferior a 30 A. Assim os alunos concluíram que o fio suporta os aparelhos e não irá aquecer. Essa resposta é considerada aceita pela matéria de ensino e mostra um avanço em relação as aulas onde eles apresentaram dificuldades com os problemas envolvendo cálculos.

Aluno A21: *“Sim, pois a corrente elétrica vai ser aproximadamente 21,6 A. E as instalações suportam 30 A”.*

Cálculo realizado pelo aluno: $1700 + 300 + 750 = 2750$

$$i = \frac{P}{V} \rightarrow i = \frac{2750}{127} = 21,6A$$

O aluno A19 respondeu que o fio suporta devido sua baixa potência. Essa resposta não é considerada totalmente aceita porque o fato de ser uma baixa potência não é suficiente pra dizer que o fio não irá aquecer. É necessário calcular a corrente de cada aparelho para responder com segurança.

Aluno A19: *“O fio vai suportar devido à baixa potência”.*

Um grupo de 4 alunos respondeu que o fio não suporta porque a voltagem é maior. Essa resposta é considerada inaceitável, pois o fio irá suportar já que a corrente dos aparelhos é inferior ao que o fio suporta.

Aluno A17: *“Acredito que não, porque os três aparelhos ligados equivalem a voltagem maior do que o fio suporta”.*

O aluno A15 respondeu que suporta porque não interfere na voltagem, mas foi visto que a voltagem não interfere nesse fato e sim a corrente elétrica, logo essa resposta é considerada inaceitável.

O aluno A10 respondeu que não suporta e não deu justificativa. A resposta também é considerada inaceitável.

A análise da avaliação final mostrou que após o contato com a matéria de ensino por meio das diversas atividades trabalhadas durante as aulas, os alunos puderam atribuir significados aos subsunçores, melhorando o entendimento dos conceitos trabalhados. Os avanços observados na comparação entre o pré-teste e o pós-teste, juntamente com os resultados da avaliação final que, mesmo apresentando respostas que não estavam totalmente de acordo com a matéria de ensino, mostrou indícios de aprendizagem significativa.

6.10 Avaliação Final da UEPS

Iniciar a UEPS com um pré-teste em forma de questionário envolvendo alguns conceitos da eletrodinâmica foi muito importante para conhecer em que nível estava o conhecimento dos alunos em relação ao tema que seria trabalhado durante as aulas. A análise do pré-teste revelou de maneira surpreendente um conhecimento baseado em situações de seu cotidiano envolvendo os conceitos Físicos presente no tema eletrodinâmica. Conhecer o que o aluno já sabe sobre determinado conteúdo é muito importante no processo de ensino aprendizagem, pois, como afirma Moreira (2011b), a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos.

O uso dos mapas conceituais durante a aplicação da UEPS, foi muito importante na percepção do conhecimento prévio dos alunos e avaliação qualitativa. O primeiro mapa conceitual construído foi feito de maneira coletiva entre os alunos e o professor, com o objetivo de buscar mais uma vez o conhecimento prévio, relacionando-os de maneira hierárquica. A análise desse mapa mostrou que os conceitos trabalhados na eletrodinâmica estão presentes no cotidiano dos alunos e que utilizar esse conhecimento como ponto de partida contribuiu para aprendizagem, pois ao passo em que eram apresentados os conceitos estudados na matéria de ensino, os alunos faziam as relações com aquele conhecimento presente em sua estrutura cognitiva, atribuindo significado.

A construção do mapa conceitual em dupla sobre corrente elétrica realizado durante o contato com a matéria de ensino durante as aulas, mostrou uma autonomia maior dos alunos com essa ferramenta e possibilitou uma avaliação qualitativa por parte do professor, diferente daquela feita com as avaliações tradicionais em que a análise é feita em relação ao certo ou errado. Na análise desse mapa foi possível perceber avanços em relação ao conhecimento prévio apresentado antes do contato com a matéria de ensino, e os alunos puderam externalizar através das relações entre os conceitos, avanços e fragilidades em sua aprendizagem. As fragilidades apresentadas foram importantes, pois foram trabalhadas novamente em outras aulas de maneira diferente.

O terceiro mapa conceitual individual, envolvendo os principais conceitos discutidos e trabalhados durante as aulas mostrou a importância dessa ferramenta como instrumento capaz de externalizar a atribuição de significados aos conceitos estudados e os avanços na construção do conhecimento após o contato com os materiais educativos.

A análise do pós-teste revelou os avanços obtidos pelos alunos em relação ao pré-teste. Essa mudança na forma de entender e expressar os conhecimentos adquiridos no decorrer da

aplicação da UEPS revela que o trabalho com atividades práticas experimentais, aplicativos de celular e aulas dialogadas favorecendo a participação dos alunos na construção do conhecimento, se mostraram muito eficiente e contribuíram para aprendizagem dos alunos. Um exemplo foi o entendimento sobre o conceito de corrente elétrica que geralmente nas aulas tradicionais é trazido simplesmente como o movimento dos elétrons. Com a aplicação do pós-teste percebeu-se uma mudança no conhecimento desse conceito após o contato com a matéria de ensino.

Os conceitos, voltagem, potência elétrica, energia elétrica e resistência também ficaram mais elaborados na medida em que foram realizados os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, percebido por exemplo com a construção dos mapas conceituais individuais. Como afirma Moreira (2011b), à medida que ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, a estrutura cognitiva vai mudando.

A análise da avaliação final individual foi feita tomando como base questões presentes em livros do ensino médio e no ENEM (exame nacional do ensino médio). O objetivo em utilizar essas questões foi analisar o desempenho dos alunos com esse tipo de problema após passarem por um processo de estudo baseado na teoria da aprendizagem significativa. Os resultados obtidos com a aplicação da avaliação final, principalmente as questões discursivas, assim como o pós-teste e os mapas conceituais mostrou que a UEPS da maneira que foi organizada e aplicada, contribuiu para aprendizagem dos alunos, tendo em vista que aumentou a participação dos alunos durante as aulas de Física e passaram a mostrar mais interesse pela disciplina.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de criação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), aplicada a alunos do terceiro ano do ensino médio, ocorreu por sentir a necessidade de trabalhar os conteúdos da eletrodinâmica por meio de atividades que tornassem as aulas mais atrativas e próximas da realidade dos alunos. Com a aplicação da UEPS foi possível reunir atividades experimentais, aplicativo de celular, uso de simulador, análise de conta de energia elétrica, investigação em equipamentos eletrônicos e utilização de multímetro para realizar medidas de grandezas físicas, o que tornou as aulas diferenciadas em relação ao que os alunos estão habituados no dia a dia em sala de aula. A fundamentação na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel tornou as aulas ainda mais ricas, pois foi possível ter acesso a parte do conhecimento prévio dos alunos através de atividades realizadas antes de apresentar o conteúdo aos alunos.

A utilização dos mapas conceituais como instrumento de avaliação foi importante, pois os alunos conseguiram expressar seus avanços e dificuldades sem a preocupação do certo ou errado já que não existe mapa “correto”, o importante é o significado que o aluno atribuiu aos conceitos e as relações significativas entre eles, (Moreira 2011b). A construção do primeiro mapa conceitual coletivo antes de introduzir os conceitos aceitos pela matéria de ensino, possibilitou ter acesso ao conhecimento prévio dos alunos, o que facilitou as discussões nas aulas seguintes. Durante a construção do segundo mapa conceitual em dupla, os alunos puderam atribuir significados aos conceitos, partindo do conceito mais geral, corrente elétrica, para os conceitos mais específicos promovendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. O terceiro mapa conceitual realizado individualmente com os principais conceitos trabalhados durante as aulas mostrou indícios de aprendizagem dos alunos, pois grande parte dos alunos conseguiram relacionar esses conceitos obedecendo a certa hierarquia atribuindo significados entre eles, além de apresentarem conceitos mais elaborados.

A falta de laboratórios e espaços adequados para o desenvolvimento de algumas atividades propostas foi um dos problemas encontrados no decorrer da aplicação das atividades. A escola onde foi aplicada a UEPS, passava por uma série de problemas estruturais como, por exemplo, a falta de tomadas de energia elétrica nas salas de aula, o que dificultou a realização das atividades experimentais. A falta de internet e de um laboratório de informática funcionando foi outra dificuldade que precisou ser superada. Essas dificuldades foram superadas com a ajuda dos alunos, pois fizemos da sala de aula nosso laboratório. Os

experimentos foram construídos pelo professor, assim como as extensões elétricas. O uso da internet foi feito a partir dos dados móveis dos próprios estudantes. Os alunos, adolescentes, mesmo aqueles da periferia estão em contato o tempo todo com as novas tecnologias, tem acesso a vídeos aulas e várias informações através dos celulares. Competir com esse mundo tecnológico em escolas que não oferecem as mínimas condições não é uma tarefa fácil. A inclusão de atividades envolvendo aplicativos de celular como o “consumo elétrico” e o simulador “Chemistry e Physics simulations” tornou as aulas mais dinâmicas e aproximou a Física desse mundo tecnológico, ao qual os alunos estão inseridos. Corroborando com Macêdo, Dickman e Andrade (2009), a inserção de novas tecnologias contribuirá bastante na exploração pelo aluno das inúmeras conexões entre os conhecimentos científicos básicos, os fenômenos naturais e as aplicações tecnológicas. As atividades envolvendo os aplicativos de celular, a conta de energia, a análise do chuveiro elétrico e a investigação das grandezas Físicas presente nos eletrodomésticos ajudou a desmistificar a ideia que muitos tinham sobre a Física, como sendo uma matéria complicada e distante da realidade.

A análise do pré-teste e dos áudios gravado durante o primeiro encontro revelou uma quantidade surpreendente de subsunçores referente aos conteúdos da eletrodinâmica que foram trabalhados na UEPS. Essas informações contribuíram na adequação de algumas atividades, além de enriquecer as discussões durante as aulas. A comparação entre o pré-teste e pós-teste, realizado ao término da aplicação da UEPS revelou um avanço significativo em relação à compreensão das grandezas físicas estudadas e diferentemente das aulas tradicionais foi possível perceber uma compreensão, por parte dos alunos, da Física como ciência presente em seu dia a dia, capaz de realizar mudança de atitudes como por exemplo no que se refere ao consumo de energia elétrica, relacionando grandezas físicas com aparelhos elétricos e o desperdício de energia.

As atividades experimentais, além de tornar as aulas mais movimentadas, mostrou para os alunos que a Física pode ser divertida e não uma matéria composta apenas por fórmulas e teorias complicadas como muitos classificam. A análise do questionário aplicado logo após a realização do experimento envolvendo associação de resistores em série e em paralelo, juntamente com as discussões durante a aplicação dos experimentos mostrou que esse tipo de atividade estimula o questionamento do aluno o que facilitou o entendimento do fenômeno.

A aplicação da avaliação final contendo questões retiradas de edições anteriores do ENEM revelou algumas dificuldades com operações matemática, mas mostrou um avanço no

entendimento dos fenômenos estudados. Essa dificuldade com a matemática foi diagnosticada durante as resoluções de exercícios em sala de aula e tem sido motivo de preocupação durante as aulas de Física, pois os alunos atribuem à matemática a maior dificuldade na resolução dos problemas. Mesmo assim foi possível perceber avanços na resolução desses problemas devido ao auxílio dos próprios alunos e do professor que acompanhou com mais atenção esses alunos com dificuldades nos cálculos.

Com esse trabalho percebeu-se que é possível discutir os conceitos da Física, especificamente da eletrodinâmica, utilizando ferramentas que possibilite a interação entre os alunos e o professor, partindo do conhecimento que os alunos já possuem e a partir desses apresentar os conceitos estudados na matéria de ensino de uma maneira diferente daquela utilizada nas aulas tradicionais, onde os recursos utilizados são apenas o livro didático e o quadro de giz que torna a aula chata, pois os estudantes não conseguem relacionar os conteúdos discutidos com sua realidade e conseqüentemente não atribuem significado ao que estão estudando. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel possibilita que o estudante se sinta parte desse processo de ensino aprendizagem e não apenas um expectador. A UEPS, com todas as ferramentas utilizadas se mostrou um material potencialmente significativo, pois como foi visto na comparação entre o pré-teste e o pós-teste, na análise dos mapas conceituais e da avaliação final, os alunos conseguiram atribuir significados ao conhecimento que possuíam e adquirir novos conhecimentos, revelando indícios de aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS

- ALVES-MAZZOTTI, A. J. **O método nas ciências naturais e sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 1996. p. 109-187.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J. **Relevância e aplicabilidade da pesquisa em educação**. Caderno de Pesquisa Fundação Carlos Chagas, n.113, p. 53-61, jul. 2001
- AUSUBEL, D. P. (2002). **Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva**. Tradução G. S. Barberán. Barcelona: Paidós, 2002.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução E. Nick, H. B. C. Rodrigues, L. Peotta, M.A. Fontes, M. G. R. Maron. 2 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2004.
- BARROS, P. M. **Construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa sobre conceitos de eletrodinâmica**. 2015. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- DELIZOICOV, D. **Pesquisa em ensino de ciências como ciências humanas aplicadas**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 145-175. abr. 2004.
- DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem de conceitos básicos de eletricidade: parte I – circuitos elétricos simples**. Revista Brasileira de Ensino de Física. [S.l.] v. 28, n. 4, p. 487-496, dez. 2006.
- ERICKSON, F. **Qualitative methods in research on teaching**. In: Wittrock, M. C. Handbook of research on teaching, Creative Education, New York, v. 6, n. 3, p. 119-161. 1986.
- ERTHAL, J. P. C.; GASPAR, A. **Atividades experimentais de demonstração para o ensino da corrente alternada ao nível do ensino médio**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [S.l.] v. 23, n. 3, p. 345-359, dez. 2006.
- FONSECA, E. F. **O estudo de tópicos de eletricidade: uma sequência didática para a educação de jovens e adultos**. 2015. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2015.
- GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 1.ed. São Paulo: Ática, 2010.
- GONZALES, E. G.; ROSA, P. R. S. **Aprendizagem significativa de conceitos de circuitos elétricos utilizando um ambiente virtual de ensino por alunos da educação de jovens e adultos**. Investigações em Ensino de Ciências, Campo Grande, v. 19, n. 2, p. 477-504, 2014.

GRAF. Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. **Física 3 – Eletromagnetismo/GRAF**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da física, volume 3**. 9.ed. Traduzido por Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LARA, A. C. **Ensino de conceitos básicos de eletricidade através da análise do consumo de energia elétrica em uma escola de ensino médio**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LARA, A. C.; ARAUJO, I. S.; SILVEIRA, F.L. **Ensino de conceitos básicos de Eletricidade através da análise do consumo de energia elétrica na escola: Textos de Apoio ao Professor de Física**. Instituto de Física, Porto Alegre, v. 25, n. 5. 2014.

LABURÚ, C. E.; GOUVEIA, A. A.; BARROS, M. A. **Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Belo Horizonte, v. 26, n. 1, p. 24-27. 2009.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Tradução Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Artmed, 1999.

LEITE, I. S.; LOURENÇO, A. B.; HERNANDES, A. C. **O uso de mapas conceituais para avaliar a mudança conceitual de alunos do Ensino Médio sobre o tema corrente elétrica: Um estudo de caso**. Latin-American Journal of Physics Education, Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional, v. 5, n. 3, p. 570-586, set. 2011.

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

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

MENDONÇA, C. A. S. **El uso del mapa conceptual progresivo como recurso facilitador del aprendizaje significativo en ciencias naturales y biología**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) – Universidade de Burgos, Burgos, 2012.

MENDONÇA, C. A. S.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão da literatura sobre trabalhos com mapas conceituais no ensino de ciências do pré-escolar às séries iniciais do ensino fundamental**. Revista Práxis, Rio de Janeiro, v. 4, n.7, p. 11-35, 2012.

MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. A. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Editora da Universidade, Porto Alegre, 1983.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognoscitiva ao ensino de física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

MOREIRA, M. A. (1990). **Pesquisa em ensino: O VÊ Epistemológico de Gowin**. Temas Básicos de Educação e Ensino. São Paulo: E. P.E, 1990.

MOREIRA, M. A. (1999). **Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos**. In Actas del PIDEDEC: Textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ciências da Universidade de Burgos, Porto Alegre, v. 1, p. 5-38. 1999. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/pesquisaemensino.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2018.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em Ensino: aspectos metodológicos**. In Actas del PIDEDEC: Textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ciências da Universidade de Burgos, Porto Alegre, v. 5, p. 101-135. 2003. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/pesquisaemensino.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2018.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UNB, 2006.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas “V”**. Ciência e Cultura, Porto Alegre, v. 32, n. 4, p. 474-479. Disponível em: http://www.mettodo.com.br/ebooks/Mapas_Conceituais_e_Diagramas_V.pdf. Acesso em: 01 abr. 2018.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, M. A. **Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente**. In Atas Encontro Nacional de Ciências da Saúde e do Ambiente, Rio de Janeiro, Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Abandonoport.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2018.

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

MOREIRA, M. A. **Unidades de Enseñanza Potencialmente significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre, v.1(2), p. 43-63, 2001.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. Porto Alegre: Editora da Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. (2012). **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Porto Alegre, Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2018.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D.B. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano, 1999.

NOVAK, D. J.; CANÑS, A. J. **Construyendo sobre nuevas ideas constructivistas y la herramienta cmapTools para crear un nuevo modelo educativo**. boletín de estudios e

investigación. Anais do Encontro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo, Madrid, Disponível em:<http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/CmapToolsNuevoModeloEducacion.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2018.

PACCA, J. L. A. *et al.* **Corrente elétrica e circuito elétrico:** algumas concepções do senso comum. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 151-167, ago. 2003.

PALMERO, M. L. R.; MOREIRA, M. A. **Mapas conceptuales:** herramientas para el aula. Barcelona: Octaedro, 2018.

FILHO, J. P.A. **Atividades experimentais:** do método a prática construtivista. 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

QUINTAS, M. J.; CARVALHO, P. S. **Ensino interativo na abordagem da eletricidade numa escola portuguesa.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 839-860, dez. 2016.

REBELLO, A. P. S.; RAMOS, MAURIVAN, G. **Simulação computacional e maquetes na aprendizagem de circuitos elétricos:** um olhar sobre a sala de aula. Experiências em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 23-33, 2009.

ROCHA FILHO, J. B. *et al.* **Resistores de papel e grafite:** ensino experimental de eletricidade com papel e lápis. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 228-236. 2003.

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

TORRES, C.M.A. *et al.* **Física Ciência e tecnologia.** 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L.F. **Física para o ensino médio.** 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

APENDÍCE A – Tabela 1 - Informações referentes a grandezas Físicas presente nos aparelhos elétricos encontrados na residência dos alunos.

Tabela 1 - Informações referentes à grandezas Físicas presente nos aparelhos elétricos encontrados na residência dos alunos.

NOME DO APARELHO	Vtagem (Volt)	Corrente (Ampére)	Potência (Watt)

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – Texto nº 3: Corrente elétrica e seus efeito

Professor: Janailson Rosa de Moraes

Disciplina: Física

Aluno: _____

3º Ano A

Texto Nº 3: Corrente Elétrica e seus efeitos

Corrente Elétrica

Quando um campo elétrico é estabelecido em um condutor qualquer, as cargas livres aí presentes entram em movimento sob a ação desse campo. Dizemos que esse deslocamento de cargas constitui uma corrente elétrica. Nos metais, a corrente é constituída por elétrons fracamente ligados, denominados elétrons livres em movimento. Nos líquidos, as cargas livres que se movimentam são íons positivos e negativos, enquanto nos gases, são íons positivos, íons negativos e também elétrons livres.

Sentido da corrente elétrica

No começo dos estudos e observações sobre a corrente elétrica, os cientistas supunham que ela era constituída pelo movimento de um fluido elétrico positivo. Esse fluido se deslocaria fora da pilha, do seu pólo positivo para o negativo, ou seja, contra o sentido dos elétrons. Após vários anos, mais precisamente no século XX, os cientistas verificaram que nos metais a corrente elétrica estava relacionada ao movimento dos elétrons, contudo eles já estavam habituados com o sentido de corrente de cargas positivas. Para não gerar transtornos com uma possível mudança eles concordaram em continuar a trabalhar com o sentido de corrente positiva, denominada agora de corrente imaginária, para substituir a corrente de elétrons. Isso foi possível porque verificaram que as duas correntes, a de cargas positivas e a de elétrons, eram equivalentes. Assim sendo, a corrente de cargas positivas passou a ser conhecida como **corrente convencional**. Esse sentido de corrente é contrário ao movimento dos elétrons.

Intensidade de corrente elétrica

Os condutores elétricos oferecem maior facilidade à passagem de corrente elétrica. Quando se aplica uma tensão nos terminais de um condutor metálico e origina-se um campo

elétrico que exerce força sobre os elétrons livres, que abandonam os átomos e movimentam-se em sentido contrário ao do campo. Define-se intensidade de corrente como sendo a razão entre a quantidade de cargas pelo intervalo de tempo, de forma que matematicamente fica:

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

Onde ΔQ é a quantidade de carga. A unidade de corrente elétrica no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o ampère (A) em homenagem a André-Marie Ampère, físico francês, um dos fundadores do eletromagnetismo.

Tipos de corrente elétrica

a) Corrente Contínua

É aquela cujo sentido se mantém constante. Quando além do sentido a intensidade também se mantém constante, a corrente é chamada de corrente contínua constante. Como exemplo, temos as correntes estabelecidas por uma bateria de automóvel e por uma pilha.

a) Corrente alternada

É aquela cuja intensidade e cujo sentido variam periodicamente. É o caso das correntes utilizadas em residências, que são fornecidas pelas usinas hidrelétricas, em que temos uma corrente alternada de frequência 60 ciclos por segundo.

Efeitos da corrente elétrica

A passagem da **corrente elétrica** por um **condutor** pode provocar diferentes efeitos, que variam de acordo com a natureza do condutor e a intensidade da corrente elétrica que o percorre. **Os principais efeitos são: efeito térmico, efeito químico, efeito magnético e efeito fisiológico.**

Efeito térmico (ou efeito_joule): esse efeito ocorre quando uma corrente provoca o aquecimento dos condutores elétricos pelos quais ela percorre. Equivalente ao processo responsável por transformar a energia elétrica em térmica, esse efeito surge quando elétrons se chocam com um condutor. No momento em que os átomos recebem a energia sua vibração passa a ter mais intensidade. Quanto maior é a vibração, mais alta será a temperatura do condutor. O de temperatura é possível de ser notado quando ocorre o aquecimento desse condutor. O efeito térmico, normalmente, é aplicado em aquecedores, como os chuveiros elétricos, por exemplo.

Efeito magnético: esse efeito se manifesta no momento em que surge um campo magnético próximo ao local em que se aplica a corrente elétrica.

Efeito fisiológico: acontece no momento em que a corrente elétrica passa através do organismo dos seres vivos. Ela, então, vai para o sistema nervoso e faz com que o corpo tenha contrações musculares – o que, no popular, é o chamado “choque elétrico”. Por exemplo: quando a intensidade dessa corrente elétrica que passa pelo corpo é da ordem de 1 mA, a pessoa sente aquela conhecida sensação de formigamento.

Efeito luminoso: fenômeno elétrico molecular que tem origem quando os gases ionizados emitem luz no momento em que são atravessados pela corrente elétrica. Isso acontece, por exemplo, com as lâmpadas fluorescentes, de vapor de mercúrio, de vapor de sódio, entre outras onde acontece a transformação direta de energia elétrica em energia luminosa.

Efeito químico: é quando algumas reações químicas são percorridas por correntes elétricas. É bastante comum nos processos de eletrodeposição, usado para revestir certos metais com uma camada de outro (como prata, ouro, cromo, cobre e níquel), a fim de proteger essa peça metálica contra a corrosão.

APÊNDICE C – Tabela 2 – informações para o cálculo do kwh e custo mensal de cada aparelho

Professor: Janailson Rosa de Moraes

Disciplina: Física

Aluno: _____

3º Ano A

Tabela 2 – informações para o cálculo do kwh e custo mensal de cada aparelho

Nome do aparelho	Quantidade	Potência (Watt)	Tempo de uso	Kwh/mês	Custo mensal em R\$

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE D – Texto N° 5: Potência e Energia Elétrica

Professor: Janailson Rosa de Moraes

Disciplina: Física

Aluno: _____

3° Ano A

Texto N° 5 Potência e Energia Elétrica

Na entrada de eletricidade de uma residência, existe um medidor, instalado pela companhia de eletricidade. O objetivo desse aparelho é medir a quantidade de energia elétrica usada na residência durante certo tempo (normalmente 30 dias). Sendo:

$$\text{Potência} = \frac{\text{energia}}{\text{tempo}}$$

energia = potência x tempo, isto é:

$$E = P \times t$$

Portanto, quanto maior for a potência de um aparelho eletrodoméstico e quanto maior for o tempo que ele permanece ligado, maior será a quantidade de energia elétrica que ele utilizará (transformando-a em outras formas de energia). O valor registrado no medidor equivale à soma das energias utilizadas, durante um certo período, pelos diversos aparelhos utilizados na casa.

Essa energia poderia ser medida em joules (unidade do SI), em praticamente todos os países do mundo, entretanto as companhias de eletricidade usam medidores calibrados em KWh (quilowatt-hora).

Assim, **1kwh** é a energia consumida por um aparelho com potência de 1 quilowatt funcionando durante 1 hora.

Lembrando que **1kw = 1000w e 1h = 3600 s**, a relação entre essa unidade prática de energia e o joule, unidade do SI, é:

$$1,0 \text{ kwh} = 1000\text{w} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{W} \cdot \text{s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

O quilowatt-hora é uma unidade muito maior do que o joule e, por isso, mais prática para a medida do consumo de energia elétrica. Uma residência de classe média, por exemplo, consome cerca de 720 milhões de joules.

Potência desenvolvida em um aparelho elétrico

Os aparelhos elétricos são dispositivos que transformam energia elétrica em outra forma de energia. Em um motor elétrico, a energia elétrica é transformada em energia mecânica de rotação; em um aquecedor, a energia elétrica é transformada em calor; em uma lâmpada, a energia elétrica é transformada em luminosa, etc.

A potência, P , desenvolvida por um aparelho elétrico, que é dada por $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$, pode ser expressa como $P = i \cdot V$, onde i é a corrente elétrica e V a diferença de potencial.

Assim:

Se um aparelho elétrico, ao ser submetido a uma diferença de potencial V for percorrido por uma corrente i , a potência desenvolvida nesse aparelho será dada por:

$$P = i \cdot V$$

APÊNDICE E – Lista de exercícios sobre potência e energia elétricaExercício

- 1) A bateria de um automóvel aplica uma diferença de potencial de 12V nos terminais do seu motor de arranque, o qual ao ser acionado, é percorrido por uma corrente de 50 A. Qual é, então a potência desenvolvida por esse motor elétrico?

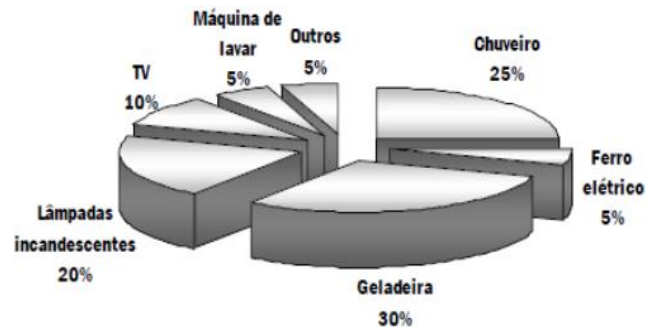
- 2) Em uma lâmpada encontramos as seguintes especificações do fabricante: 20W; 220V.
a) Qual é o significado dessas especificações?

- b) Supondo que essa lâmpada esteja ligada a uma diferença de potencial adequada (220V), determine a intensidade de corrente que passa por ela.

- c) Qual seria a corrente se a lâmpada fosse ligada a uma voltagem de 110V?

- d) Como seria o brilho da lâmpada quando ligada a 110V?

- 3) (ENEM 2001) A distribuição média, por tipo de equipamento, do consumo de energia elétrica nas residências no Brasil é apresentada no gráfico.



Em uma associação com os dados do gráfico, considere as variáveis:

- I- Potência do equipamento.
- II- Horas de funcionamento.
- III- Número de equipamentos.

O valor das frações percentuais do consumo de energia depende de:

- a) I, apenas
 - b) II, apenas
 - c) I e II, apenas
 - d) II e III, apenas.
 - e) I, II e III.
- 4) (ENEM 2005) Podemos estimar o consumo de energia elétrica de uma casa considerando as principais fontes desse consumo. Pense na situação em que apenas os aparelhos que constam na tabela abaixo fossem utilizados diariamente da mesma forma. Supondo que o mês tenha 30 dias e que o custo de 1 KWh é de R\$0,40, o consumo de energia elétrica mensal dessa casa é de aproximadamente:

- a) R\$ 135
- b) R\$ 165
- c) R\$ 190
- d) R\$ 210
- e) R\$ 230

APARELHO	POTÊNCIA (KW)	TEMPO DE USO DIÁRIO (h)
Ar-condicionado	1,50	8
Chuveiro elétrico	3,30	1/3
Freezer	0,20	10
Geladeira	0,35	10
Lâmpadas	0,10	6

APÊNDICE F – Questionário sobre o experimento nº 4

Professor: Janailson Rosa de Moraes

Disciplina: Física

Aluno: _____

3º Ano A

QUESTIONÁRIO SOBRE O EXPERIMENTO

- 1) Por que na associação de resistores em série, quando retiramos uma das lâmpadas as demais apagam?

- 2) Quais as principais diferenças entre a associação de resistores em série e em paralelo?

- 3) Por que a voltagem é a mesma em todos os resistores na associação em paralelo?

- 4) Por que na associação em série, as lâmpadas de menor potência nominal emitirão maior intensidade de luz?

- 5) Que evidências podem confirmar que a ligação residencial é do tipo em paralelo?

APÊNDICE G - Avaliação Final

Professor: Janailson Rosa de Moraes

Disciplina: Física

Aluno: _____

3º Ano A

Avaliação Final

- 1) (GREF) Numa conta de luz encontramos o seguinte valor 234 kWh. Ele se refere a:
- Potência consumida
 - Tensão consumida
 - Energia consumida
 - Corrente do circuito
- 2) (GREF) Um chuveiro de 2 800W/220V é usado 30 horas por mês, enquanto um aquecedor de 1 200W/110V é usado 50 horas no mesmo período. Qual dos dois consome mais energia? Justifique sua resposta.

- 3) (ENEM 2012) A eficiência das lâmpadas pode ser comparada utilizando a razão, considerada linear, entre a quantidade de luz produzida e o consumo. A quantidade de luz é medida pelo fluxo luminoso, cuja unidade é o lúmen (lm). O consumo está relacionado à potência elétrica da lâmpada que é medida em watt (W). Por exemplo, uma lâmpada incandescente de 40W emite cerca de 600 lm, enquanto uma lâmpada fluorescente de 40 W emite cerca de 3000 lm.
- A eficiência de uma lâmpada incandescente de 40W é
- Maior que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz menor quantidade de luz.
 - Maior que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que produz menor quantidade de luz.
 - Menor que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz a mesma quantidade de luz.
 - Menor que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, pois consome maior quantidade de energia.

e) Igual a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que consome a mesma quantidade de energia.

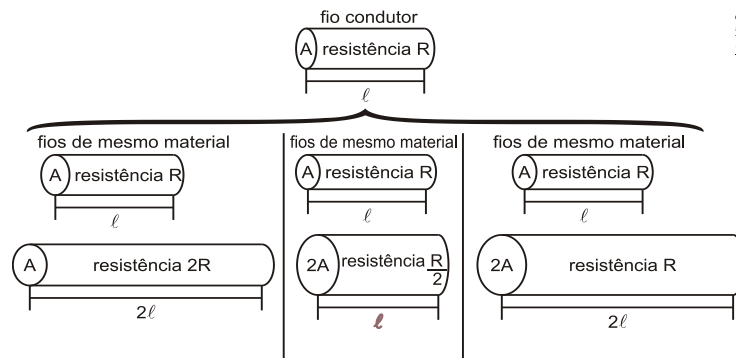
4) (ENEM 2010) A relação da resistência elétrica com as dimensões do condutor foi estudada por um grupo de cientistas por meio de vários experimentos de eletricidade. Eles verificaram que existe proporcionalidade entre:

Resistência (R) e comprimento (ℓ), dada a mesma secção transversal (A);

Resistência (R), e área da secção transversal (A), dada o mesmo comprimento (ℓ);

Comprimento (ℓ) e área da secção transversal (A), dada a mesma resistência (R).

Considerando os resistores como fios, pode-se exemplificar o estudo das grandezas que influem na resistência elétrica utilizando as figuras seguintes:



Disponível em: <http://www.efeitojoule.com>. Acesso em: abr. 2010 (adaptado)

As figuras mostram que as proporcionalidades existentes entre resistência (R) e comprimento (ℓ), resistência (R) e área da secção transversal (A), e entre comprimento (ℓ) e área da secção transversal (A) são, respectivamente,

- Direta, direta e direta.
 - Direta, direta e inversa.
 - Direta, inversa e direta.
 - Inversa, direta, direta.
 - Inversa direta inversa.
- 5) Nas instalações elétricas residenciais, utiliza-se para grande parte das tomadas e lâmpadas fio número 10 (segundo as especificações do instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia, o Inmetro), que suporta sem superaquecimento uma corrente elétrica máxima de 30^a. Utilizando um benjamin, uma pessoa ligou um micro-ondas (1700 W), uma liquidificador (300W) e uma torradeira (750W). Sabendo

que a tensão elétrica da tomada é de 127 V, o fio vai suportar os três aparelhos ligados? Explique sua resposta.

APÊNDICE H – Produto Educacional

**PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA ESTUDO DE TÓPICOS DE ELETRODINÂMICA**

JANAILSON ROSA DE MORAIS

Texto direcionado aos professores da educação básica, contido na Dissertação de mestrado intitulada Proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o estudo de tópicos de eletrodinâmica, desenvolvida como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em ensino de Física.

Orientadora:
Profa. Dr.^a Conceição Aparecida Soares
Mendonça.
Coorientador:
Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório.

Recife

2019

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	174
2. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA - UEPS.....	174
2.1.Situação inicial – 1º Passo.....	174
2.2.Levantamento dos Conhecimentos Prévios - 2º Passo	176
2.3.Aprofundando o Conhecimento - 3º Passo.....	177
2.4.Nova Situação – 4º PASSO	184
2.5.Diferenciação Progressiva - 5º PASSO	190
2.6.Reconciliação Integrativa - 6º PASSO	197
2.7.Pós-Teste e Avaliação Individual - 7º PASSO	200
2.8.Aula Final e Avaliação da UEPS em Sala de Aula - 8º PASSO	203
REFERÊNCIAS	2034

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Kit para construção dos circuitos.....	178
Figura 2- Circuito elétrico simples	179
Figura 3– Imagens do aplicativo consumo elétrico	186
Figura 4 – Medida da corrente elétrica respectivamente: 5V, 9V e 12V	191
Figura 5 - Print da simulação nº1 referente a 1ª lei de Ohm.....	192
Figura 6– Print da simulação referente a 2ª lei de Ohm	193
Figura 7- Resistores de chuveiro elétrico.	195
Figura 8 - Experimento nº 5 para trabalhar associação de resistores em série e em paralelo.	199

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Para ser preenchida com informações referente à grandeza físicas presente nos aparelhos elétricos encontrados na residência dos alunos.....	175
Tabela 2 – Para ser preenchida com informações para o cálculo do Kwh e custo mensal de cada aparelho	185
Tabela 3- Resistividade de Alguns Materiais à temperatura ambiente (20°C).....	195

1 INTRODUÇÃO

Esse produto educacional foi pensado para auxiliar professores de Física do ensino médio no ensino de tópicos de eletrodinâmica. O objetivo geral foi trabalhar os principais conceitos da eletrodinâmica a luz da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, utilizando várias estratégias pedagógicas, organizadas nos oito passos que compuseram a UEPS. Será aplicado pré-teste, para verificar o conhecimento prévio dos alunos, uma tabela para ser preenchida com informações sobre grandezas Físicas encontradas em aparelhos elétricos de suas residências, cada assunto abordado de forma mais específica será utilizado textos, apresentação de slides, atividades experimentais, simulação, aplicativo de celular, análise de conta de energia, investigação sobre grandezas Físicas nos aparelhos elétricos de suas casas, discussão em sala, resolução de exercícios.

A UEPS reunirá um conjunto de atividades que busquem a aprendizagem do aluno obedecendo aos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora. A avaliação se dará durante todo o processo através da aplicação de pré-teste e pós-teste, questionários, construção de mapas conceituais coletivo, em dupla e individual e uma avaliação final. Com a finalidade de facilitar a aprendizagem dos conceitos de corrente elétrica, circuitos elétricos, diferença de potencial, resistores, potência, energia elétrica aos alunos do 3º ano do ensino médio além de disponibilizar esse material para outros professores.

2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA – UEPS

De acordo com Moreira (2011b), a UEPS é uma sequência de ensino fundamentada teoricamente, voltada para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula. Nesse produto, será feita uma descrição detalhada do que ocorreu nos oito passos que culminaram em dezenove encontros do desenvolvimento dessa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

2.1 Situação inicial – 1º Passo

1ª Aula

Nesse primeiro momento, os alunos serão convidados para fazerem uma reflexão sobre a importância da eletricidade em suas atividades cotidianas. Irão fazer um paralelo entre

o uso dos equipamentos presente em suas casas, levando-os a imaginar como era a vida antes da utilização da energia elétrica. Durante a discussão, será pedido para falar de modo aleatório o nome de termos relacionados ao tema eletrodinâmica. Esses termos serão utilizados para construção de um mapa de conceitos coletivo que será desenvolvido por eles com a ajuda do professor.

Após a construção do mapa coletivo os alunos irão construir um pequeno texto, de modo individual, sobre o assunto discutido durante essa aula. Esse texto será entregue ao professor para análise. Ao término dessa aula será entregue uma atividade, tabela 1, para preencher com o nome de grandezas Físicas presente em aparelhos elétricos. Essa atividade será uma pesquisa em suas casas com o objetivo que eles percebam a relação entre o conteúdo discutido em sala e o seu cotidiano. Essa pesquisa será entregue ao professor na aula seguinte e utilizada em outras atividades. A análise desses materiais servirá para verificar o que cada aluno já sabe sobre o conteúdo a ser trabalhado ao longo da sequência didática. A partir da análise de seus conhecimentos sobre eletrodinâmica serão realizadas adequações das atividades para favorecer o conhecimento prévio dos alunos durante as aulas.

Todas as aulas devem ser gravadas e realizadas anotações em um diário de bordo que serão analisadas posteriormente pelo professor.

Tabela 1- Para ser preenchida com informações referentes as grandezas físicas presente nos aparelhos elétricos encontrados na residência dos alunos.

NOME DO APARELHO	Voltagem (Volt)	Corrente (Ampére)	Potência (Watt)

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 Levantamento dos Conhecimentos Prévios - 2º Passo

2ª Aula

Nessa aula os alunos responderão a um pré-teste composto por seis perguntas sobre os principais conceitos da eletrodinâmica (corrente elétrica, tensão elétrica, resistência e potência). O objetivo dessa atividade é identificar os subsunçores dos alunos em relação aos conteúdos que serão trabalhados. A identificação inicial dos conhecimentos prévios é essencial no processo de ensino, porque de acordo com Ausubel et al., 1980, “... *o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece...* (p. ix)” e investigar esses conhecimentos é essencial para ensinar de acordo. Corroborando com as ideias de Ausubel, relata (Moreira, 2010, p. 18), que os conhecimentos prévios assumem um importante papel no processo de aprender com significado, uma vez que as novas informações são incorporadas à estrutura cognitiva do sujeito que aprende e se este possuir conhecimento prévio adequado sobre determinado tema, os subsunçores vão adquirindo novos significados, tornando-se diferenciados e mais estáveis. Esse processo ocorre por meio de interações entre conceitos relevantes presentes na estrutura cognitiva e as novas informações, por meio das quais estas adquirem significado e são integradas a estrutura cognitiva.

As questões serão respondidas de forma individual pelos alunos e posteriormente entregues. O professor fará a análise para investigar que conhecimentos prévios sobre os conceitos já citados eles possuem, o que será muito importante para as demais atividades.

PRÉ-TESTE

- 1) O que você entende por corrente elétrica?

- 2) Para secar o cabelo, uma jovem dispõe de dois secadores elétricos, um de 1200W-220V e outro de 700W-220V. Discuta as vantagens em se utilizar um e outro.

- 3) Alguns aparelhos elétricos trazem um botão de ajuste para 110V ou 220V. Qual a importância desse botão de ajuste?

- 4) Quais as diferenças que existem entre as lâmpadas incandescentes, LED e fluorescentes?

- 5) Os chuveiros elétricos trazem uma chave com as posições inverno e verão. Qual a vantagem em fazer uso dessa chave?

- 6) Quais cuidados podemos adotar em nossas residências para evitar o choque elétrico?

2.3 Aprofundando o Conhecimento - 3º Passo

Esse passo será distribuído em três aulas. Na primeira aula será realizado o experimento nº 1 para introduzir o conceito de circuito elétrico, mostrar as funções do multímetro e realizar medidas das grandezas: voltagem, corrente elétrica e resistência elétrica. Nas outras duas aulas serão discutidos os circuitos elétricos aberto e fechado e seus componentes. Será entregue um texto sobre corrente elétrica e seus efeitos que será trabalhado em sala de aula. O terceiro passo será finalizado com a elaboração de um mapa conceitual em dupla sobre os conteúdos trabalhados nas três aulas.

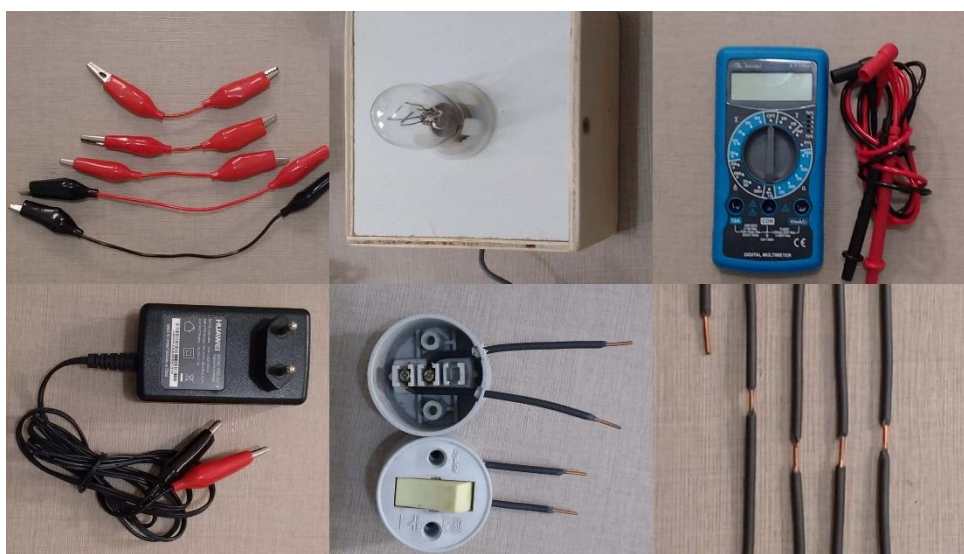
3ª Aula

Essa aula iniciará com uma breve discussão sobre circuitos elétricos, onde serão apresentados os componentes de um circuito elétrico simples. Para isso será levado pelo professor/pesquisador um kit, adaptado a partir de materiais encontrados em lojas de eletrônica contendo: fonte de 12V (representando o gerador elétrico), fios condutores,

interruptor (simulando o dispositivo de manobra), jacarés (utilizado para conectar os componentes ao fio condutor), lâmpadas de farol de carro (representando o receptor elétrico) e um multímetro (dispositivo de controle). Durante a apresentação desses componentes será perguntado a função de cada um deles por meio de um diálogo entre alunos e professor. Em seguida os alunos serão organizados em grupo de 5 a 7 componentes e receberam o kit, figura 1, para realizar a primeira atividade experimental que é a construção de um circuito elétrico simples.

A função da fonte de 12V é ligar o circuito, construído com as lâmpadas de carro e os fios fornecidos. O uso dessa fonte ao invés da bateria é devido ao custo financeiro, pois as baterias descarregam rápido e as fontes podem ser reaproveitadas de equipamentos elétricos queimados, além de serem usadas a fim de evitar choque elétrico, durante o manuseio dos alunos.

Figura 1 - Kit para construção dos circuitos

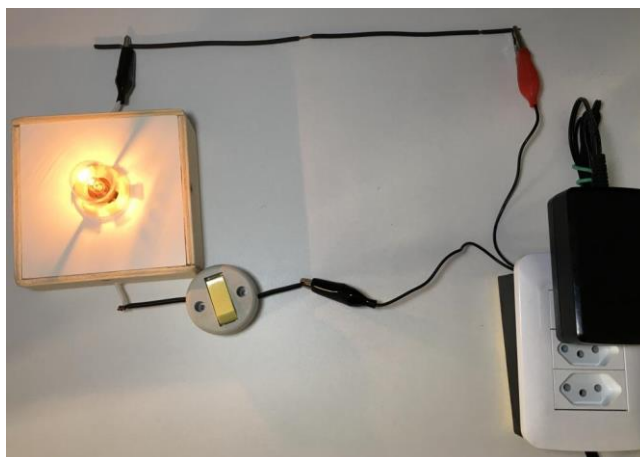


Fonte: imagens do autor

Após a entrega dos kits, cada grupo deverá montar o experimento nº 1, Figura 2, cujo objetivo é de ascender a lâmpada, para que os alunos percebam a diferença entre um circuito aberto e fechado e tenham contato com algumas grandezas físicas como corrente elétrica, voltagem e resistência elétrica. A montagem consisti em conectar a parte descascada dos fios as lâmpadas por meio dos jacarés e em seguida ligar as extremidades de cada fio à fonte 12V (geradora de energia) ligada a rede de energia elétrica de 220V. Os alunos deverão ligar os

componentes e fazer com que a lâmpada acenda. Ao acender a lâmpada será incluído o interruptor no circuito cuja finalidade é deixar o circuito aberto ou fechado.

Figura 2- Circuito Elétrico Simples



Fonte: Imagens do autor

Em seguida o professor explicará a função de cada componente do circuito elétrico simples como o gerador elétrico (fonte de 12V) que é fornecer energia às cargas elétricas que o atravessam, fios condutores cuja função é permitir que as cargas circulem facilmente no circuito, os receptores (representado pelas lâmpadas) que transformam energia elétrica em outro tipo de energia e os dispositivos de manobra (interruptores), elementos que servem para acionar ou desligar um circuito elétrico.

Esclarecida as dúvidas surgidas durante a *terceira aula* será construído por meio das falas dos alunos, a definição de circuito elétrico aberto e fechado. Na sequência será apresentado o multímetro e em seguida, os alunos realizarão medidas de algumas grandezas físicas como corrente elétrica, voltagem e resistência, que serão estudadas nas aulas seguintes. O principal objetivo dessa atividade experimental nº 1 será preparar o terreno, ainda que em nível introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno para introdução dos conteúdos: corrente elétrica, voltagem e resistência elétrica que será ensinado. Corroborando com Moreira (2011a), 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.

4ª aula

A **quarta aula** será iniciada com uma retomada da atividade anterior sobre circuitos elétricos lembrando as funções de cada componente e diferenciando circuito aberto de circuito fechado. Os alunos serão questionados com duas perguntas:

Qual a relação entre corrente elétrica e voltagem quando o circuito estava aberto ou fechado? E por que a lâmpada se apaga quando o circuito está aberto?

Após uma discussão será entregue aos alunos o texto nº 3 sobre *Corrente Elétrica e seus Efeitos*, adaptado pelo professor do livro Texto utilizado na escola (Torres et al., 2013). Durante a aula será utilizado o data show com slides para facilitar a visualização do conteúdo circuito elétrico. Será utilizada uma animação de um circuito elétrico em determinado momento, ligado a uma bateria (circuito fechado) e em outro momento desconectado da bateria (circuito aberto).

Para dar continuidade ao estudo do conceito corrente elétrica será retomado os questionamentos feitos no início da aula sobre a relação entre corrente elétrica e voltagem em um circuito aberto ou fechado. Inicialmente será explicado pelo professor/pesquisador que a voltagem, também conhecida por diferença de potencial é responsável por estabelecer um campo elétrico no circuito e que isso acontece quando o circuito está fechado. De acordo com (Halliday; Resnick; Walker, 2012), em um circuito fechado feito de material condutor, mesmo que haja um excesso de cargas, todos os pontos possuem o mesmo potencial. Não pode existir um campo elétrico no interior do material ou paralelo à superfície. Nessa situação quando é inserida uma bateria no circuito, o potencial não é mais o mesmo e campos elétricos são criados, exercendo uma força sobre os elétrons de condução, produzindo uma corrente elétrica.

Para falar dos efeitos causados pela corrente elétrica os alunos serão questionados sobre:

O que aconteceu no circuito montado no experimento nº1 quando foi estabelecida a corrente elétrica no circuito (fechado) e qual o efeito observado, causado por essa corrente?

Para falar dos **efeitos da corrente elétrica** como (térmico, luminoso, magnético e químico) serão utilizadas imagens que relacionem cada efeito da corrente elétrica a situações reais presentes no cotidiano dos alunos, por exemplo, o efeito térmico relacionado ao aquecimento de equipamentos elétricos como ferro de passar roupas, a sanduicheira e o chuveiro elétrico.

Ao trabalhar o conceito *corrente contínua* será mostrado exemplos de pilhas e baterias que se referem ao fluxo de cargas em um único sentido. Para falar da *corrente alternada* será citado como exemplo a corrente presente nas instalações residenciais em que os elétrons se movem no circuito primeiro em um sentido, depois no sentido oposto, oscilando para lá e para cá em torno de posições fixas. Erthal e Gaspar (2006), trabalharam a corrente alternada com seus alunos através de atividades experimentais dando maior ênfase a esse tema por entender que é pouco explorado no ensino médio, apesar de estar presente no cotidiano dos alunos.

E para calcular a *intensidade de corrente elétrica* será mostrado um desenho de um fio e definido a intensidade de corrente elétrica I , como sendo a razão entre a carga (ΔQ) que atravessa uma área de secção transversal desse fio em determinado intervalo de tempo (Δt), calculado por meio da relação $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$.

Para melhorar a compreensão em relação ao cálculo da intensidade de corrente elétrica será resolvido um problema pelo professor, retirado do livro Texto (Torres et al., 2013), usado na escola. Utilizando o quadro de giz e fazendo questionamentos aos alunos para que possam interagir com os colegas e o professor atribuindo significado aos conceitos discutidos.

Texto 1- Corrente Elétrica e seus Efeitos

Corrente Elétrica

Quando um campo elétrico é estabelecido em um condutor qualquer, as cargas livres presentes entram em movimento sob a ação desse campo. Dizemos que esse deslocamento de cargas constitui uma corrente elétrica. Nos metais, a corrente é constituída por elétrons fracamente ligados, denominados elétrons livres em movimento. Nos líquidos, as cargas livres que se movimentam são íons positivos e negativos, enquanto nos gases, são íons positivos, íons negativos e também elétrons livres.

Sentido da Corrente Elétrica

No começo dos estudos e observações sobre a corrente elétrica, os cientistas supunham que ela era constituída pelo movimento de um fluido elétrico positivo. Esse fluido se deslocaria fora da pilha, do seu pólo positivo para o negativo, ou seja, contra o sentido dos elétrons. Após vários anos, mais precisamente no século XX, os cientistas verificaram que nos metais a corrente elétrica estava relacionada ao movimento dos elétrons, contudo eles já estavam habituados com o sentido de corrente de cargas positivas. Para não gerar transtornos

com uma possível mudança eles concordaram em continuar a trabalhar com o sentido de corrente positiva, denominada agora de corrente imaginária, para substituir a corrente de elétrons. Isso foi possível porque verificaram que as duas correntes, a de cargas positivas e a de elétrons, eram equivalentes. Assim sendo, a corrente de cargas positivas passou a ser conhecida como **corrente convencional**. Esse sentido de corrente é contrário ao movimento dos elétrons.

Intensidade de corrente elétrica

Os condutores elétricos oferecem maior facilidade para passagem de corrente elétrica. Quando se aplica uma tensão nos terminais de um condutor metálico origina-se um campo elétrico que exerce força sobre os elétrons livres, que abandonam os átomos e movimentam-se em sentido contrário ao do campo. Define-se intensidade de corrente como sendo a razão entre a quantidade de cargas pelo intervalo de tempo, de forma que matematicamente fica:

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

Onde ΔQ é a quantidade de carga. A unidade de corrente elétrica no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o ampère (A) em homenagem a André-Marie Ampère, físico francês, um dos fundadores do eletromagnetismo.

Tipos de Corrente Elétrica

a) Corrente Contínua

É aquela cujo sentido se mantém constante. Quando além do sentido a intensidade também se mantém constante, a corrente é chamada de corrente contínua constante. Como exemplo temos as correntes estabelecidas por uma bateria de automóvel e por uma pilha.

a) Corrente Alternada

É aquela cuja intensidade e cujo sentido variam periodicamente. É o caso das correntes utilizadas em residências, que são fornecidas pelas usinas hidrelétricas, em que temos uma corrente alternada de frequência 60 ciclos por segundo.

Efeitos da Corrente Elétrica

A passagem da corrente elétrica por um condutor pode provocar diferentes efeitos, que variam de acordo com a natureza do condutor e a intensidade da corrente elétrica que o percorre. **Os principais efeitos são: efeito térmico, efeito químico, efeito magnético e efeito fisiológico.**

Efeito térmico (ou efeito joule): esse efeito ocorre quando uma corrente provoca o aquecimento dos condutores elétricos pelos quais ela percorre. Equivalente ao processo responsável por transformar a energia elétrica em térmica, esse efeito surge quando elétrons se chocam com um condutor. No momento em que os átomos recebem a energia, sua vibração passa a ter mais intensidade. Quanto maior é a vibração mais alta será a temperatura do condutor. O de temperatura é possível de ser notado quando ocorre o aquecimento desse condutor. O efeito térmico, normalmente, é aplicado em aquecedores, como os chuveiros elétricos, por exemplo.

Efeito magnético: esse efeito se manifesta no momento em que surge um campo magnético próximo ao local em que se aplica a corrente elétrica.

Efeito fisiológico: acontece no momento em que a corrente elétrica passa através do organismo dos seres vivos. Ela, então, vai para o sistema nervoso e faz com que o corpo tenha contrações musculares – o que, no popular, é o chamado “choque elétrico”. Por exemplo: quando a intensidade dessa corrente elétrica que passa pelo corpo é da ordem de 1 mA, a pessoa sente aquela conhecida sensação de formigamento.

Efeito luminoso: fenômeno elétrico molecular que tem origem quando os gases ionizados emitem luz no momento em que são atravessados pela corrente elétrica. Isso acontece, por exemplo, com as lâmpadas fluorescentes, de vapor de mercúrio, de vapor de sódio, entre outras, onde acontece a transformação direta de energia elétrica em energia luminosa.

Efeito químico: é quando algumas reações químicas são percorridas por correntes elétricas. É bastante comum nos processos de eletrodeposição, usado para revestir certos metais com uma camada de outro (como prata, ouro, cromo, cobre e níquel), a fim de proteger essa peça metálica contra a corrosão.

5ª Aula

Na *quinta aula*, os alunos iniciarão elaborando em dupla, um mapa de conceitos com um texto explicativo descrevendo esse mapa (texto nº4). Ao término da aula o mapa e o texto nº 4 será entregue ao professor para posterior análise. Para analisar os mapas conceituais serão observados os seguintes critérios: **(i)** usou os conceitos de forma hierárquica; **(ii)** usou conectivos adequados para relacionar os conceitos; **(iii)** relacionou corrente elétrica com o deslocamento de cargas; **(iv)** identificou os efeitos da corrente elétrica; **(v)** diferenciou a corrente contínua da corrente alternada; **(vi)** identificou como a corrente elétrica é calculada; **(vii)** diferenciou o sentido real e o sentido convencional da corrente elétrica; **(viii)** identificou o multímetro como aparelho de medida. Além disso, será pedido aos alunos que instalem em seus celulares ou tablets o aplicativo *consumo elétrico* e que levem também uma conta de energia de sua casa para a próxima atividade a ser desenvolvida. O aplicativo sobre consumo de energia é grátis e pode ser baixado em sua loja de jogos e aplicativos (Play Store para usuário do sistema Android, pois o sistema IOS não disponibiliza o aplicativo).

2.4 Nova Situação – 4º PASSO

O principal objetivo desse passo da UEPS é trabalhar os conceitos de potência elétrica e energia elétrica utilizando atividades que levem o aluno a refletir sobre a presença da Física em seu cotidiano e, que o conhecimento científico pode ajudá-los a entender como é feito o cálculo da energia elétrica pago por uma conta de energia, e quais atitudes podem ser adotadas em suas residências para reduzir o valor pago por essa conta. Essa etapa da UEPS ocupará um número de 4 aulas.

6ª Aula

Na *sexta e sétimas* aulas serão trabalhados os conceitos de potência e energia elétrica por meio de atividades envolvendo uma investigação na conta de energia elétrica, o valor pago e as grandezas envolvidas no consumo de energia elétrica em uma residência, além do uso de um aplicativo de celular que facilita o cálculo do consumo de energia de cada aparelho elétrico.

Inicialmente os alunos, em dupla, irão identificar na conta de energia, a quantidade de energia consumida durante o mês e o correspondente valor pago por esse consumo. Em seguida será iniciado um debate sobre o valor pago referente à conta de energia de cada aluno.

Os alunos farão uma análise da diferença de preços pagos por cada residência e será iniciado um debate entre os alunos e mediado pelo professor, com o objetivo de estimular os alunos a refletir sobre o consumo de energia elétrica e a relação entre o tempo de uso, a quantidade de aparelhos elétricos, a potência dos aparelhos e o valor pago pelo consumo de energia em cada residência. Durante o debate os alunos serão estimulados pelo professor a comparar os aparelhos elétricos presente em cada residência e sua contribuição no consumo mensal de energia elétrica. No final da aula, os alunos receberão a tabela 2 que será utilizado na sétima aula para a atividade que será desenvolvida com o uso do aplicativo de celular, “Consumo Elétrico.”

Tabela 2 – Para ser preenchida com informações para o cálculo do Kwh e custo mensal de cada aparelho

Nome do aparelho	Quantidade	Potência (Watt)	Tempo de uso	Kwh/mês	Custo mensal em R\$

Fonte: Elaborado pelo autor.

7ª Aula

No início da *sétima aula*, será retomada a discussão da aula anterior sobre o significado do Kwh, presente nas contas de energia e sua relação com o valor cobrado. Após a discussão sobre o valor pago e o Kwh, os alunos deverão abrir no celular o aplicativo consumo elétrico e configurar de acordo com o valor cobrado pelo kwh identificado em cada

conta. O aplicativo já traz os principais aparelhos elétricos de uma residência com suas respectivas potências e o aluno tem a opção de alterar esses valores.

A tarefa de cada aluno será adicionar os dados: quantidade, potência em Watt e tempo de uso no aplicativo para ser calculado o custo médio mensal de cada aparelho elétrico de sua residência, figura 3. Com esses dados, o aplicativo fornece o valor do Kwh e o custo mensal de cada equipamento. Esses dados serão inseridos na tabela 2, entregue aos alunos anteriormente.

Figura 3 – Imagens do Aplicativo Consumo Elétrico



Fonte – Imagens do autor.

Com todos os dados registrado na tabela 2 será possível estimar o valor pago com a soma dos aparelhos. Em seguida será aberto um debate para que os alunos relatem o que observaram comparando o valor obtido a partir do uso do aplicativo de celular com os valores presente na conta de energia elétrica.

Após a análise da conta de energia e a utilização do aplicativo, os alunos serão questionados sobre: Como a grandeza física, potência, estava relacionada com o consumo de energia?

Como sugestão será pedido que façam uma comparação do consumo de energia utilizando, o aplicativo consumo elétrico, entre dois aparelhos de ar condicionado de potência diferente utilizados pelo mesmo período de tempo.

Ao término da sétima aula será entregue o texto nº 5 elaborado pelo professor/pesquisador sobre potência elétrica e energia Elétrica, adaptado do livro Texto usado (Torres et al., 2013). O objetivo em trabalhar esse texto é apresentar o conteúdo e aprofundar os conhecimentos promovendo a diferenciação progressiva, pois “na medida em

que o sujeito vai dominando, progressivamente, situações de um campo conceitual e vai adquirindo novos conhecimentos, novos significados, ele vai também, progressivamente, diferenciando seus subsunçores”, (Masini e Moreira 2008 p. 35).

Texto Nº 5 Potência e Energia Elétrica

Na entrada de eletricidade de uma residência, existe um medidor, instalado pela companhia de eletricidade. O objetivo desse aparelho é medir a quantidade de energia elétrica usada na residência durante um certo tempo (normalmente 30 dias). Sendo:

$$\text{Potência} = \frac{\text{energia}}{\text{tempo}}$$

energia = potência x tempo, isto é:

$$E = P \times t$$

Portanto quanto maior for a potência de um aparelho eletrodoméstico e quanto maior for o tempo que ele permanece ligado, maior será a quantidade de energia elétrica que ele utilizará (transformando-a em outras formas de energia). O valor registrado no medidor equivale a soma das energias utilizadas, durante certo período, pelos diversos aparelhos utilizados na casa.

Essa energia poderia ser medida em joules (unidade do SI), em praticamente todos os países do mundo, entretanto as companhias de eletricidade usam medidores calibrados em KWh (quilowatt-hora).

Assim, **1kwh** é a energia consumida por um aparelho com potência de 1 quilowatt funcionando durante 1 hora.

Lembrando que **1kw = 1000w e 1h = 3600 s**, a relação entre essa unidade prática de energia e o joule, unidade do SI, é:

$$1,0 \text{ kwh} = 1000\text{w} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{W} \cdot \text{s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

O quilowatt-hora é uma unidade muito maior do que o joule e, por isso, mais prática para a medida do consumo de energia elétrica. Uma residência de classe média, por exemplo, consome cerca de 720 milhões de joules.

Potência desenvolvida em um aparelho elétrico

Os aparelhos elétricos são dispositivos que transformam energia elétrica em outra forma de energia. Em um motor elétrico, a energia elétrica é transformada em energia mecânica de rotação; em um aquecedor, a energia elétrica é transformada em calor; em uma lâmpada, a energia elétrica é transformada em luminosa etc.

A potência, P , desenvolvida por um aparelho elétrico, que é dada por $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$, pode ser expressa como $P = i \cdot U$, onde i é a corrente elétrica e U a diferença de potencial.

Assim:

Se um aparelho elétrico, ao ser submetido a uma diferença de potencial U for percorrido por uma corrente i , a potência desenvolvida nesse aparelho será dada por:

$$P = U \cdot i$$

8ª Aula

A **oitava aula** terá início com a retomada das discussões da aula anterior sobre potência elétrica e energia elétrica. A discussão se dará a partir da relação que eles fizeram utilizando o aplicativo e a conta de energia com a leitura do texto nº 5 sobre potência elétrica e energia elétrica. Durante essa discussão serão apresentados alguns problemas envolvendo os conceitos de potência, energia elétrica e o cálculo do consumo de energia.

Ao término da oitava aula será entregue uma lista de exercícios com questões retiradas do ENEM (2001 e 2005) e adaptadas de livros como, por exemplo, o GREF (1998) para que os alunos, em casa resolvam e levem na aula seguinte para serem discutidas e expostas para toda turma.

Exercícios

- 1) A bateria de um automóvel aplica uma diferença de potencial de 12V nos terminais do seu motor de arranque, o qual ao ser acionado, é percorrido por uma corrente de 50 A. Qual é, então a potência desenvolvida por esse motor elétrico?

- 2) Em uma lâmpada encontramos as seguintes especificações do fabricante: 20W; 220V.

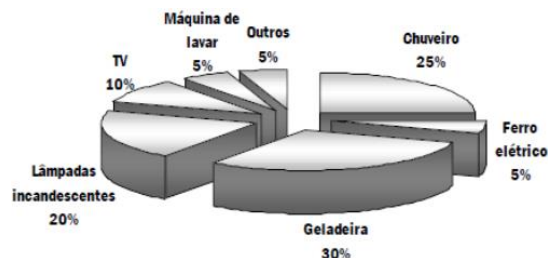
- a) Qual é o significado dessas especificações?

- b) Supondo que essa lâmpada esteja ligada a uma diferença de potencial adequada (220V), determine a intensidade de corrente que passa por ela.

- c) Qual seria a corrente se a lâmpada fosse ligada a uma voltagem de 110V?

d) Como seria o brilho da lâmpada quando ligada a 110V?

3) (ENEM 2001) A distribuição média, por tipo de equipamento, do consumo de energia elétrica nas residências no Brasil é apresentada no gráfico.



Em associação com os dados do gráfico, considere as variáveis:

- IV- Potência do equipamento.
- V- Horas de funcionamento.
- VI- Número de equipamentos.

O valor das frações percentuais do consumo de energia depende de:

- a) I, apenas
 - b) II, apenas
 - c) I e II, apenas
 - d) II e III, apenas.
 - e) I, II e III.
- 4) (ENEM 2005) Podemos estimar o consumo de energia elétrica de uma casa considerando as principais fontes desse consumo. Pense na situação em que apenas os aparelhos que constam na tabela abaixo fossem utilizados diariamente da mesma forma. Supondo que o mês tenha 30 dias e que o custo de 1 KWh é de R\$0,40, o consumo de energia elétrica mensal dessa casa é de aproximadamente:

- a) R\$ 135
- b) R\$ 165
- c) R\$ 190
- d) R\$ 210
- e) R\$ 230

APARELHO	POTÊNCIA (KW)	TEMPO DE USO DIÁRIO (h)
Ar-condicionado	1,50	8
Chuveiro elétrico	3,30	1/3
Freezer	0,20	10
Geladeira	0,35	10
Lâmpadas	0,10	6

9ª Aula

A *nona aula* será reservada para resolução dos exercícios da lista entregue na aula anterior. A proposta é fazer a inversão de papéis. Os alunos assumirem o papel do professor na condução da aula, resolvendo no quadro de giz os exercícios sendo mediados pelo professor. O objetivo dessa atividade é permitir que o aluno possa expressar para os demais colegas o desenvolvimento do exercício e que um possa tirar a dúvida do outro com o apoio do professor, o que pode favorecer a troca de significados entre ambos.

2.5 Diferenciação Progressiva - 5º PASSO

Nessa etapa da UEPS serão trabalhados os conceitos de resistência elétrica, resistores e leis de Ohm. Esses conceitos serão apresentados levando-se em consideração o conhecimento prévio dos alunos, partindo dos conceitos mais gerais para os mais específicos. Esses conceitos serão trabalhados por meio de atividades experimentais e simulações.

10ª Aula

O início da *décima aula* será com a retomada dos conceitos de circuitos, corrente elétrica, voltagem, energia e potência elétrica, trabalhados até o momento pela UEPS.

Os alunos serão questionados sobre os nomes dos aparelhos que mais gastam energia elétrica, assunto já estudado na sexta aula, quando os alunos utilizaram o aplicativo consumo elétrico, no celular, para simular o consumo dos aparelhos elétricos de sua residência. Ao citar os aparelhos espera-se que recordem a atividade desenvolvida na sétima aula, que foi feito uso do aplicativo de celular e a partir daí estabeleça uma relação entre o consumo de energia e a respectiva grandeza Física.

Em seguida será apresentado pelo professor o conceito de *resistência* elétrica utilizando como exemplo a lâmpada incandescente, mostrando como o tungstênio aquece e que isso acontece devido à resistência desse material ser maior, quando comparado com outras substâncias. Diante desse fato é oportuno falar das diferenças entre três tipos de lâmpadas: incandescentes, fluorescente, e LED, mostrando inclusive o porquê de as lâmpadas incandescentes não serem mais comercializadas, pois esse tipo de lâmpada possui valores de potências muito altas, o que conseqüentemente consome muito mais energia que as demais.

Para trabalhar de forma mais detalhada o conceito de resistência e a relação com as grandezas corrente e voltagem será entregue aos alunos, reunidos em 4 grupos, um kit formado por lâmpadas de 5V, fios condutores, jacarés, multímetro, e fontes de 5V, 9V e 12V.

Para realizar a atividade experimental nº 2, figura 4, primeiro os alunos realizarão medidas da resistência das lâmpadas e anotaram no caderno. Na sequência ligarão a lâmpada aos fios condutores e em seguida a uma das fontes (5V, 9V ou 12V) e realizarão a medida da corrente elétrica e também anotarão esse dado. Depois de obtido os dados dessas medidas os alunos devem trocar a fonte que estavam usando por outra de voltagem diferente e realizarem novas medidas. Durante o rodízio usando as diferentes fontes, cada grupo realizará as medidas nas lâmpadas com diferentes valores de voltagem, mas mantendo a mesma lâmpada e conseqüentemente o mesmo valor de resistência. Ao término desse rodízio será iniciada uma discussão sobre os valores da corrente elétrica obtidos na situação em que a lâmpada foi ligada a uma fonte de 5V, 9V e 12V.

Figura 4 – Medida da corrente elétrica respectivamente: 5V, 9V e 12V



Fonte: Imagens do autor

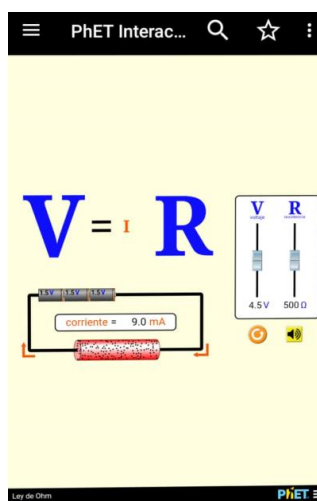
Após a realização das medidas serão feitas as seguintes perguntas para toda turma, para serem respondidas na aula seguinte: O que acontece com o valor da corrente quando a voltagem é diminuída mantendo o mesmo valor da resistência? E quando a voltagem é aumentada?

Antes de finalizar a aula será pedido que os alunos baixem o aplicativo “**Chemistry e Physics simulations**” de forma gratuita em sua loja de aplicativos já citado na quinta aula.

11ª Aula

A *décima primeira aula* será iniciada a partir das respostas dadas ao questionamento feito no final da décima aula sobre: O que aconteceu com os valores da voltagem e da corrente quando uma dessas grandezas foi alterada na atividade experimental nº 2. Nesse contexto, será realizada a simulação nº 1, em dupla, por meio do aplicativo Chemistry e Physics Simulations. Essa simulação mostra um circuito simples em que é possível alterar os valores da voltagem e da resistência por meio de duas chaves variáveis, localizadas à direita na tela como pode ser observado na figura 5. O objetivo dessa simulação é mostrar para os alunos, as relações entre as grandezas: voltagem, corrente elétrica e resistência elétrica, equação $R = \frac{U}{i}$, conhecida como primeira lei de Ohm.

Figura 5 - Print da simulação nº1 referente a 1ª lei de Ohm.



Fonte: Imagens do autor.

Inicialmente será pedido aos alunos, em dupla, que alterem o valor da voltagem e observem o que acontece com as demais grandezas. Em seguida será aberto um diálogo entre os alunos para que eles exponham suas ideias em relação ao que observaram durante a simulação.

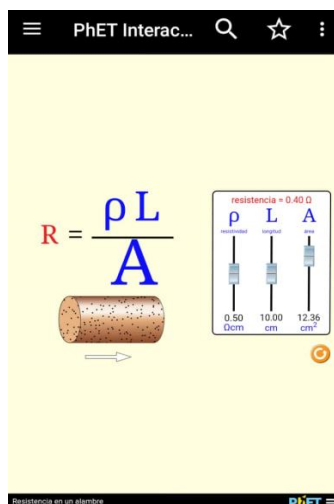
A décima primeira aula será finalizada com a seguinte pergunta reflexiva para a próxima aula: Foi visto tanto no experimento nº 2 quanto na simulação nº 1 que o valor da resistência não é alterado quando a voltagem ou a corrente aumentam ou diminui. Existe alguma situação em que a resistência do material pode ser alterada?

12º Aula

A **décima segunda aula** será iniciada com a retomada da pergunta feita no último encontro sobre a possibilidade de o valor da resistência ser alterado em alguma situação. Serão ouvidos alguns alunos e em seguida será realizada a simulação nº 2, por meio do mesmo aplicativo citado anteriormente, na décima primeira aula.

Essa simulação nº 2, figura 6, mostra a 2ª lei de Ohm e um pedaço de fio. Ao lado há três chaves variáveis onde é possível aumentar ou diminuir cada uma das grandezas envolvidas na Fórmula. Antes de iniciar a simulação nº 2, o professor explicará o significado de cada uma das grandezas. A resistência (R), os alunos já conhecem, pois foi visto na décima aula. A resistividade (ρ) é uma propriedade que define o quanto um material opõe-se à passagem de corrente elétrica. O comprimento do fio condutor representado por (L) e a área de secção transversal do fio condutor representado pela letra (A) eles visualizarão na própria simulação nº 2. A resistividade será falada mais adiante. Em relação a resistividade será falado ainda que essa grandeza é uma propriedade do material e depende de fatores como a temperatura em que se encontra esse material. Essa informação é importante porque a resistividade é uma constante, mas o aluno precisa saber que se a temperatura for alterada pode influenciar no seu valor.

Figura 6 – Print da simulação referente a 2ª lei de Ohm



Fonte: Imagens do autor.

Após a apresentação das grandezas envolvidas na 2ª lei de Ohm, os alunos em dupla utilizarão o celular para realizar a simulação nº 2. Inicialmente farão a alteração no valor da resistividade e devem observar o que acontece com as demais grandezas. Em seguida será

alterado o comprimento do fio e observar o que acontece. Por último farão a alteração na área de secção transversal do fio.

Os alunos serão ouvidos e o professor mediará a conversa, contribuindo sempre que necessário.

A simulação envolvendo a 2ª lei de Ohm leva os alunos a visualizar, sem fazer os cálculos nesse primeiro momento, o que acontece com as grandezas envolvidas quando uma delas é alterada. Uma das principais dificuldades apresentadas pelos alunos ao estudar Física está no desenvolvimento dos cálculos, já que apresentam deficiência em operações básicas como multiplicação e divisão. Apresentar uma fórmula matemática em forma de simulação pode contribuir pra tornar a aula mais atrativa para os alunos. Corroborando com Macêdo, Dickman e Andrade (2012), ao mesmo tempo em que é preciso considerar que simulações não podem substituir atividades concretas, a modelagem computacional possui um papel importante, contribuindo para sanar parte da deficiência que os alunos possuem em Matemática e Física, melhorando, assim, a sua aprendizagem.

Para esclarecer melhor o significado físico da resistividade será mostrado a tabela 2 adaptada de (Halliday; Resnick; Walker, 2012). Essa tabela traz informações sobre a resistividade de alguns materiais a temperatura ambiente de 20°C. Com essas informações será possível comparar esses valores e mostrar que os materiais condutores como o cobre, por exemplo, apresentam baixa resistência à passagem de corrente elétrica e por isso o valor da resistividade é tão baixo. Enquanto o silício, material semicondutor apresenta um valor maior de resistividade e o vidro, isolante um valor ainda maior. O objetivo é mostrar para os alunos que a grandeza resistividade está relacionada com a condutividade de determinado material.

Tabela 3 - Resistividade de Alguns Materiais à temperatura ambiente (20°C)

Material	Resistividade, ρ ($\Omega \cdot m$)
Materiais Típicos	
Prata	$1,62 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$
Ouro	$2,35 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$
Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$
Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$
Semicondutor Típico	
Silício puro	$2,5 \times 10^3$
Isolantes Típicos	
Vidro	$10^{10} - 10^{14}$
Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$

Fonte: Adaptado Halliday; Resnick; Walker. (2012, pag.141)

Depois de realizadas as duas simulações os alunos serão questionados sobre: O que conseguem perceber de diferente entre a primeira e segunda lei de Ohm?

13ª Aula

Na *décima terceira aula*, para exemplificar uma situação real em que a resistência do material pode ser alterada, o professor/pesquisador levará dois resistores de chuveiro elétrico, figura 7, para que os alunos entendam melhor seu funcionamento e façam a relação com os conteúdos: resistência elétrica, potência, energia elétrica e leis de Ohm.

Figura 7- Resistores de chuveiro elétrico.



Fonte: Imagens do autor

A análise do chuveiro será iniciada mostrando aos alunos a divisão que existe no resistor que pode ser regulado com uma chave, podendo ser usado apenas uma parte ou todo o seu comprimento. Será pedido que um aluno realize a medida da resistência, utilizando um multímetro, em cada segmento do resistor e mostre para turma os valores obtidos. O objetivo é que os alunos confirmem o resultado obtido na simulação nº 2 sobre a segunda lei de Ohm, ou seja, que a resistência é diretamente proporcional ao comprimento do resistor.

Após essas medidas os alunos serão questionados sobre: Qual é a função do interruptor que altera o chuveiro para as posições inverno e verão.

Logo depois da exposição de opinião de alguns alunos, o professor revisará os conteúdos estudados na oitava e nona aula sobre: potência elétrica, lembrando as equações estudadas envolvendo potência, resistência, voltagem e corrente elétrica.

O objetivo com essa revisão é promover a **diferenciação progressiva e a reconciliação integradora**, pois na medida em que retomamos conceitos já estudados os alunos passam a atribuir novos significados, melhorando seu conhecimento. De acordo com Moreira (2011a), através de sucessivas interações um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados, ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas.

Depois dessa revisão será feita a seguinte pergunta aos alunos: Como as posições inverno e verão poderiam estar relacionadas ao consumo de energia elétrica?

Após a realização dessas atividades envolvendo as leis de Ohm com a utilização do experimento nº 2, as simulações nº 1 e nº 2 e a discussão das questões propostas sobre essas atividades, será pedido aos alunos, que selecionem os principais conceitos estudados até o momento, e a partir desses construam um mapa de conceitos (mapa nº 3), individual, com um texto explicativo nº 5. O objetivo dessa atividade é permitir que os alunos promovam a reconciliação integrativa que acontece quando o aluno estabelece relações entre os conceitos, organizados de maneira hierárquica, atribuindo significados entre eles.

14ª Aula

Nessa aula será pedido que os alunos troquem seu mapa com o de um colega e faça uma primeira leitura sem utilizar o texto. Em um segundo momento eles consultarão o texto para entender melhor os mapas. Depois que os alunos realizarem a leitura do texto será aberta uma discussão para que possam comentar as dificuldades encontradas ao fazer a leitura dos

mapas antes e depois da consulta ao texto. Ao término da aula os mapas serão entregues ao professor para análise.

2.6 Reconciliação Integrativa - 6º PASSO

Nessa etapa da UEPS serão trabalhados a associação de resistores em série e em paralelo através de duas atividades experimentais. A primeira atividade Experimental (experimento nº3) será montada pelos alunos e a segunda (experimento nº 4) será levada pelo professor já montada, para que sejam esclarecidas as possíveis dúvidas que existam após a realização do experimento nº3. O objetivo dessas atividades é mostrar através de atividades experimentais, as principais diferenças entre a associação de resistores em série e em paralelo e fazer com que os alunos percebam as diferenças e semelhanças entre a instalação elétrica residencial e cada tipo de associação de resistores, representadas por lâmpadas.

15ª Aula

A *décima quinta aula* será iniciada com uma retomada sobre o estudo dos circuitos elétricos lembrando os conceitos de voltagem, corrente elétrica, resistores, potência elétrica e energia elétrica, relacionando-os entre eles com a aplicação de situações presentes no cotidiano dos alunos. Para isso será pedido que os alunos citem exemplos de situações do seu cotidiano envolvendo circuitos elétricos e as grandezas estudadas nas aulas anteriores.

Após a discussão, os alunos serão organizados em grupo de 5 a 7 componentes onde será entregue novamente o kit fornecido pelo professor na 3ª aula, contendo fonte de 12V, fios condutores, interruptor, jacarés (utilizado para conectar os componentes ao fio condutor), lâmpadas de farol de carro (representando o receptor elétrico) e um multímetro. Na 3ª aula esse kit foi utilizado para que os alunos montassem circuitos simples. Nessa aula os alunos utilizarão os mesmos componentes para construir circuitos com lâmpadas em série e circuitos com lâmpadas em paralelo (experimento nº4), para que eles possam estabelecer relações entre esse experimento e a instalação elétrica residencial, identificando as vantagens e desvantagens entre a associação de resistores em série e a associação de resistores em paralelo. O objetivo dessa atividade é diferenciar o conceito mais geral, circuito elétrico, apresentando os conceitos mais específicos, como exemplo, circuitos em série e circuitos em paralelo para que os alunos possam atribuir significados entre os conceitos, promovendo a reconciliação integradora.

No primeiro momento será pedido que construam os circuitos com três lâmpadas sem exigir que estejam organizadas em série ou em paralelo. O objetivo inicial é permitir que os

alunos identifiquem a variação no brilho das lâmpadas dependendo de como o circuito está organizado.

Em um segundo momento, o professor utilizando o quadro de giz, desenhará uma associação de resistores em série e outra em paralelo. Em seguida será pedido para os alunos identificarem o tipo de ligação realizado em sua montagem.

Na medida em que os alunos construírem circuitos em série e em paralelo, estarão promovendo a reconciliação integradora, pois o subsunçor circuito elétrico ficará cada vez mais elaborado e ganhando novos significados, pois de acordo com Moreira (2011a), ao passo em que ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, a estrutura cognitiva vai mudando.

Em seguida será solicitado pelo professor, que os alunos realizem a medida da voltagem e corrente em cada trecho e façam as anotações no caderno para posteriormente comparar os valores anotados para cada tipo de associação e discutam com os colegas as diferenças percebidas.

No final da aula será entregue um questionário com 5 perguntas relacionadas ao experimento nº4 sobre associação de resistores em série e em paralelo. Após respondido, o questionário deverá ser entregue ao professor para análise.

QUESTIONÁRIO SOBRE O EXPERIMENTO Nº4

- 1) Por que na associação de resistores em série quando retiramos uma das lâmpadas as demais apagam?

- 2) Quais as principais diferenças entre a associação de resistores em série e em paralelo?

- 3) Por que a voltagem é a mesma em todos os resistores na associação em paralelo?

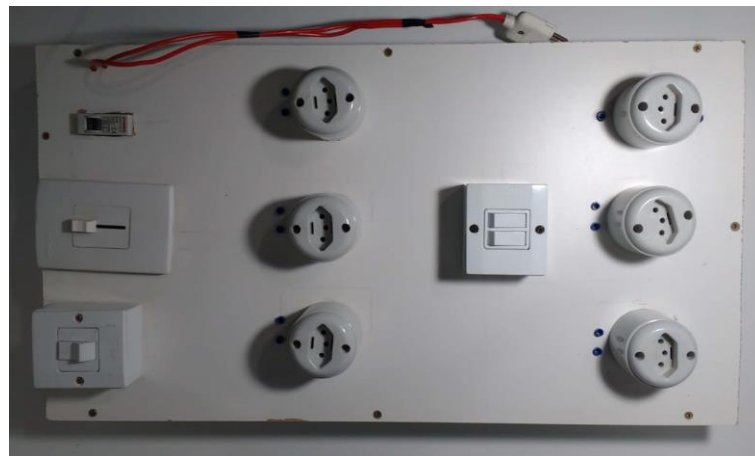
- 4) Por que na associação em série, as lâmpadas de menor potência nominal emitirão maior intensidade de luz?

- 5) Que evidências podem confirmar que a ligação residencial é do tipo em paralelo?

16ª Aula

A *décima sexta aula* será iniciada com uma retomada da aula anterior sobre associação de resistores em série e em paralelo. Nessa aula serão discutidos os circuitos em série e em paralelo novamente por meio do experimento nº 5, construído pelo professor, composto por tomadas fixadas em uma base de madeira, três tomadas ligadas em série e três ligadas em paralelo, uma chave para ligar e desligar o circuito, além de um disjuntor para aumentar a segurança do experimento já que será utilizada uma voltagem de 220V e corrente alternada como pode ser observado na figura 8.

Figura 8 - Experimento N° 5 para trabalhar associação de resistores em série e em paralelo



Fonte: Imagens do autor

O primeiro tipo de associação discutida com os alunos será a associação em série com três lâmpadas de mesma potência. Nesse contexto será feita a seguinte pergunta para os

alunos: “Na associação de resistores em série quando retiramos uma das lâmpadas as demais apagam”?

Após ouvir a resposta dos alunos o professor mostrará na prática o que acontece na situação questionada.

Utilizando um multímetro será feita a medida da voltagem nos dois tipos de associação e feita a seguinte pergunta: Por que na associação em paralelo a voltagem é a mesma em qualquer trecho enquanto na associação em série a voltagem é dividida?

Após ouvir os alunos, será mostrado que na associação em paralelo os dois fios que vêm da tomada estabelecendo uma diferença de potencial se conectam com cada uma das lâmpadas de maneira independente, diferente da associação em série em que as três lâmpadas estão conectadas entre si e ligadas a essa diferença de potencial e por isso a voltagem é diferente.

Os alunos serão questionados também sobre a luminosidade em cada tipo de associação. Após ouvir os alunos será explicado o porquê da diferença de luminosidade em cada tipo de associação.

Antes de finalizar a aula o professor lançará duas perguntas para a turma: quais as evidências de que a ligação residencial é do tipo em paralelo? E quais as vantagens desse tipo de ligação em uma casa?

Será iniciado um debate entre os alunos e o professor para que os alunos respondam as perguntas sob orientação do professor, relacionando o conteúdo estudado com situações concretas do cotidiano.

2.7 Pós-Teste e Avaliação Individual - 7º PASSO

17ª Aula

Na *décima sétima* aula, os alunos serão submetidos a um pós-teste com as mesmas questões aplicadas no pré-teste no início da UEPS. O objetivo do pós-teste é avaliar os avanços e as fragilidades ocorridos durante o processo.

18ª Aula

Na *décima oitava* aula os alunos realizarão uma avaliação individual final composta por 5 questões fechadas envolvendo os conceitos potência e energia elétrica, resistência e corrente elétrica, trabalhados ao longo da UEPS. As perguntas serão:

Avaliação Final

- 1) (GREF) Numa conta de luz encontramos o seguinte valor 234 kWh. Ele se refere a:
- a) Potência consumida
 - b) Tensão consumida
 - c) Energia consumida
 - d) Corrente do circuito
- 2) (GREF) Um chuveiro de 2800W/220V é usado 30 horas por mês, enquanto um aquecedor de 1200W/110V é usado 50 horas no mesmo período. Qual dos dois consome mais energia? Justifique sua resposta.

- 3) (ENEM 2012) A eficiência das lâmpadas pode ser comparada utilizando a razão, considerada linear, entre a quantidade de luz produzida e o consumo. A quantidade de luz é medida pelo fluxo luminoso, cuja unidade é o lúmen (lm). O consumo está relacionado à potência elétrica da lâmpada que é medida em watt (W). Por exemplo, uma lâmpada incandescente de 40W emite cerca de 600 lm, enquanto uma lâmpada fluorescente de 40 W emite cerca de 3000 lm.

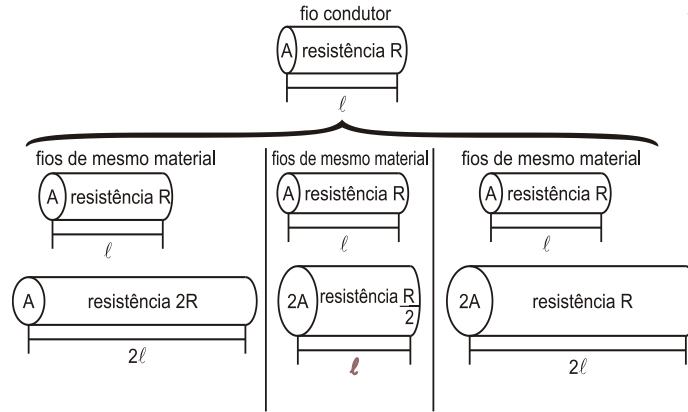
A eficiência de uma lâmpada incandescente de 40W é

- a) Maior que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz menor quantidade de luz.
- b) Maior que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que produz menor quantidade de luz.
- c) Menor que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz a mesma quantidade de luz.
- d) Menor que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, pois consome maior quantidade de energia.
- e) Igual a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que consome a mesma quantidade de energia.

- 4) (ENEM 2010) A relação da resistência elétrica com as dimensões do condutor foi estudada por um grupo de cientistas por meio de vários experimentos de eletricidade. Eles verificaram que existe proporcionalidade entre:

Resistencia (R) e comprimento (ℓ), dada a mesma secção transversal (A);

Resistencia (R), e área da secção transversal (A), dada o mesmo comprimento (ℓ);
 Comprimento (ℓ) e área da secção transversal (A), dada a mesma resistência (R).
 Considerando os resistores como fios, pode-se exemplificar o estudo das grandezas que influem na resistência elétrica utilizando as figuras seguintes:



Disponível em: <http://www.efeiotojoule.com>. Acesso em: abr. 2010 (adaptado)

As figuras mostram que as proporcionalidades existentes entre resistência (R) e comprimento (ℓ), resistência (R) e área da secção transversal (A), e entre comprimento (ℓ) e área da secção transversal (A) são, respectivamente,

- a) Direta, direta e direta.
 - b) Direta, direta e inversa.
 - c) Direta, inversa e direta.
 - d) Inversa, direta, direta.
 - e) Inversa direta inversa.
- 5) Nas instalações elétricas residenciais, utiliza-se para grande parte das tomadas e lâmpadas fio número 10 (segundo as especificações do instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia, o Inmetro), que suporta sem superaquecimento uma corrente elétrica máxima de 30^a. Utilizando um benjamin, uma pessoa ligou um micro-ondas (1700 W), uma liquidificador (300W) e uma torradeira (750W). Sabendo que a tensão elétrica da tomada é de 127 V, o fio vai suportar os três aparelhos ligados? Explique sua resposta.

2.8 Aula Final e Avaliação da UEPS em Sala de Aula - 8º PASSO

19ª Aula

Na *décima nona aula* será feita uma avaliação por parte do professor/pesquisador e dos alunos sobre as atividades desenvolvidas durante os 8 passos da metodologia e da aprendizagem dos alunos.

2.9 Avaliação da UEPS

Análise de áudios e diário de bordo, Pré e Pós-testes, questionários sobre experimentos e simulação, mapas conceituais, avaliação final do aluno e respostas da avaliação individual por parte do professor sobre as evidências que percebeu ou não de aprendizagem significativa durante o desenvolvimento das atividades.

Total de aulas: 19 aulas.

REFERÊNCIAS

- ERTHAL, J. P. C.; GASPAR, A. **Atividades experimentais de demonstração para o ensino da corrente alternada ao nível do ensino médio**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 345-359, dez. 2006.
- GRAF. **Grupo de reelaboração de ensino de física. física 3 – eletromagnetismo/GRAF**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da física, volume 3**. 9.ed. Traduzido por Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. **Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Belo Horizonte, v. 29, n.1, p. 562-613, set. 2012.
- MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. São Paulo: Vetor Editora, 2008.
- MOREIRA, M. A. **Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente**. REMPEC- Ensino, Saúde e Ambiente, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 2-17, abril. 2011.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora da Livraria da Física, 2011.
- MOREIRA, M. A. **Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre. v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.
- TORRES, CARLOS. *et al.* **Física ciência e tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013.